



**Universidade do Minho**  
Instituto de Educação

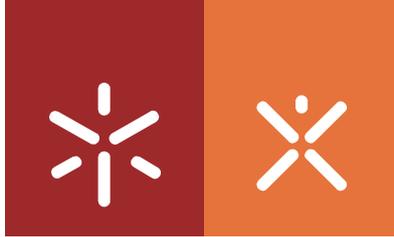
Gabriel Ribeiro **História da Ciência e Aprendizagem Significativa.  
Um Estudo de Caso no Ensino da Anatomia Humana**

Gabriel Ribeiro

**História da Ciência e Aprendizagem  
Significativa. Um Estudo de Caso no  
Ensino da Anatomia Humana**

UMinho | 2016

dezembro de 2016



**Universidade do Minho**  
Instituto de Educação

Gabriel Ribeiro

**História da Ciência e Aprendizagem  
Significativa. Um Estudo de Caso no  
Ensino da Anatomia Humana**

Tese de Doutoramento em Ciências da Educação  
Especialidade em Educação em Ciências

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor José Luís de Jesus Coelho da Silva**

dezembro de 2016

## DECLARAÇÃO

NOME: Gabriel Ribeiro

ENDEREÇO ELECTRÓNICO: fta\_gabrielribeiro@yahoo.com.br

TELEFONE: +5571991053242 NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO DE CIDADÃO: 79993338591

TÍTULO DA TESE: História da Ciência e Aprendizagem Significativa. Um Estudo de Caso no Ensino da Anatomia Humana

ORIENTADOR: Professor Doutor José Luís de Jesus Coelho da Silva

ANO DE CONCLUSÃO: 2016

DESIGNAÇÃO DO DOUTORAMENTO: Doutoramento em Ciências da Educação, Especialidade em Educação em Ciências

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE

Universidade do Minho, 28 de Dezembro de 2016



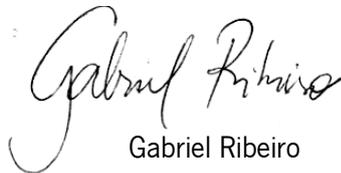
Gabriel Ribeiro

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 28 de Dezembro de 2016



Gabriel Ribeiro



*"E quem garante que a história é uma  
carroça abandonada numa beira de estrada ou  
numa estação em glória.*

*A história é um carro alegre cheio de  
um povo contente, que atropela indiferente  
todo aquele que a negue."*

*Chico Buarque e Pablo Milanés*



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao meu Orientador, Professor Doutor José Luís de Jesus Coelho da Silva, pelas contribuições que foram decisivas para o desenvolvimento de todas as etapas desta investigação. Em específico, manifesto minha profunda gratidão pela paciência, pelos ensinamentos no âmbito das Ciências da Educação e da Educação em Ciências e pela forma como me ajudou a ser menos ansioso.

Com carinho especial, agradeço à Professora Patricia Petitinga Silva, minha esposa, que sempre me deu um grande apoio, teórico e emocional, neste difícil período em que cursávamos nossos respectivos programas de doutoramento. Espero que Alice e Mateus, nossos amados filhos, nos perdoem pelos momentos que deixamos a diversão de lado.

Com grande afeto, agradeço à Professora Maria Laura Petitinga Silva, minha sogra, pelas conversas que tivemos sobre ensino e aprendizagem e pelos valiosos contributos relacionados ao uso da língua portuguesa.

Agradeço, também, aos alunos que cursaram o componente curricular Anatomia Humana, do curso de Licenciatura em Biologia, no período em que ocorreu a recolha de dados para a presente investigação. Destaco o interesse e a dedicação desses alunos durante a participação na intervenção pedagógica, aspectos que proporcionaram importantes momentos de partilha de ideias, reflexões sobre a prática educativa e cooperação.

Aos colegas de doutoramento – especialmente o amigo Leopoldo Melo Barreto –, expresso meu profundo agradecimento pelas inestimáveis ajudas ao longo dessa jornada.

Em nome da Professora Dra. Rosineide Pereira Mubarak Garcia, agradeço à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela possibilidade de cursar o Doutorado em Ciências da Educação, na Universidade do Minho, uma instituição que prima pela excelência em seus processos formativos.

Por fim, gostaria de agradecer à todos os meus familiares – em especial, Amílcar de Moraes Ribeiro (meu Pai), Marilena Parisiato dos Santos Ribeiro (minha Mãe), Ligia Ribeiro (minha irmã) e Antônio José dos Anjos Brito (meu Tio) – e amigos que me deram apoio durante esta empreitada e compreenderam minhas constantes ausências.



## História da Ciência e Aprendizagem Significativa. Um Estudo de Caso no Ensino da Anatomia Humana

### RESUMO

O presente estudo incide na idealização, concepção, implementação e avaliação de uma estratégia de intervenção pedagógica. Essa estratégia é caracterizada, essencialmente, pela implementação de atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência em articulação com atividades de aprendizagem centradas na reflexão metacognitiva sobre o processo de aprendizagem, exploradas num cenário educativo de cariz dialógico e cooperativo em que se potencia o papel das interações alunos-alunos e alunos-professor na (re)construção dos saberes. Incidiu na abordagem da temática *Sistema Circulatório Humano*, no âmbito da disciplina de Anatomia Humana do ano de 2015, do curso de Licenciatura em Biologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, tendo envolvido um grupo de 22 alunos. Os objetivos do estudo foram: (1) avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano; (2) avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência; (3) identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano; (4) identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano. Os resultados obtidos sugerem que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para a (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, proporcionando, assim, uma aprendizagem significativa. As representações dos alunos indicam o reconhecimento do valor educativo da abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano. Tais representações apontam, ainda, que essa abordagem contribuiu para a: (a) ampliação do conhecimento epistemológico sobre a Ciência; (b) aprendizagem dos conteúdos científicos; (c) formação profissional, uma vez que essa abordagem alargou as visões sobre a Ciência, mostrou um modo inovador para trabalhar os conteúdos e favoreceu a compreensão de que os conteúdos científicos devem ser ensinados de forma contextualizada. Os principais fatores de constrangimento na abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano prendem-se ao processo de adaptação às atividades de aprendizagem, como dificuldades dos alunos em trabalhar em grupo e gerir o tempo de execução das atividades de aprendizagem.



## History of Science and Meaningful Learning. A Case Study in Human Anatomy Teaching

### ABSTRACT

This study focuses on ideation, design, implementation and evaluation of a pedagogical intervention strategy. This strategy is essentially characterized by the implementation of learning activities focused on the exploration of the History of Science in articulation with learning activities focused on metacognitive reflection on the learning process, explored in an educational scenario of dialogical and cooperative nature in which the role of student-student and student-teacher interactions in the (re)construction of knowledge is strengthened. Focused in the approach of the *Human Circulatory System*, within the Human Anatomy discipline of the year 2015, of the undergraduate course in Biology of the Federal University of the Recôncavo of Bahia, involving a group of 22 students. The objectives of the study were: (1) to evaluate the impact of the educational integration of the History of Science on the (re)construction of students' conceptions about human circulatory system morphofunction; (2) to evaluate the impact of the educational integration of the History of Science on the (re)construction of students' conceptions about Nature of Science; (3) to identify the representations of the students about the educational value of the integration of the History of Science in the approach of human circulatory system morphofunction; (4) to identify constraints in the educational integration of the History of Science in the approach of human circulatory system morphofunction. The results suggest that the pedagogical intervention strategy contributed to the (re)construction of students' conceptions about human circulatory system morphofunction and Nature of Science, thus providing meaningful learning. The representations of the students indicate the acknowledgment of the educational value of the integration of the History of Science in the approach of the human circulatory system morphofunction. These representations also point out that this approach has contributed to: (a) expansion of epistemological knowledge about Science; (b) learning of scientific content; (c) professional education, since this approach broadened the views on Science, has shown an innovative way to work content and favored the understanding that scientific content should be taught in a contextualized way. The main constraint factors in the historical approach of the human circulatory system morphofunction are the process of adaptation to learning activities, such as difficulties of students in working in groups and managing the time of execution of learning activities.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	vii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
ÍNDICE GERAL .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
ÍNDICE DE QUADROS .....	xvii

### I – DA CONTEXTUALIZAÇÃO À DEFINIÇÃO DO ESTUDO

Introdução .....	1
1.1. Contextualização do estudo .....	1
1.1.1. Visões de Ciência e de Cientista perfilhadas pelos cidadãos .....	2
1.1.2. A relevância da História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Ciências .....	10
1.1.3. O ensino e aprendizagem da Anatomia Humana no contexto da formação de professores de Ciências .....	20
1.2. Âmbito e objetivos do estudo .....	27
1.3. Importância do estudo .....	27
1.4. Limitações do estudo .....	29
1.5. Estrutura geral da tese .....	30

### II – REVISÃO DE LITERATURA

Introdução .....	33
2.1. Operacionalização educativa da História da Ciência no âmbito da Formação de Professores .....	33
2.2. História do sistema circulatório – aportes para uma intervenção pedagógica .....	53
2.3. Dimensões da Natureza da Ciência .....	94

### III – METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA E DE INVESTIGAÇÃO

Introdução .....	125
3.1. Plano geral do estudo .....	125
3.2. Estratégia de intervenção pedagógica .....	127
3.2.1. Caracterização do contexto educativo de intervenção pedagógica .....	127
3.2.2. Descrição da estratégia de intervenção pedagógica .....	130
3.3. Opções metodológicas de investigação .....	166

#### IV – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Introdução .....	191
4.1. Impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano .....	191
4.2. Impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência .....	246
4.3. Valor educativo apontado pelos alunos à abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano.....	298
4.4. Constrangimentos na abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano .....	313

#### V – CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES

Introdução .....	323
5.1. Principais conclusões do estudo .....	323
5.2. Propostas de desenvolvimento/continuidade da intervenção pedagógica .....	331
5.3. Implicações para o Ensino da Anatomia Humana .....	333
5.4. Sugestões para futuras investigações .....	334

BIBLIOGRAFIA .....	337
--------------------	-----

ANEXOS .....	361
--------------	-----

Anexo 1 - Atividade de Aprendizagem: As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência .....	363
Anexo 2 - Atividade de Aprendizagem: Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue .....	373
Anexo 3 - Atividade de Aprendizagem: Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação .....	383
Anexo 4 - Atividade de Aprendizagem: Em que medida os fragmentos de texto da História da Ciência contribuíram para o meu aprendizado?	395
Anexo 5 - Atividade de Aprendizagem: Interpretação de um texto original de William Harvey .....	401
Anexo 6 - Atividade de Aprendizagem: Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey .....	411
Anexo 7 - Atividade de Aprendizagem: Discussões em torno das ideias de William Harvey: o que ficou pra mim? .....	421
Anexo 8 - Atividade de Aprendizagem: Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero .....	427

Anexo 9 -	Atividade de Aprendizagem: Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig .....	439
Anexo 10 -	Atividade de Aprendizagem: Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew .....	455
Anexo 11 -	Atividade de Aprendizagem: Síntese .....	467
Anexo 12 -	Atividade de Aprendizagem: As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica .....	471
Anexo 13 -	A experimentação de papéis nos trabalhos de grupo .....	479
Anexo 14 -	Guião da entrevista dos grupos focais .....	485
Anexo 15 -	Questionário final de avaliação global .....	489
Anexo 16 -	Termo de consentimento livre e esclarecido .....	493



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1:	Representação da evolução das ideias científicas sobre (A) produção do sangue e (B) circulação do sangue, de acordo com o trabalho efetuado na estratégia de intervenção pedagógica .....	161
Figura 4.1:	Representação do sistema circulatório humano (aluno A4) .....	194
Figura 4.2:	Representação do sistema circulatório humano (aluna A18) .....	194
Figura 4.3:	Representação do sistema circulatório humano (aluna A10) .....	195
Figura 4.4:	Representação do sistema circulatório humano (aluno A22) .....	195
Figura 4.5:	Representação do sistema circulatório humano (aluna A13) .....	202
Figura 4.6:	Representação do sistema circulatório humano (aluno A5) .....	203
Figura 4.7:	Representação do sistema circulatório humano (aluna A12) .....	204
Figura 4.8:	Representação do sistema circulatório humano (aluno A19) .....	214
Figura 4.9:	Representação do sistema circulatório humano (aluno A11) .....	215
Figura 4.10:	Representação do sistema circulatório humano (aluna A1) .....	216
Figura 4.11:	Representações da morfologia interna do coração. (A) aluno A5. (B) aluno A11. (C) aluna A7 .....	218
Figura 4.12:	Representações da morfologia interna do coração. (A) aluna A2. (B) aluno A4 .....	219
Figura 4.13:	Representação da morfologia interna do coração (aluno A8) .....	226
Figura 4.14:	Representação da morfologia interna do coração (aluno A22) .....	227
Figura 4.15:	Representação do sentido da circulação do sangue no interior do coração. (A) Aluno A4. (B) Aluno A21 .....	229
Figura 4.16:	Representação da morfologia interna do coração (aluna A1) .....	235
Figura 4.17:	Representação da morfologia interna do coração (aluna A7) .....	236

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1:	Estrutura global da intervenção pedagógica .....	131
Quadro 3.2:	Principais ideias científicas abordadas nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência .....	143
Quadro 3.3:	Atributos do/associados ao Cientista patentes nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência .....	150
Quadro 3.4:	Atividades de disseminação da Ciência, sociais e políticas dos Cientistas, patentes nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência .....	153
Quadro 3.5:	Atributos do processo de criação científica e do contexto da atividade científica patentes nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência .....	156

Quadro 3.6:	Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano .....	170
Quadro 3.7:	Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência .....	177
Quadro 3.8:	Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano .....	185
Quadro 3.9:	Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano .....	187
Quadro 4.1:	Ideias globais dos alunos sobre o tópico circulação do sangue, no momento antes do ensino .....	193
Quadro 4.2:	Ideias dos alunos sobre o tópico circulação do sangue, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados .....	196
Quadro 4.3:	Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópico circulação do sangue, considerando-se os parâmetros circulação do sangue: a relação coração-pulmão e circulação do sangue: a relação entre os órgãos .....	200
Quadro 4.4:	Ideias globais dos alunos sobre o tópico função dos vasos sanguíneos, no momento antes do ensino .....	207
Quadro 4.5:	Ideias dos alunos sobre o tópico função dos vasos sanguíneos, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados .....	208
Quadro 4.6:	Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópico função dos vasos sanguíneos, considerando-se os parâmetros função das artérias e função das veias .....	213
Quadro 4.7:	Ideias globais dos alunos sobre o tópico morfologia interna do coração, no momento antes do ensino .....	218
Quadro 4.8:	Ideias dos alunos sobre o tópico morfologia interna do coração, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados .....	220
Quadro 4.9:	Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópico morfologia interna do coração, considerando-se os parâmetros número de cavidades cardíacas, válvulas atrioventriculares e septo cardíaco .....	225

Quadro 4.10:	Ideias globais dos alunos sobre o tópico circulação do sangue no interior do coração, no momento antes do ensino .....	228
Quadro 4.11:	Ideias dos alunos sobre o tópico circulação do sangue no interior do coração, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados .....	230
Quadro 4.12:	Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópico circulação do sangue no interior do coração, considerando-se os parâmetros trânsito de sangue entre as cavidades do lado direito, trânsito de sangue entre as cavidades do lado esquerdo e trânsito de sangue entre os dois lados do coração .....	234
Quadro 4.13:	Ideias globais dos alunos sobre o tópico produção de sangue, no momento antes do ensino .....	237
Quadro 4.14:	Ideias dos alunos sobre o tópico produção de sangue, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados .....	238
Quadro 4.15:	Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópico produção do sangue, considerando-se os parâmetros local de produção do sangue e como se produz o sangue .....	242
Quadro 4.16:	Percepções dos alunos sobre os contributos das atividades da intervenção pedagógica para a aprendizagem de tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano .....	244
Quadro 4.17:	Imagens perfilhadas pelos alunos acerca dos cientistas nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro caracterização iconográfica dos cientistas .....	249
Quadro 4.18:	Desenvolvimento das imagens perfilhadas pelos alunos acerca do Cientista, considerando-se o parâmetro caracterização iconográfica dos cientistas .....	253
Quadro 4.19:	Imagens perfilhadas pelos alunos acerca dos cientistas nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro caracterização da atividade do cientista .....	256
Quadro 4.20:	Desenvolvimento das imagens perfilhadas pelos alunos acerca do Cientista, considerando-se o parâmetro caracterização da atividade do cientista .....	259
Quadro 4.21:	Concepções dos alunos sobre o Contexto da Atividade Científica, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro trabalho científico como empreendimento individual/coletivo .....	264
Quadro 4.22:	Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca do Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro trabalho científico como empreendimento individual/coletivo .....	268
Quadro 4.23:	Concepções dos alunos sobre o Contexto da Atividade Científica, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro influência de fatores externos na atividade científica .....	270

Quadro 4.24:	Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca do Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro influência de fatores externos na atividade científica .....	274
Quadro 4.25:	Concepções dos alunos sobre o Processo de Criação Científica, nos momentos antes de ensino e pós-ensino .....	279
Quadro 4.26:	Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca do Processo de Criação Científica .....	285
Quadro 4.27:	Concepções dos alunos sobre a Evolução do Conhecimento Científico, nos momentos antes de ensino e pós-ensino .....	288
Quadro 4.28:	Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca da Evolução do Conhecimento Científico .....	293
Quadro 4.29:	Percepções dos alunos sobre os contributos das atividades da intervenção pedagógica para a aprendizagem referente a quatro dimensões da Natureza da Ciência .....	296
Quadro 4.30:	Atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência que os alunos mais gostaram .....	300
Quadro 4.31:	Justificativas dos alunos para a preferência em relação às atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência .....	300
Quadro 4.32:	Percepções dos alunos sobre a importância da utilização de materiais voltados à História da Ciência para a aprendizagem da Anatomia Humana .....	305
Quadro 4.33:	Concepções dos alunos sobre os contributos da integração da História da Ciência no ensino do sistema circulatório humano, considerando-se a formação profissional docente .....	309
Quadro 4.34:	Atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência que os alunos menos gostaram .....	315
Quadro 4.35:	Constrangimentos dos alunos em relação às atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência .....	316

## I – DA CONTEXTUALIZAÇÃO À DEFINIÇÃO DO ESTUDO

### Introdução

Neste capítulo introdutório, pretende-se contextualizar e apresentar o estudo. Inicialmente, descreve-se o contexto que motivou a sua realização. Em seguida, são apresentados os seus objetivos, relevância e limitações. Por último, descreve-se a estrutura geral da tese.

O presente estudo incide na idealização, concepção, implementação e avaliação do impacto educativo de uma estratégia de intervenção pedagógica focalizada na temática *Sistema Circulatorio Humano*. Além disso, perpassa pela identificação das representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano. Por fim, a investigação contempla a identificação de constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano.

A referida estratégia de intervenção pedagógica foi implementada no ano de 2015, no âmbito do componente curricular Anatomia Humana que integra o currículo do curso de Licenciatura<sup>1</sup> em Biologia, situado no *campus* de Cruz das Almas, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, uma universidade pública situada no Estado da Bahia (Brasil). Esta intervenção pedagógica caracteriza-se, essencialmente, pela implementação de atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência, em articulação com atividades de aprendizagem centradas na reflexão metacognitiva. As atividades de aprendizagem foram exploradas em um contexto educativo de cunho dialógico e cooperativo que pretendeu potencializar os contributos das interações alunos-alunos e alunos-professor na (re)construção de saberes, nomeadamente concepções sobre morfofunção do sistema circulatório humano e dimensões da Natureza da Ciência.

### 1.1. Contextualização do estudo

As pesquisas acadêmicas apontam que as visões de Ciência e cientista perfilhadas pelos cidadãos são, em grande medida, de cariz positivista<sup>2</sup>, aspecto que não contribui para uma

---

<sup>1</sup> No Brasil, o termo Licenciatura corresponde a cursos de nível superior (universitários) voltados à formação de professores.

<sup>2</sup> Segundo Japiassú & Marcondes (2001, p. 153): “o termo ‘positivismo’ designa várias doutrinas filosóficas do séc. XIX, como as de Stuart Mill, Spencer, Mach e outros, que se caracterizam pela valorização de um método empirista e quantitativo, pela defesa da experiência sensível como

compreensão mais profícua da empreitada científica – considerada um elemento da cultura dos cidadãos –, e que se distancia dos referenciais sustentados pela epistemologia contemporânea. Reconhece-se que diversos fatores incidem sobre o desenvolvimento de visões deformadas sobre a Ciência e sobre aqueles que a praticam. Entre tais fatores, situa-se o ensino de Ciências, quer no âmbito da Educação Básica<sup>3</sup>, quer no âmbito do Ensino Superior ou universitário.

Uma das possibilidades de enfrentamento do quadro apresentado seria a implementação de ações focalizadas na formação de professores de Ciências. Neste sentido, considera-se que a inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência, no âmbito da formação docente, poderia fornecer contributos para o desenvolvimento de visões mais consentâneas sobre a Ciência e o cientista. Além disso, admite-se que a introdução desses elementos nos cursos de Licenciatura poderia colaborar com outras aprendizagens, inclusive com aquelas relacionadas aos conteúdos específicos, também denominados conteúdos substantivos, das disciplinas científicas.

Considerando-se os aspectos mencionados, investiu-se na reestruturação do componente curricular Anatomia Humana, tendo-se em perspectiva a humanização desta disciplina, através da inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência. Esta viragem é fruto de um percurso profissional que se direccionou à possibilidade de ruptura com a tradição do ensino anatômico, derivada do modelo médico, ainda muito patente nos cursos de formação de professores de Ciências.

Os elementos elencados acima despoletaram a elaboração do presente estudo e são explorados de forma mais minuciosa nas subseções que se seguem.

### **1.1.1. Visões de Ciência e de Cientista perfilhadas pelos cidadãos**

As visões de Ciência e de cientista perfilhadas pelos cidadãos<sup>4</sup> e as possíveis origens e consequências dessas representações vêm sendo investigadas, em diferentes países, há cerca de meio século. A primeira investigação voltada à descrição da imagem dos cientistas, perfilhada

---

fonte principal do conhecimento, pela hostilidade em relação ao idealismo, e pela consideração das ciências empírico-formais como paradigmas de cientificidade e modelos para as demais ciências.”

<sup>3</sup> No Brasil, a educação básica é o primeiro nível do ensino escolar e compreende três etapas: a educação infantil (para alunos com até cinco anos), o ensino fundamental (para alunos de seis a 14 anos) e o ensino médio (para alunos de 15 a 17 anos).

<sup>4</sup> O termo cidadão será utilizado em referência a crianças, adolescentes e adultos, de acordo com o Estatuto da Criança e do Adolescente, Lei brasileira de número 8069/90, que descreve em seu artigo 3º - A criança e o adolescente gozam de todos os direitos fundamentais inerentes à pessoa humana, sem prejuízo da proteção integral de que trata esta Lei, assegurando-se-lhes, por lei ou por outros meios, todas as oportunidades e facilidades, a fim de lhes facultar o desenvolvimento físico, mental, moral, espiritual e social, em condições de liberdade e de dignidade.

pelos cidadãos, foi realizada por Mead & Métraux em 1957, através da análise de uma amostra de alunos estadunidenses do ensino médio (Chambers, 1983; Christidou, 2011). De acordo com os achados de Mead & Métraux (1957, pp. 386-387, tradução nossa), a imagem de cientista perfilhada por esses alunos é a seguinte:

“O cientista é um homem que usa um jaleco branco e trabalha em um laboratório. É um homem idoso ou de meia-idade e usa óculos. Ele é pequeno, por vezes pequeno e corpulento, ou alto e magro. Pode ser careca. Pode usar uma barba, pode usar barba por fazer e ser despenteado. [...]. É rodeado por equipamentos: tubos de ensaio, bicos de Bunsen, frascos e garrafas, [...] e máquinas estranhas com mostradores. [...]. Ele passa seus dias fazendo experiências. Ele despeja produtos químicos de um tubo de ensaio para outro. [...]. Varre os céus através de um telescópio [ou um microscópio!]. Faz experimentos com plantas e animais, corta-os em pedaços, injetando soro em animais.”

Ao analisar o valor simbólico de cada um dos elementos presentes nesse estereótipo<sup>5</sup>, Chambers (1983) fez algumas considerações. Por exemplo, a utilização de óculos relaciona-se ao cansaço visual em decorrência da intensa observação; o uso de jaleco vincula-se ao trabalho sujo e, conseqüentemente, à experimentação e ao conhecimento empírico; a barba por fazer pode representar longas horas de trabalho, portanto, um desvio de um padrão socialmente estabelecido ou a posse de sabedoria ou conhecimento. A ausência do perfil feminino, nas representações de cientistas, pode ser considerada outra característica marcante (De Meis et al., 1993; Barca, 2005; Christidou, 2011; Costa & Silva, 2012).

Ainda com relação aos elementos subjacentes a esse estereótipo, De Meis et al. (1993) salientam que a presença de objetos de vidro, como frascos e tubos de ensaio, sugere que os cientistas são, em geral, químicos ou bioquímicos. Além disso, considerando-se o estereótipo descrito por Mead & Métraux (1957), pode-se supor que uma visão de Ciência individualista e elitista encontra-se presente no imaginário dos cidadãos, quando os mesmos caracterizam os cientistas como:

“gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes... Em particular faz-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria (Gil Pérez et al., 2001, p. 133).”

---

<sup>5</sup> Estereótipos são esquemas cognitivos ou protótipos; aglomerados de traços pessoais aplicados a grupos sociais, por exemplo, categorias ocupacionais (Losh, 2010).

Quando os cidadãos consideram a atividade científica como um trabalho reservado a minorias dotadas de um intelecto superior, e representam apenas homens como cientistas, nota-se, também, uma visão elitista e sexista de Ciência, pois negligencia-se o papel das mulheres no desenvolvimento científico.

Seguindo-se nessa linha – de estabelecimento de pontes entre o estereótipo de cientista e a visão de Ciência sustentada pelos cidadãos –, considera-se que a predominância do caráter experimental, em muitas representações da atividade dos cientistas, pode ligar-se ao não reconhecimento das elaborações teóricas necessárias à construção das hipóteses que irão orientar todo o processo de construção científica. Com base nessas considerações, argumenta-se a favor da presença de outra visão deformada de Ciência, no imaginário popular, a concepção empírico-indutivista ateuca (Kosminsky & Giordan, 2002). Ademais, ao circunscrever o labor dos cientistas à dimensão experimental, desconsidera-se as Ciências não experimentais, aspecto que se prende à valorização de uma única alternativa para o “fazer científico” – o “método científico” –, composto por um “conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente” (Gil Pérez et al., 2001, p. 130), entre elas, a experimentação.

Essas visões deformadas sobre os cientistas e o empreendimento científico, incidem sobre vários aspectos da vida em sociedade, inclusive têm um efeito negativo sobre a possibilidade de os jovens optarem por uma carreira de pesquisador (De Meis, et al., 1993; Losh, 2010). Além disso, a percepção pública de uma profissão predominantemente masculina (extremamente competitiva) tem influenciado negativamente a escolha feminina por essa atividade laboral que, em tese, atrapalharia as relações familiares (Losh, 2010; Christidou, 2011).

Pesquisas conduzidas posteriormente ao trabalho de Mead & Métraux (1957) permitem afirmar que essa visão estereotipada de cientista, compartilhada pelos alunos, permaneceu estável ao longo da segunda metade do século XX (McAdam, 1990; Christidou, 2011) e início do século XXI (Christidou, 2011). A literatura aponta que essa imagem de cientista começa a se formar por volta dos oito anos de idade (Chambers, 1983), tornando-se mais clara aos dez anos (De Meis et al., 1993), sendo reforçada nos anos seguintes (Christidou, 2011). Além disso, deve-se destacar que essa visão estereotipada está presente em diversas nações, que possuem diferentes culturas (De Meis et al., 1993; Christidou, 2011).

Muitos fatores são responsáveis por essas visões estereotipadas de cientista e, conseqüentemente, deformadas de Ciência, destacando-se a influência exercida por: (a) diferentes mídias de massa; (b) livros de ficção voltados às crianças e adultos; (c) pais e outros

adultos; (d) livros didáticos; (e) professores de Ciências.

As mídias de massa contribuem de diferentes formas para a construção do estereótipo de cientista perfilhado pelos cidadãos<sup>6</sup> (Barca, 2005; Gallego-Torres, 2007; Mesquita & Soares, 2008), sendo que os noticiários e os programas de entretenimento, como filmes e telenovelas, exercem papel de destaque nessas construções. Os noticiários, por exemplo, sacralizam as opiniões dos cientistas, fazendo com que as mesmas funcionem como uma espécie de certificado de qualidade do novo saber (Gutiérrez Julián, Gómez Crespo & Martín-Díaz, 2001), reforçando, assim, o estatuto diferenciado da Ciência frente a outras formas de conhecimento.

Entre as mídias de massa, a produção cinematográfica do século XX teve um grande impacto na construção de imagens estereotipadas de cientista. Personagens do cinema como os doutores Moreau e Strangelove, dentre outros, contribuíram para o estabelecimento de associações entre os cientistas e o horror, o medo e a invenção de armas de destruição em massa, como a bomba atômica. Por outro lado, a figura do cientista atrapalhado, repleto de tiques nervosos e pouco compreendido por seus pares, e alunos, é observada em filmes como *Uma mente brilhante* (Barca, 2005). Essas ilustrações contribuíram para a disseminação, no imaginário popular, de uma visão individualista e elitista da Ciência, ou seja, essa passou a ser vista como um empreendimento altamente tecnificado, construído por indivíduos isolados do meio social e dotados de um saber especializado, aspectos que garantiriam um suposto poder sobre os demais cidadãos (Gutiérrez Julián, Gómez Crespo & Martín-Díaz, 2001; Germano, 2011). Nas palavras de Germano (p. 322):

“Ainda hoje quando se fala de Ciências, a imagem predominante é aquela muito aproximada do mito. Algo muito além do conhecimento do cidadão comum e que tem grande poder de verdade. Para a maioria das pessoas, o cientista e a Ciência habitam o mundo das coisas fantásticas e de compreensão inacessível.”

Outra mídia de massa com relevante influência na construção do imaginário popular sobre a Ciência e o cientista é a televisão (Kosminsky & Giordan, 2002; Gallego Torres, 2007; Mesquita & Soares, 2008), em decorrência, principalmente, de sua ampla difusão no mundo ocidental. Considerando-se o público infanto-juvenil, o impacto da televisão é ainda maior, pois funciona, para muitas famílias, como uma “babá eletrônica”, tendo em conta o potencial

---

<sup>6</sup> Embora haja um consenso sobre a importância das mídias de massa na construção de estereótipos de cientistas e visões deformadas de Ciência, a revisão de literatura conduzida por Christidou (2011) aponta que algumas mídias contribuem para a construção de imagens mais positivas sobre a Ciência.

atrativo, principalmente dos desenhos animados. A imagem dos cientistas representada em alguns desses desenhos remonta a uma caricatura, muitas vezes almejada em função do entretenimento, que contribui para a construção de visões deformadas de Ciência (Mesquita & Soares, 2008), destacando-se as visões elitista e individualista, empírico-indutivista e rígida (exata e infalível).

Uma análise das visões de Ciência ilustradas por cem revistas em quadrinhos (Gallego Torres, 2007) demonstrou resultados similares aos encontrados por Mesquita & Soares (2008), ou seja, a representação de imagens, elitista de Ciência, em 91,1% das revistas analisadas, empírico-indutivista, em 64,7% das revistas, e individualistas, em 63,7%. Ainda no campo do texto escrito, McAdam (1990) propôs outro elemento que contribui para a visão de Ciência e cientista perfilhada pelos cidadãos: a influência dos livros de ficção científica. Após a análise de duzentos livros de ficção científica, direcionados às crianças e jovens adultos, este investigador concluiu que a imagem dos cientistas, descrita pelas crianças, é similar à encontrada nesse tipo de literatura. Em geral, uma imagem “extravagante” que se aproxima da descrita por Mead & Métraux (1957).

Além do papel exercido pelas mídias de massa e pelos livros de ficção científica, Losh (2010) sinaliza a influência dos adultos (pais, outros parentes, vizinhos, profissionais de saúde e pastores), na construção dos estereótipos de cientistas perfilhados por jovens em formação.

Tendo-se em consideração o quadro apresentado, responsabilizar o processo de escolarização, ou mais especificamente, o ensino de Ciências, pelas visões de cientista e Ciência sustentadas pelos cidadãos é recair, certamente, em um reducionismo. Apesar disso, não se pode negligenciar o papel do ensino de Ciências na construção de tais visões deformadas (Moreira & Ostermann, 1993; Gil Pérez et al., 2001; Coelho da Silva, 2007).

A revisão de literatura conduzida por Gil Pérez et al. (2001) destaca algumas imagens deformadas de Ciência transmitidas pelo ensino. Em ordem de maior prevalência, essas visões seriam: (1) empírico-indutivista e atórica; (2) algorítmica e exata; (3) aproblemática e a-histórica; (4) exclusivamente analítica; (5) acumulativa de crescimento linear; (6) individualista e elitista; (7) socialmente neutra da Ciência. A seguir, serão descritos aspectos gerais dessas visões, além de exemplos de como o ensino de Ciências vem contribuindo para a manutenção das mesmas.

Os indivíduos que sustentam uma visão empírico-indutivista e atórica de Ciência consideram que o conhecimento científico é algo proveniente de um processo de descoberta,

orientado pelo método indutivo. Tal processo estaria vinculado à observação dos fenômenos da Natureza, captados pelos sentidos. O Homem, neste prisma, é considerado tábula rasa, uma folha de papel em branco, e seu espírito científico alimentar-se-ia da experiência adquirida por meio do processo de observação (Coelho da Silva, 2007). Outra visão deformada de Ciência transmitida pelo ensino de Ciências, a perspectiva algorítmica e exata, parte do princípio de que os cientistas devem percorrer um conjunto de etapas (o método científico), fixas e dispostas sequencialmente, para se alcançar o conhecimento científico (Gil Pérez et al., 2001; Nascimento, 2004).

A omissão dos problemas que levaram à construção do conhecimento científico e a transmissão dos produtos acabados da Ciência, como verdades imutáveis, sem consideração às limitações do conhecimento contemporâneo (Nascimento, 2004), traduzem-se em uma visão aproblemática e a-histórica do empreendimento científico. Por outro lado, a visão exclusivamente analítica da Ciência torna-se patente no ensino de Ciências quando se exprime:

“a necessária divisão parcelar dos estudos, o seu caráter limitado, simplificador. Porém, esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, ou o tratamento de ‘problemas-ponte’ entre diferentes campos de conhecimento que podem chegar a unificar-se, como já se verificou tantas vezes e que a História da Ciência evidencia.”  
(Gil Pérez et al., 2001, pp. 131-132)

Quando os agentes implicados na educação científica referem-se à evolução do conhecimento científico como um processo “linear, contínuo e cumulativo de aquisição de fatos” (Coelho da Silva, 2007, p. 320) estão desconsiderando as crises, as rupturas, os avanços e recuos e os processos de reconstrução inerentes ao desenvolvimento científico (Moreira & Ostermann, 1993).

O ensino de Ciências também reforça a visão individualista e elitista de Ciência, que imputa a construção de conhecimentos científicos a gênios isolados, inacessíveis, descartando-se, assim, a importância dos intercâmbios entre grupos de pesquisadores/cientistas e dos corpos de conhecimentos existentes em período anterior a determinada investigação. Nessa perspectiva, os cientistas são representados/descritos como indivíduos com capacidades intelectuais acima dos demais, prerrogativa que promove discriminações de gênero, pois, em geral, os cientistas são retratados como figuras do sexo masculino (Gil Pérez et al., 2001; Coelho da Silva, 2007). Finalmente, o ensino de Ciências transmite uma visão socialmente neutra da Ciência quando não concebe a influência de fatores sociais, políticos, econômicos, entre outros,

sobre o empreendimento científico. Dessa forma, a atividade científica é exposta como um processo alheio à sociedade, “sendo apenas condicionada por fatores de natureza científica ou tecnológica” (Coelho da Silva, 2007, p. 322).

Reconhecendo-se o papel do ensino de Ciências na construção dessas imagens deformadas do empreendimento científico, deve-se destacar o protagonismo exercido pelos livros didáticos de Ciências na sustentação das mesmas (Campos & Cachapuz, 1997; Coelho da Silva, 2007; Vidal & Porto, 2012). A análise de livros didáticos de Química, conduzida por Campos & Cachapuz (1997), concluiu que esses manuais contribuem para que os alunos desenvolvam visões deformadas de Ciência (aproblemática, rígida e empírico-indutivista), pois, segundo os autores:

“As experiências não são precedidas, na sua maioria, de nenhuma problematização, sendo a avaliação dos resultados feita em função do que se espera confirmar. Os manuais analisados praticamente não apresentam aos alunos atividades que fomentem o pluralismo metodológico e o desenvolvimento de diferentes competências do trabalho científico, como o planejamento de experiências partindo de hipóteses a serem elaboradas pelos alunos ou sugeridas pelo manual, a coleta de materiais, a organização de informação e a pesquisa bibliográfica.” (Campos & Cachapuz, 1997, p. 26)

A investigação referente ao conteúdo de História da Ciência contido em livros didáticos de Química, conduzida por Vidal & Porto (2012), identificou uma frágil exploração desse conteúdo. Para os investigadores, as ideias presentes nos livros didáticos contribuem para que os alunos construam visões equivocadas sobre o empreendimento científico, entre elas, as visões individualista e de crescimento linear. Coelho da Silva (2007), analisando livros didáticos de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia, constatou a presença de visões elitistas e descontextualizadas de Ciência, ao identificar que os cientistas foram representados, em geral, como indivíduos do sexo masculino, desconectados dos contextos social e familiar.

As fragilidades patentes nos livros didáticos, no que se refere à exploração do trabalho científico, são reforçadas pela atuação dos professores em sala de aula, fundadas, por diversas vezes, em argumentos dogmáticos e na capacidade de resumir suas disciplinas a fórmulas e expressões numéricas descontextualizadas (Kosminsky & Giordan, 2002). A extensa revisão de literatura elaborada por Gil Pérez et al. (2001) corrobora com essas afirmações e descreve outros tantos constrangimentos que endossam o papel do ensino de Ciências na construção de visões equivocadas sobre a empreitada científica.

As consequências dessas visões deformadas de Ciência forjadas pelas mídias, livros de ficção científica, adultos, ensino de Ciências, dentre outros “agentes”, comprometem diferentes aspectos da vida em sociedade, como o desenvolvimento científico e econômico das nações (Germano, 2011), a cidadania responsável (Silva & Leite, 2003; Miller, 2004), a escolha profissional (De Meis et al, 1993; Losh, 2010; Christidou, 2011) e o próprio ensino de Ciências (Kosminsky & Giordan, 2002; Mesquita & Soares, 2008; Costa e Silva, Santana & Arroio, 2012). Considerando-se a intrincada tríade ensino de Ciências-cidadania-entendimento público de Ciência (Jenkins, 2004) e o objeto de estudo da presente investigação, as ponderações seguintes serão direcionadas às consequências das referidas visões deformadas de Ciência sobre o ensino de Ciências.

Segundo Mesquita & Soares (2008), a imagem estereotipada do cientista e da Ciência, propagada pela mídia, pode criar uma barreira afastando os alunos da disciplina de Ciência e do professor de Ciência, aspecto que dificultará as mediações necessárias à construção do conhecimento científico. Ademais, quando as atividades desenvolvidas pelos professores não fornecem a oportunidade para os alunos conhecerem como a Ciência funciona, de fato, pode-se limitar a possibilidade de compreensão dos fenômenos naturais trabalhados em sala de aula:

“As dificuldades de entendimento dos fenômenos tratados nas salas de aula de Ciências, e mesmo a ausência de motivação para estudá-los, podem ser atribuídas, em parte, ao desconhecimento das teorias sobre o funcionamento da Ciência, tanto por parte dos professores como dos alunos. Tal desconhecimento ajuda a explicar a não explicitação nas práticas de sala de aula dos elementos mediadores entre o mundo e a forma como o representamos, que caracterizam a cultura científica como construção humana e, por conseguinte, explicam a desconsideração por essas práticas dos aspectos social e histórico que são típicos das relações que se estabelecem no interior das comunidades científicas.” (Kosminsky & Giordan, 2002, p. 18)

Considerando-se uma perspectiva mais ampliada do ensino de Ciências, torna-se relevante que o professor intervenha sobre essas visões deformadas da empreitada científica, no intuito de contribuir para a (re)construção das mesmas, tendo em vista o desenvolvimento da criticidade do sujeito educando, diante de questões que envolvam Ciência (Costa e Silva, Santana & Arroio, 2012). A problemática exposta torna-se mais delicada, na medida em que se reconhece que os professores, e não apenas os alunos, perfilham essas visões deformadas em relação ao empreendimento científico (Gil Pérez et al., 2001).

Diante do exposto, considera-se que o processo de formação de professores deve

contemplar ações que contribuam para a (re)construção de tais imagens deformadas, de Ciência e cientista, aspecto que dificilmente será alcançado se diversas disciplinas que compõem os currículos dos cursos de Licenciatura não dirigirem esforços em tal direção. Em conformidade com esse último argumento, desenvolveu-se a presente investigação, que vislumbrou a possibilidade do componente curricular Anatomia Humana, de um curso de Licenciatura em Biologia, promover discussões referentes ao empreendimento científico e suas múltiplas naturezas.

### 1.1.2. A relevância da História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Ciências

*A literatura científica contém evidências consideráveis para indicar que o uso de materiais históricos e o contato com trabalhos de pesquisa originais podem desempenhar um papel ao inculcar uma concepção do que a ciência é, como a ciência funciona, e o qual é o caráter real do empreendimento científico (Baumel & Berger, 1973, p. 1, tradução nossa).*

A inclusão da História da Ciência no currículo de ciência não é uma reivindicação atual. Algumas proposições que buscaram essa integração datam do final do século XIX e da primeira metade do século XX (Matthews, 1994).

“Finalmente, perto do virar do século [XIX], a história da Ciência tornou-se objeto de um interesse crescente, em virtude do seu valor pedagógico. Muitos autores e professores advogaram a adoção de um método historicamente orientado para o estudo de disciplinas científicas. Alguns chegaram mesmo a pô-lo em prática.” (Kragh, 2001, p. 19, parênteses retos nossos).

Para ilustrar o processo histórico de reivindicações referentes à necessidade de se articular História da Ciência e ensino de Ciências, recorrerei a três exemplos – britânico, espanhol e estadunidense – do início do século XX e, em seguida, descreverei um movimento pedagógico mais recente que preconiza tal articulação.

O relatório da Associação Britânica para Avanço da Ciência, do ano de 1917, em seu capítulo referente à Ciência nas escolas secundárias, contempla uma análise sobre o método e a substância do ensino de Ciências em escolas secundárias, com especial ênfase no papel da Ciência na educação geral dos cidadãos (BASS, 1917). Neste capítulo, na secção sobre ensino experimental e descritivo, os relatores tecem considerações sobre a importância dos alunos aprenderem algo sobre as conquistas da Ciência, seus métodos e o caráter humano dessa

empreitada:

“A ciência não deve ser considerada, meramente, como um fardo de material factual e princípios precisos que precisam de um tipo especial de mente para suportar. Deve haver mais do espírito, e menos do vale de ossos secos, se a ciência é de interesse vivo, seja durante a vida escolar ou depois. A todos deve ser dada a oportunidade de conhecer um pouco da vida e obra de homens como Galileu e Newton, Faraday e Kelvin, Pasteur e Lister, Darwin e Mendel, e muitos outros pioneiros da ciência.” (BASS, 1917, p. 140, tradução nossa)

Segundo os autores desse relatório, tal oportunidade poderia ser conferida aos alunos por meio da inclusão da História da Ciência no ensino. Nesse sentido, esses autores advogam a favor do uso da biografia dos descobridores, conjugado ao estudo dos sucessos e fracassos vivenciados pelos mesmos. Assim, a História da Ciência poderia romper a barreira (erguida pelos anos de escolaridade) entre os estudos literários e a Ciência, facilitando o desenvolvimento de uma visão mais aceita *sobre* a Ciência, algo que não poderia ser obtido pelo trabalho laboratorial (BASS, 1917).

Alguns anos mais tarde, em 1935, o historiador espanhol Antoni Quintana-Mari (1907-1998) publicou, na revista *Archeion*, o artigo intitulado *Valor de la Historia de la Ciencia como medio de Educacion Integral y Especifica del Individuo*. Algumas das preocupações de Quintana-Mari relacionavam-se a alguns fatores: a idade adequada para a introdução da História da Ciência no ensino; a necessidade desse conteúdo permear toda a escolaridade (do ensino primário até a universidade); a importância de ser um curso separado em alguns casos, enquanto, em outros, integrado à disciplina específica (Roca-Rosell & Grapi-Vilumara, 2010).

Assim como preconizado pela Associação Britânica para Avanço da Ciência, em 1917, Quintana-Mari considerava que a biografia dos cientistas deveria ser estudada no ensino secundário, juntamente com fontes primárias<sup>7</sup> da História da Ciência. Esse professor espanhol também aventou a possibilidade de reproduzir experimentos históricos, como estratégia pedagógica. Provavelmente, uma inspiração para o emprego dessa estratégia pode ter vindo de seus trabalhos voltados ao resgate do acervo – livros, instrumentos de laboratório, diários – do cientista catalão Antoni Martí i Franquès (1750-1832) (Roca-Rosell & Grapi-Vilumara, 2010).

Atravessando o oceano, deixando o continente europeu e aportando na América do Norte, descreverei sucintamente uma das iniciativas mais emblemáticas no que diz respeito à inclusão

---

<sup>7</sup> Fonte primária: “uma fonte que é proveniente da época sobre a qual revela informação e, como tal, tem uma ligação directa com a realidade histórica (em sentido cronológico e não forçosamente no que tem a ver com a fiabilidade). Uma fonte secundária será originada num período posterior àquele de que é fonte e tem por base fontes anteriores, primárias” (Kragh, 2001, p. 134).

da História da Ciência no ensino. O químico americano James Bryant Conant, presidente da Universidade de Harvard de 1933 à 1956, atuou de forma expressiva na reforma dos currículos em Harvard e, posteriormente, nas reformas no sistema das *high school* dos EUA. A História da Ciência recebeu um papel de destaque na reforma dos currículos de Harvard, nomeadamente nas disciplinas científicas que eram ofertadas para todos os alunos que ingressavam nesta instituição. Para ministrar estas disciplinas básicas, vários jovens professores, formados nas Ciências Naturais, passaram a ter contato com a História e a Filosofia da Ciência, entre eles, Thomas Kuhn (Ávila, 2013). O recurso à História da Ciência, propagado por Conant, contagiou pesquisadores de outras universidades americanas, interessados em fazer com que os jovens entendessem um pouco mais sobre ciência.

James Conant ganhou notoriedade pela publicação do livro *Harvard Case Histories in Experimental Science*, editado em dois volumes em 1957 (Matthews, 1994). Os estudos de caso em ciência experimental foram desenhados, inicialmente, para alunos das áreas das Ciências Sociais e humanidades com a intenção de fazê-los relacionar os desenvolvimentos das Ciências Naturais com outros campos da atividade humana, como, por exemplo, mineração, agricultura e manufatura. Os casos históricos foram construídos para auxiliar a compreensão da ciência feita nos dias de hoje, seus métodos e interações com o contexto social no qual se desenvolve. James Conant argumentou que os desafios encontrados pelos cientistas dos séculos XVII, XVIII e XIX poderiam contribuir para um entendimento ampliado da empreitada científica “auxiliando o leitor a recapturar a experiência daqueles que participaram de eventos excitantes na história científica” (Conant, 1957, p. IX, tradução nossa).

Nos últimos 20 anos, ocorreu um aumento considerável no interesse em incluir a História da Ciência no ensino de Ciências, proposição que avançou por toda a escolaridade, da educação básica até o ensino universitário (Kokkotas & Rizaki, 2011). Alguns dos fatores responsáveis por esse interesse foram: (a) o desejo por uma educação científica de qualidade através da inclusão de elementos históricos e filosóficos no ensino (Brush, 1989; Martins, 1990; Matthews, 1992, 1994; Duarte, 2004; Kokkotas, Malamitsa & Rizaki, 2011); (b) a crise no ensino de Ciências, verificada através das altas taxas de analfabetismo científico e abandono em massa do ensino de Ciências (Matthews, 1994), ou seja, evasão de professores e alunos das salas de aula de ciências (El-Hani, 2006).

Para Matthews (1994), os aprendizados decorrentes das frustradas reformas curriculares dos anos de 1960 e da crise do ensino de Ciências da década de 1980, associados à maior

compreensão sobre os processos de aprendizagem, levaram à utilização de algumas ideias no ensino de Ciências. Uma dessas ideias foi a inclusão de estudos sobre as dimensões culturais, históricas e filosóficas da Ciência.

A expressividade desse interesse em incluir a História da Ciência no ensino de Ciências pode ser dimensionada através das seguintes medidas: (a) criação do Grupo Internacional de História, Filosofia e Ensino de Ciências; (b) organização de conferências europeias e internacionais referentes à temática (Paris, 1988; Tallahassee-Florida 1989; Cambridge 1990; Madri 1992; Szombathely 1994; Minneapolis 1995; Bratislava 1996; Pavia 1999; Calgary 2007; Notre Dame 2009); (c) criação do periódico *Science & Education*, no ano de 1992 (Kokkotas & Rizaki, 2011).

Em paralelo a esses acontecimentos, foram construídas propostas curriculares em diversos países, como Estados Unidos, Inglaterra, Dinamarca (Matthews, 1994), França, Portugal, Espanha (Duarte, 2004) e Brasil (BRASIL, 2000). Tais propostas avançaram em sentido contrário à simples apresentação dos produtos das pesquisas científicas, pois perseguiram a valorização dos componentes históricos, filosóficos, sociais e culturais da ciência (El-Hani, 2006).

“É hoje incontornável a importância da História da Ciência na educação em ciências, concretizada em reformas ou reorganizações ocorridas nos currículos de ciências, nomeadamente em Portugal, e que levou à introdução de um maior número de referências relativas a questões históricas, filosóficas, éticas e culturais” (Duarte, 2004, p.324).

A introdução da História da Ciência nos currículos de ciências de diversos países é fruto, também, dos argumentos propostos por inúmeros investigadores, entre eles, Brush (1989), Martins (1990), Matthews (1994), Martins (1998) e McComas (2011). Em seguida, apresentarei alguns desses argumentos favoráveis à introdução da História da Ciência no ensino, com o intuito de fornecer um panorama geral sobre a importância desta disciplina para a educação científica.

No início de seu trabalho, intitulado *History of Science and Science Education*, Stephen Brush (1989, p.1, tradução nossa), introduz a seguinte pergunta, *O que poderia ser feito para melhorar o entendimento geral de ciência entre os cidadãos?* Para Brush, a introdução da História da Ciência no ensino seria uma boa resposta, já que a mesma poderia: (a) auxiliar os alunos a aprender coisas que eles acham difíceis; (b) mudar a percepção pública sobre ciência;

(c) encorajar a participação criteriosa em decisões que envolvam aspectos técnico-científicos; (d) contribuir para o reconhecimento da ciência como construção cultural. Segundo McComas (2011), a História da Ciência poderia ser utilizada para facilitar a compreensão dos alunos sobre a empreitada científica, além de humanizá-la, através da inclusão de personagens históricos que moldaram o direcionamento e os produtos da ciência.

No contexto brasileiro, Martins (1990) destaca que a História da Ciência tem várias aplicações didáticas, entre elas: (a) contrabalancear os aspectos puramente técnicos de uma aula, agregando subsídios humanos, culturais e sociais; (b) fornecer uma nova visão sobre ciência e cientista, através da biografia de cientistas, da descrição do ambiente cultural de determinado tempo histórico, das dificuldades para superação de determinadas ideias científicas; (c) facilitar a compreensão sobre o desenvolvimento histórico de determinado conteúdo disciplinar; (d) reconstruir experimentos históricos para facilitar a aprendizagem e contribuir com o desenvolvimento de visões aceitas sobre a Natureza da Ciência. A pesquisadora brasileira, Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (1998, p. 18), afirmou que o emprego da História da Ciência poderia contribuir com o ensino de Ciências, pois os episódios históricos evidenciariam:

- (a) o processo gradativo e lento de construção do conhecimento, permitindo que se tenha uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos, suas limitações. Isso possibilitará a formação de um espírito crítico fazendo com que o conhecimento científico seja desmitificado, sem, entretanto, ser destituído de valor.
- (b) que ocorreu um processo lento de desenvolvimento de conceitos até se chegar às concepções aceitas atualmente. Isso pode facilitar o aprendizado do próprio conteúdo científico que estiver sendo trabalhado. O educando perceberá que suas dúvidas são perfeitamente cabíveis em relação a conceitos que levaram tanto tempo para serem estabelecidos e que foram tão difíceis de atingir.
- (c) que a aceitação ou o ataque a alguma proposta não dependem apenas de seu valor intrínseco, de sua fundamentação, mas que também nesse processo estão envolvidas outras forças, tais como as sociais, políticas, filosóficas ou religiosas.

Provavelmente, o conjunto de argumentos favoráveis ao uso da História da Ciência, proposto por Matthews (1992), figura entre os mais utilizados pelos pesquisadores do ensino de

Ciências. Segundo este autor, a tradição contextualista<sup>8</sup> afirma que a História da Ciência contribui para o ensino de Ciências, pois: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência - a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente (Matthews, 1992, p. 17-18, tradução nossa).

Além dos bons argumentos, listados acima, a favor de um ensino de Ciências orientado historicamente, deve-se referendar que existem, também, maus argumentos, entre estes o descrito por Kragh (2001, p. 41), em tom de crítica:

“o uso da história se justifica pela sua alegada capacidade para apresentar as ciências de forma ‘mais suave’, tornando-as mais atraentes numa altura em que são encaradas com suspeitas por muitos jovens.”

Apesar da vasta fundamentação teórica para a implementação da História da Ciência no ensino de Ciências, há, ainda, um descompasso considerável entre o ritmo de produção das pesquisas referentes à inclusão da História e Filosofia da Ciência no ensino e a utilização desse recurso pelos professores (Prestes & Caldeira, 2009). Os dados de um projeto colaborativo – *History and Philosophy in Science Teaching* – envolvendo dez grupos de pesquisadores de oito países europeus e mais Israel, apontaram que os principais problemas para a inserção de elementos da História e Filosofia da Ciência, no ensino, são: (a) ausência de um quadro conceitual de referência; (b) falta de interesse ou competência dos professores; (c) limitada compreensão sobre como a História e a Filosofia da Ciência podem contribuir para a aprendizagem do conteúdo científico; (d) carência de visões mais alargadas referentes à aprendizagem *sobre* ciências (Höttecke & Silva, 2011).

A ausência de um quadro conceitual de referência para a implementação da História da Ciência, no âmbito das diretrizes curriculares portuguesas, foi algo considerado por Duarte (2004, p. 321):

---

<sup>8</sup> A abordagem contextual refere-se a uma “tendência que explora as componentes históricas, filosóficas, sociais e culturais da ciência por meio de enfoques e abordagens variadas, na tentativa de promover uma formação que supere a demarcação entre o ensino dos conteúdos científicos e o de seus contextos de produção” (Prestes & Caldeira, 2009, p. 2).

“Embora se constate, da análise dos programas, que a importância atribuída à História da Ciência aumente ao longo dos níveis de ensino, a omissão ou as indicações muito sucintas à forma como o material histórico deve ser incluído na sala de aula, deixa essa utilização ao critério de cada professor, verificando-se o mesmo quanto ao tipo de material histórico a utilizar e quanto à extensão a dar ao tratamento desse material.”

No contexto brasileiro, mais especificamente no tocante aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, El-Hani (2006) declara que há um tratamento pontual e pouco sistemático dos elementos históricos e filosóficos da ciência, fator que demonstra limitado comprometimento com a abordagem contextual no ensino de Ciências. Dos aspectos mencionados, depreende-se a ausência, como no caso português, de referenciais curriculares que norteiem a inserção da História da Ciência no âmbito do ensino de Ciências. Tendo em consideração que o *status* de autoridade dos professores, em sala de aula, pode ser ameaçado pela inserção de tópicos que atestem as suas limitações teóricas, Monk & Osborne (1997, p. 417, tradução nossa) afirmaram que “a história da ciência só será adotada pelos professores se existir em mãos material sucinto e facilmente assimilável”.

Dando continuidade aos problemas para inserção da História da Ciência no ensino, deve-se salientar que o interesse, ou competência dos professores, no emprego da História da Ciência, depende de vários aspectos como: (a) a apresentação de novas orientações voltadas às práticas de sala de aula; (b) o acesso a novos materiais didáticos, como livros comprometidos com a abordagem contextual (Matthews, 1992; Höttecke & Silva, 2011); (c) cursos de formação de professores comprometidos com essa vertente do ensino de Ciências (Matthews, 1992; Duarte, 2004; Höttecke & Silva, 2011). Este último quesito relaciona-se, diretamente, com a perspectiva da presente investigação que propôs a utilização da História da Ciência, no contexto do ensino do componente curricular Anatomia Humana, em um curso de Licenciatura em Biologia.

Outra barreira para a inclusão da História da Ciência no ensino é a ausência de reconhecimento, por parte das comunidades de cientistas e docentes, das contribuições que a História da Ciência tem para o aprendizado do conteúdo científico ou conteúdo substantivo. Alguns cientistas consideram que a introdução da História da Ciência promoveria um gasto de tempo que poderia ser direcionado à aprendizagem da Ciência reconhecida nos tempos atuais (Matthews, 1994).

Monk & Osborne (1997) afirmam que os professores de Ciências não estão certos de que

o tratamento histórico possa acrescentar algo aos conhecimentos e habilidades examináveis de seus alunos. Por outro lado, estudos revelam que o uso da História da Ciência tem um impacto positivo sobre os alunos sem interferir na aprendizagem dos conceitos técnicos da ciência (Brush, 1989). Entretanto, Duschl (2006) afirma que nos Estados Unidos a inclusão da História da Ciência, no ensino de Física, nunca vingou em virtude de várias questões, entre elas, a incapacidade dos cursos administrados com base na História da Ciência proporcionarem melhores escores nos testes de desempenho, utilizados pelas universidades de elite, para ingresso nos cursos de física.

Tal embate não é facilmente arbitrado, nem talvez possível o seja, pois os dois argumentos apontados – a favor e contra a inserção da História da Ciência – foram construídos, certamente, com base em diferentes ontologias, epistemologias e metodologias de investigação. Apesar disso, deve-se ter em conta que os conteúdos de ordem epistemológica, desenvolvidos através do recurso a História da Ciência, também são importantes e, portanto, torna-se relevante perseguir um processo de ensino em que a aprendizagem *das* ciências seja acompanhada pela aprendizagem *sobre* ciências (Matthews, 1992, 1994; El-Hani, 2006). Assim, julga-se pertinente questionar o ensino tradicional de ciências ainda voltado, em demasia, à compreensão dos conteúdos científicos (Monk & Osborne, 1997).

Os defensores da inserção da História e Filosofia da Ciência deveriam considerar a complexidade dos sistemas educacionais (Höttecke & Silva, 2011) para que a efetivação dessa abordagem ocorresse dentro das contingências específicas de cada sistema. Além disso, Duschl (2006) afirma que a compatibilização entre os aspectos filosóficos, psicológicos e pedagógicos que perpassam a inclusão da História da Ciência, no currículo do ensino de Ciências, é um desafio corrente para o sistema educacional e a busca por melhores arranjos pedagógicos depende do trabalho conjunto de profissionais de diferentes campos, como historiadores da ciência e educadores.

Pensando nas dificuldades enfrentadas por professores de ciências na elaboração de cursos e materiais didáticos voltados à inclusão da História, Filosofia e Sociologia da Ciência, Forato, Martins & Pietrocola (2012a, pp. 147-148) propuseram, à guisa de orientação, uma lista de parâmetros para orientar os docentes, entre eles: (a) explicitar a concepção de ciência adotada e os aspectos epistemológicos pretendidos; (b) selecionar os aspectos a enfatizar e a omitir em cada conteúdo da História da Ciência; (c) mediar as simplificações e omissões, pois enfatizar a influência de aspectos não científicos pode promover interpretações relativistas

extremas; (d) definir o nível de profundidade e formulação discursiva dos conteúdos epistemológicos; (e) abordar, diacronicamente, diferentes concepções de ciência e o pensamento de filósofos, filósofos naturais e cientistas de distintos períodos e civilizações: apresentar vários pensadores contemporâneos trabalhando com os mesmos pressupostos metodológicos pode auxiliar a crítica ao preconceito e a anacronismos; (f) apresentar exemplos de teorias superadas em diferentes contextos culturais permite criticar ideias ingênuas sobre história e epistemologia da ciência, como a possível concepção de que a ciência atual pode resolver todos os problemas; (g) ponderar sobre a quantidade e profundidade dos textos; (h) questionar cada mensagem objetivada sobre a NDC<sup>9</sup> em diferentes atividades didáticas e distintos episódios históricos.

Os parâmetros propostos por Forato, Martins & Pietrocola (2012a) contribuíram para a construção da intervenção pedagógica realizada no âmbito da presente investigação. Uma discussão ampliada sobre esses parâmetros, com vistas a não interpretá-los como espécie de receituário, pode ser encontrada em Forato, Martins & Pietrocola (2012b).

A opção por trabalhar com qualquer recurso no ensino de Ciências (ou no ensino em geral) deveria ser pautada, também, pelas críticas e limitações referentes à forma como tal recurso é introduzido. Portanto, procuramos ser vigilantes e cuidadosos durante a operacionalização da História da Ciência, no âmbito do ensino da Anatomia Humana, na tentativa de evitar determinadas incoerências apontadas no seguimento desta secção.

O respeito ao contexto histórico é um princípio fundamental dos historiadores e o não seguimento deste, através da leitura do passado em termos de normas ou padrões atuais, é chamado whiggismo (Allchin, 2004). De acordo com Kragh (2001), o termo história Whig foi cunhado pelo historiador Herbert Butterfield<sup>10</sup> (1900-1979) que o identificou com a “escrita não histórica da história”. Kragh (2001, p. 104) reproduz uma passagem de um ensaio de Butterfield, que representa a moral anti-Whig:

“O que há de errado na história da ciência, como em todas as outras formas de história, é manter constantemente o dia de hoje perante a nossa mente como base de referência; ou imaginar que o lugar de um cientista do século XVII na história do mundo dependerá da questão de saber o quão perto ele esteve da descoberta do oxigênio.”

---

<sup>9</sup> Natureza da Ciência.

<sup>10</sup> “A crítica de Butterfield era originalmente dirigida contra uma tradição arraigada na historiografia política inglesa, em que a história da Inglaterra era descrita como um progresso ininterrupto em direção aos ideais democráticos que se dizia serem representados pelo partido Whig. Mas a historiografia Whig em breve entrou no uso geral como um termo (geralmente com conotações negativas) e tem sido igualmente muito discutido em história da ciência.” (Kragh, 2001, p. 104)

O problema está no reconhecimento de apenas uma parcela da história, aquela relacionada ao conhecimento considerado válido na atualidade. Desta forma, há uma simplificação do processo, minimizando-se as construções dos cientistas do passado e enaltecendo a *exclusiva* genialidade dos pesquisadores mais recentes (Bizzo, 1992). Um exemplo de história Whig, relacionado a temática científica trabalhada na presente investigação – *Sistema Circulatório Humano* – é apresentado por Lawson (2000), quando este autor se refere ao trabalho de William Harvey (1578-1657):

“A teoria de Galeno do fluxo sanguíneo foi virtualmente inquestionada por aproximadamente 1500 anos até 1628 quando o médico inglês William Harvey (1578-1657) publicou o livro *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais*.” (p. 482, tradução nossa).

Segundo Allchin (2004), essa passagem, aparentemente inofensiva, exclui importantes ideias introduzidas por outras pessoas, acerca da circulação sanguínea, a exemplo do reconhecimento do trânsito pulmonar por Serveto (em 1553), Realdo Colombo (em 1559) e Andrea Cesalpino (em 1603), cada um por distintas razões. Desta forma, todo o trabalho, de diferentes médicos, desenvolvido ao longo de pelo menos um século, é colapsado em uma única pessoa – William Harvey – considerado, nesta passagem, um modelo de cientista ou um marco de autoridade. Tratar Harvey como um mito, sacralizando-o, coloca Galeno (129-199 a.C.) em uma posição antagônica, como uma espécie de vilão, derrotado por um suposto herói. Neste prisma, apenas o raciocínio de Harvey é considerado, em um processo assimétrico que não contribui para a compreensão da empreitada científica, servindo apenas para situar Harvey como autoridade (Allchin, 2004).

Para Bizzo (1992), um dos equívocos relacionados ao uso da História da Ciência prende-se à representação da ciência do passado como algo simples, enquanto a ciência do presente é tida como fenômeno complexo. Tal representação ocorre quando se desconsidera a lógica utilizada em diferentes tempos históricos para se construir novos conhecimentos. Alguns autores advogam que o empobrecimento ou a fabricação da História da Ciência, para sua utilização no ensino, pode ser fruto da intenção de determinadas pessoas ou grupos interessados em transmitir uma ideologia científica ou uma determinada visão sobre Ciência. Por outro lado, existem autores que defendem que essas modificações na História da Ciência são frutos da não apropriação de aspectos da Natureza da Ciência (Matthews, 1994). Independente do

posicionamento, “decorre que qualquer narrativa histórica reverbera uma concepção sobre o funcionamento e construção da ciência, seja ela escrita por um especialista, ou não” (Forato, Martins & Pietrocola, 2012a, p. 127). Com relação às questões explicitadas acima, Matthews (1992, p. 21) faz uma pertinente colocação:

“Na pedagogia, como na maioria das coisas, muitas vezes a matéria tem que ser simplificada. E isto é tão verdadeiro para a história da ciência quanto o é para: a economia, ou para a própria ciência. Porém o fato de que a história da ciência seja simplificada não se toma um argumento decisivo contra ela. A tarefa da pedagogia é, então, a de produzir uma história simplificada que lance uma luz sobre a matéria, mas que não seja uma mera caricatura do processo histórico.”

Em vias de conclusão dessa subseção referente à relevância da História e Filosofia da Ciência para o ensino de Ciências, é válido afirmar que um dos objetivos educacionais da inserção desses elementos no ensino é introduzir os indivíduos nas tradições de sua cultura, sendo que a Ciência é um dos elementos da cultura e a compreensão da história das disciplinas científicas pode alargar tal objetivo. A Ciência, ensinada em associação à História e à Filosofia, pode contribuir para apreciação da beleza da própria Ciência, e da Natureza, e, também, para a consciencialização dos alunos sobre as questões éticas relacionadas ao empreendimento científico e criadas pelas práticas científicas (Matthews, 1994).

### **1.1.3. O ensino e a aprendizagem da Anatomia Humana no contexto da formação de professores de Ciências**

O dicionário médico enciclopédico Taber (2000) define anatomia como: “1. A estrutura do organismo. 2. O ramo da ciência que estuda a estrutura dos organismos. 3. Dissecção ou separação por corte”. Na mesma direção, a clássica obra de Anatomia Humana, *Gray Anatomia*, em sua vigésima nona edição, descreve que:

“Na Grécia antiga, no tempo de Hipócrates (460 a.C.) a palavra *anatomia* (*ανατομία*) significava dissecção, sendo formada, de *τομή*, corte, mais o prefixo *άνά*, através de. Hoje a anatomia ainda aparece intimamente associada em nossa mente à dissecção do cadáver humano. No entanto, o termo estendeu-se muito cedo, passando a incluir todo o campo de conhecimento relacionado à estrutura dos seres vivos.” (Gross, 1988, p. 1)

Um dos textos mais utilizados no ensino médico (Tavano & Almeida, 2011), *Anatomia*

*Orientada para a Clínica*, caracteriza a Anatomia Humana como “o estudo da estrutura e função do corpo” (Moore & Dalley, 2001, p. 2). Baseado nessas três conceituações relacionadas ao termo *Anatomia*, proponho as seguintes reflexões: (1) a formação de professores de Biologia não ficaria por demais restrita se o corpo humano fosse discutido, apenas, do ponto de vista estrutural e funcional (morfofuncional), sem consideração a outras dimensões do corpo humano e/ou dos contextos de produção desse conhecimento?; (2) o ensino da Anatomia Humana, derivado de um modelo médico focalizado em dissecações e observações de cadáveres, não estaria limitado, considerando-se os contextos de formação de professores de Biologia?

Na sequência desta subseção considerarei a necessidade de se reconstruir ou ampliar as estratégias de ensino e aprendizagem da Anatomia Humana, tendo-se em conta o contexto de formação de professores de Biologia. Iniciarei com um pouco da História do ensino da disciplina Anatomia Humana para contextualizar os argumentos que questionam a tradição do ensino anatômico, ainda presente nos cursos de Licenciatura.

O ensino da Anatomia Humana remonta ao período da Grécia Antiga, onde os primeiros professores de Anatomia de Alexandria<sup>11</sup>, Herófilo (cerca de 300 a.C.) e Erasítrato (cerca de 300 a.C.), desenvolveram suas atividades na primeira metade do século III a.C. Muitos séculos depois, por volta de 1300 a 1325<sup>12</sup>, Mondino de Luzzi (1270-1326), médico Italiano, considerado ‘O Restaurador da Anatomia’, realizava dissecações com finalidades pedagógicas, inaugurando uma tradição no ensino da Anatomia Humana seguida, tempos depois, por André Vesálio (1514-1564), professor da Universidade de Pádua (Singer, 1996).

“Vesalius, um professor de anatomia de Pádua, foi, depois de Mondino, o primeiro estudioso da medicina a realizar uma dissecação pública com suas próprias mãos e a basear seu conhecimento anatômico na observação direta. (...) Vesalius rompeu conscientemente com a tradição que se desenvolvera nos séculos anteriores, quando a dissecação era praticada por um cirurgião de segunda classe (um cirurgião-barbeiro), enquanto uma pessoa narrava, mediante um texto escrito por Galeno, o que o cirurgião executava. O professor de anatomia, no mesmo dia ou no dia seguinte, fazia sua preleção filosófica.” (Rupp, 1993, pp. 10-11)

No Brasil, essa tradição de ensino anatômico inicia-se com Alfonso Bovero (1871-1937), médico formado na Universidade de Turim, Itália, influenciado pela vertente

---

<sup>11</sup> Cidade do Egito fundada por Alexandre, o Grande, em 331 a.C..

<sup>12</sup> Esse salto temporal não visa descartar as importantes contribuições de outros filósofos naturais ou naturalistas (gregos, árabes e europeus) para o desenvolvimento da Anatomia Humana; tendo como finalidade, restrita, o direcionamento do texto aos objetivos específicos da presente subseção.

descritiva/sistêmica<sup>13</sup> da anatomia, aliada à tradição da dissecação (Talamoni & Bertolli Filho, 2011). Bovero chega ao Brasil em 1914 e aos 25 de Abril, do mesmo ano, ministra a palestra *Importância e conceito fundamental da Anatomia* na então Faculdade de Medicina e Cirurgia de São Paulo (a partir de 1934, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP) iniciando a fase boveriana da anatomia brasileira (Liberti, 2010). Essa escola anatômica italiana permanece direcionando as atividades didáticas dessa disciplina até os tempos atuais, em que a forte tradição das dissecações, observações anatômicas, longas horas de estudo e árduas e rigorosas avaliações ainda prevalecem nos cursos de Ciências Biológicas e da Saúde (Talamoni & Bertolli Filho, 2011).

A transposição acrítica desse modelo médico de ensino da Anatomia Humana para o campo da formação de professores, de Ciências e Biologia, tem favorecido o surgimento de fragilidades na formação profissional docente (Ferreira, Paiva, Faria, Morais & Lemos, 1999; Shimamoto & Lima, 2006; Ribeiro, Oliveira & Silva, 2011; Talamoni & Bertolli Filho, 2011). Algumas das fragilidades desse ensino tradicional já foram apontadas pelos próprios educadores que atuam na formação médica (Luna & Munoz, 2000; Fornaziero, Gordan, Carvalho, Araújo & Aquino, 2010; Sugand; Abrahams & Khurana, 2010; Tavano & Almeida, 2011). Em seguida, serão descritas algumas dessas fragilidades, principalmente no que se refere à formação de professores de Ciências e Biologia. A apresentação dessas limitações será intercalada por algumas considerações/reflexões sobre o que já foi ou poderia ser feito para alterar esse quadro do ensino anatômico, no âmbito da formação de professores. Portanto, reconhece-se, assim como Silva, Silva & Souza (2001), que o direcionamento dado à disciplina de Anatomia Humana, nos cursos de Licenciatura, não está adequado às exigências da sociedade em que vivemos.

A corrente de ensino da Anatomia Humana, derivada do modelo médico, é caracterizada, fundamentalmente, pela fragmentação entre aulas teóricas e práticas (Silva, Silva & Souza, 2001; Fornaziero et al., 2010; Sugand; Abrahams & Khurana, 2010; Talamoni & Bertolli Filho, 2011). Nas aulas teóricas, a aula expositiva é a estratégia metodológica mais utilizada (Fornaziero et al., 2010; Sugand; Abrahams & Khurana, 2010), aspecto que sugere: (a) a valorização de atividades de ensino apartadas de atividades de aprendizagem; (b) a provável desvalorização do conhecimento prévio dos alunos e do trabalho entre os pares. A perspectiva defendida por Damasceno & Cória-Sabini (2003), em um trabalho focalizado nos saberes e práticas de professores de Anatomia Humana, permite compreender que os elementos referidos

---

<sup>13</sup> Estuda o corpo por meio de uma abordagem focalizada nos sistemas que o compõem, por exemplo, sistema circulatório.

acima, no que tange às aulas expositivas, contrariam as perspectivas educacionais contemporâneas:

“Tão importante como *o que* se ensina e se aprende, é o como se ensina e se aprende. Tal como os alunos, os professores elaboram suas aprendizagens tendo como ponto de partida seu conhecimento prévio, a ele integrando novas informações e ampliando os seus conceitos. Este processo é permeado por uma interação constante com seus pares, na articulação de seus pontos de vista, de dúvidas e questionamentos, em um processo lento de assimilação com acertos e erros, avanços e retrocessos.” (Damasceno & Cória-Sabini, 2003, p. 244).

Por outro lado, as aulas práticas de Anatomia Humana, no contexto da tradição de ensino anatômico, são desenvolvidas no laboratório, sendo “baseadas, principalmente, na identificação das estruturas anatômicas em peças cadavéricas e modelos plásticos, com auxílio de um atlas anatômico” (Ribeiro, Oliveira & Silva, 2011, p. 45).

“As aulas práticas que ocorrem no laboratório são geralmente desenvolvidas como estudos dirigidos, onde o aluno tem um roteiro no qual consta uma relação das estruturas anatômicas a serem identificadas, bem como a sequência ideal para tal identificação e o seu objetivo. Às vezes, como meio auxiliar, é usado um Atlas de Anatomia que serve de instrumento de comparação para identificação.” (Damasceno & Cória-Sabini, 2003, p. 48).

Depreende-se, a partir de tais considerações, que o ser humano, nessa estratégia pedagógica laboratorial, é encarado como um “corpo objeto de estudo” (Shimamoto & Lima, 2006, p. 156) que pode ser memorizado (Silva, Silva & Souza, 2001; Damasceno & Cória-Sabini, 2003; Shimamoto & Lima, 2006; Montes & Souza, 2010), a partir de uma listagem rígida de estruturas anatômicas. Na interpretação de Silva, Silva & Souza (2001, p. 12), “o ensino tradicional de anatomia é um discurso vago, insólito e longe de colocar o aluno em contato direto e consciente com o próprio corpo”. Essas autoras utilizaram às artes cênicas como estratégia de superação da tradição de ensino anatômico, solicitando que seus alunos de Licenciatura em Biologia escrevessem roteiros e encenassem peças teatrais relacionadas aos sistemas nervoso, muscular, circulatório e respiratório. Tais peças foram direcionadas ao público escolar.

Ainda no campo específico da formação de professores, Ferreira et al. (1999) apontaram que uma das limitações do método tradicional de ensino da anatomia humana é a falta de articulação entre a disciplina e as práticas de ensino voltadas aos alunos do ensino

fundamental<sup>14</sup>. De acordo com essas autoras:

“Os professores de ensino fundamental de ciências no Brasil (1ª a 8ª séries<sup>15</sup>) são formados em cursos de licenciatura. Nestes, o corpo humano é estudado na disciplina de anatomia, sendo que nem sempre a programação vai ao encontro da realidade e necessidades das escolas de ensino fundamental, que são responsáveis pelo ensino de tais conteúdos para a grande maioria da população, principalmente nas regiões mais carentes.” (Ferreira et al., 1999, p. 41).

Na tentativa de superar essa problemática, Ferreira et al. (1999) conduziram uma ação extensionista dentro do componente curricular Anatomia Humana e animal comparada, visando aproximar os alunos de Ciências Biológicas, do *locus* da prática profissional. Nessa experiência, com duração de dois anos, os alunos da disciplina ministraram conteúdos de anatomia humana para alunos do 8º ano do ensino fundamental.

Com intuito similar, de diminuir o hiato teoria-prática, identificado na formação de professores de Biologia, Ribeiro, Oliveira & Silva (2011) desenvolveram uma intervenção pedagógica no componente curricular anatomia humana. Essa experiência pedagógica buscou romper com o modelo tradicional do ensino da Anatomia Humana, que valoriza o aspecto memorístico e passivo da aprendizagem, recorrendo, para tal, à pedagogia de projetos. No estudo de Ribeiro, Oliveira & Silva (2011), os alunos de anatomia humana apresentaram os produtos de seus projetos semestrais, desenvolvidos a partir de questões problematizadoras, para alunos do ensino médio<sup>16</sup>.

Outra fragilidade na formação do professor de Ciências, desencadeada pelo modelo tradicional de estudo do corpo humano, é o afastamento desse corpo do domínio sociocultural, predominando uma visão eminentemente biologicista do ser humano (Shimamoto & Lima, 2006; Talamoni & Bertolli Filho, 2011), característica criticada, também, por pesquisadores associados à educação médica (Luna & Munoz, 2000; Fornaziero et al., 2010).

Shimamoto & Lima (2006) observaram, através de uma investigação com 108 professores de Ciências, o grau de importância dado aos componentes das dimensões biológica, sociocultural, psicológica e biopsicosociocultural do corpo humano. Esses investigadores verificaram que os elementos anatomofisiológicos foram os que receberam maior destaque. Os

---

<sup>14</sup> No Brasil, o ensino fundamental corresponde à etapa de escolarização dos cidadãos compreendidos na faixa etária entre 6 a 14 anos. Essa etapa vai do 1º ao 9º ano de escolaridade.

<sup>15</sup> Atualmente utiliza-se, no Brasil, o termo *anos* do ensino fundamental ao invés de *séries* do ensino fundamental.

<sup>16</sup> No Brasil, o 1º, 2º e 3º anos do ensino médio correspondem à etapa de escolarização dos cidadãos compreendidos na faixa etária de 15 a 17 anos.

autores concluíram que a valorização da dimensão biológica limita o desenvolvimento de visões mais amplas e totalizadoras do corpo humano e que esta e outras representações do corpo humano não dependem, apenas, dos cenários de formação inicial dos docentes:

“O contexto familiar, a formação acadêmica e a própria prática pedagógica constituem espaços para o processo de ancoragem das representações, porque referenciam a construção de concepções de corpos sagrados, silenciados, silenciosos, fragmentados, despersonalizados, assexuados, intocáveis, individuais, incolores, perfeitos, submissos, dominantes, dominados, entre outros.” (Shimamoto & Lima, 2006, p. 162)

Apesar de reconhecer que as representações sobre o corpo humano são fruto de complexas interações, cabe-me, no âmbito da formação de professores e, mais especificamente, no campo do ensino da Anatomia Humana, compreender a importância de ampliar tais representações, com o ideário de tornar “o corpo mais humano e menos biológico” (Shimamoto & Lima, 2006, p. 163). O alcance desse objetivo depende, também, da realização, junto com os futuros professores, de mediações entre as representações pessoais e/ou culturais e as representações científicas que possuímos sobre o corpo humano. Segundo Talamoni & Bertolli Filho (2011), esse é um dos maiores desafios no ensino da Anatomia Humana.

Neste sentido, a presente investigação se trata, também, de uma proposta de ruptura com a tradição de ensino anatômico e funda-se no desenvolvimento e implementação de uma estratégia de intervenção pedagógica no âmbito da disciplina Anatomia Humana, componente curricular do curso de Licenciatura em Biologia<sup>17</sup> da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. A elaboração dessa intervenção foi fundamentada, principalmente, na interação entre três elementos: (1) a concepção construtivista de aprendizagem; (2) a metacognição; (3) o recurso à História da Ciência. Em seguida, elencarei, sucintamente<sup>18</sup>, como esses elementos podem confrontar características da tradição de ensino anatômico, contribuindo, desta forma, para a formação dos professores de Ciência e Biologia, dentro de uma perspectiva contemporânea da Educação em Ciências.

A primeira característica da tradição de ensino anatômico, que se buscou contrapor através da estratégia de intervenção pedagógica implementada, refere-se à fragmentação da disciplina Anatomia Humana em aulas teóricas e práticas, em que as últimas servem apenas

---

<sup>17</sup> O professor licenciado em Biologia, no Brasil, está habilitado para trabalhar no ensino de Ciências (anos finais do ensino fundamental) e de Biologia (ensino médio).

<sup>18</sup> A fundamentação teórica desses constructos foi considerada no capítulo II da tese, intitulado metodologia de intervenção pedagógica e de intervenção.

para confirmar pontos descritos na primeira. Na perspectiva da tradição, as aulas práticas de Anatomia Humana não se constituem como novos espaços para construção de conhecimentos, servindo apenas para reforçar ou confirmar os conteúdos apresentados nas aulas teóricas. Em sentido oposto, a estratégia de intervenção pedagógica desenvolvida evitou a referida fragmentação, ao considerar as atividades laboratoriais como momentos para (re)construção de conhecimentos, através da replicação de experimentos históricos, por exemplo.

A supervalorização das aulas expositivas (preleções) foi outra característica que a estratégia de intervenção pedagógica buscou superar, recorrendo, para tal, a uma abordagem construtivista dos processos de ensino e aprendizagem (Coll et al., 1998; Zabala, 1998). Nessa abordagem, os professores consideram, entre outras coisas, o conhecimento prévio dos sujeitos e o trabalho em grupos de alunos, aspectos não contemplados em processos instrucionais focalizados, principalmente, em aulas expositivas. As preleções inviabilizam a interação entre os alunos e centralizam o processo educativo na figura do professor que atua como detentor/transmissor de conhecimentos – ao invés de mediador da aprendizagem – capaz de preencher a estrutura cognitiva dos alunos, considerados páginas em branco, ou tábulas rasas.

Em sentido diametralmente oposto aos imperativos da tradição de ensino anatômico, as crescentes demandas do século XXI requerem que os alunos desenvolvam outras competências para além da aprendizagem dos conteúdos específicos das disciplinas, sendo importante, nesse cenário de constantes transformações e competitividade, que os sujeitos desenvolvam-se metacognitivamente para que sigam aprendendo ao longo da vida (Martín & Moreno, 2009; Wilson & Bai, 2010). Além disso, alguns autores afirmam que o insucesso acadêmico de muitos alunos não deve ser analisado apenas em função dos problemas cognitivos, devendo-se considerar aspectos de natureza metacognitiva (Prins, Veenman & Elshout, 2006; Busnello, Jou & Sperb, 2012). Portanto, a estratégia de intervenção pedagógica implementada perseguiu, também, o desenvolvimento da metacognição (Zohar & Dori, 2012), com o objetivo específico de fazer com que os alunos refletissem sobre si mesmos, como aprendizes, e sobre a tarefa, objeto de aprendizagem. Alguns estudos referentes ao ensino da Anatomia Humana, no âmbito da Universidade (Terrel, 2006; Naug, Colson & Donnor, 2009), demonstraram o impacto positivo de ações voltadas ao desenvolvimento metacognitivo dos alunos.

A última característica da tradição de ensino anatômico, que se pretendeu superar no desenho da estratégia de intervenção pedagógica, prende-se à valorização, exclusiva, dos aspectos biológicos que concernem à aprendizagem do corpo humano. Considera-se que tal

valorização reduz o estudo da Anatomia Humana à memorização de estruturas anatômicas. Portanto, buscou-se romper com essa tradição recorrendo-se à humanização da disciplina Anatomia Humana, através da contextualização histórica do conhecimento referente à temática *Sistema Circulatório Humano*. Avaliou-se que esta abordagem poderia proporcionar o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, que contempla conteúdos de ordem epistemológica (dimensões da Natureza da Ciência) e de ordem científica (morfofunção do sistema circulatório humano), aspecto defendido por alguns pesquisadores que militam no campo do ensino de Ciências, entre eles, Gil Pérez (1993) e Matthews (1994).

## **1.2. Âmbito e objetivos do estudo**

O presente estudo enquadra-se no âmbito da especialidade Educação em Ciências, portanto, prende-se ao ensino e aprendizagem de Ciências, especificamente, no contexto do Ensino Superior. Assenta-se na avaliação do impacto educativo de uma estratégia de intervenção pedagógica, realizada no seio do componente curricular Anatomia Humana e focalizada na operacionalização de elementos de História e Filosofia da Ciência e na reflexão metacognitiva. Neste sentido, considera-se que o estudo insere-se numa linha de investigação dirigida à inserção de pressupostos da História e Filosofia da Ciência na Educação em Ciências. Trata-se de um estudo de caso, estruturado a partir dos seguintes objetivos de investigação:

- a) Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano;
- b) Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência;
- c) Identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano;
- d) Identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano.

## **1.3. Importância do estudo**

Nessa perspectiva, o primeiro aspecto a ser considerado refere-se à relevância das investigações sobre a prática docente, no caso específico, sobre a docência no campo da

formação de professores de Ciências. Julga-se que estudos neste campo podem colaborar com o desenvolvimento de inovações no ensino de Ciências, inclusive no nível superior de educação, contribuindo para a imprescindível renovação da pedagogia universitária. Este processo de renovação reveste-se de maior relevância ao considerarmos os cursos de Licenciatura, pois, de acordo com o Conselho Nacional de Educação (Brasil, 2002) se espera que nesses cursos haja:

“coerência entre a formação oferecida e a prática esperada do futuro professor, tendo em vista: (a) a simetria invertida, onde o preparo do professor, por ocorrer em lugar similar àquele em que vai atuar, demanda consistência entre o que faz na formação e o que dele se espera; (b) a aprendizagem como processo de construção de conhecimentos, habilidades e valores em interação com a realidade e com os demais indivíduos, no qual são colocadas em uso capacidades pessoais.”

(Brasil, 2002, p. 2)

Ainda com relação à investigação sobre a prática docente, julga-se que o presente estudo pode substanciar a pesquisa e o ensino da Anatomia Humana, principalmente no que tange ao ensino desta disciplina no âmbito da formação de professores de Ciências. Em termos específicos, considera-se que a presente investigação pode sustentar/respaldar a possibilidade de ensinar a temática *Sistema Circulatório Humano* através de elementos de História e Filosofia da Ciência. A sustentação dessa abordagem, focalizada em elementos histórico-filosóficos, pode ampliar a perspectiva de ensino e aprendizagem do referido sistema, direcionando-a a aspectos morfofuncionais e, também, epistemológicos.

O segundo argumento a favor da realização desta investigação, diretamente associado ao primeiro, prende-se ao fato de que a formação de professores de Ciências não deveria estar dissociada de discussões referentes à Natureza da Ciência, aspecto defendido por muitos pesquisadores do ensino de Ciências e expresso em documentos oficiais que orientam/regulamentam a prática docente, em diversas nacionalidades, inclusive Brasil e Portugal. Com base nesta assunção, a História e a Filosofia da Ciência deveriam ser elementos fulcrais dos currículos dos cursos de Licenciatura e deveriam perpassar várias disciplinas desses cursos. A transversalização destes elementos poderia favorecer uma melhor compreensão da Natureza da Ciência – aspecto significativo para a formação geral de professores de Ciências –, e, também, a aprendizagem do conteúdo específico das várias disciplinas. Tendo-se em conta os aspectos mencionados, considera-se pertinente investigar estratégias de intervenção pedagógica focalizadas nas dimensões histórico-filosóficas da Ciência, desenvolvidas em cursos de formação de professores de Ciências. Investigações nesta esfera podem contribuir para a compreensão

dos impactos dessas estratégias sobre as concepções dos alunos em relação à Natureza da Ciência e ao conhecimento substantivo de determinado campo disciplinar – no presente caso, da morfofunção do sistema circulatório humano.

Ao tomar os alunos/licenciandos como protagonistas do sistema educacional, tendo-se como base uma perspectiva socioconstrutivista do ensino e aprendizagem, torna-se relevante analisar as representações desses sujeitos acerca do valor educativo de uma estratégia de intervenção pedagógica focalizada na integração da História da Ciência. Tais representações podem alargar a compreensão sobre o valor atribuído a processos instrucionais assentes na História e Filosofia da Ciência, evitando-se uma visão eminentemente “professorcêntrica” do fenômeno educativo. Por tratar-se de uma intervenção voltada a alunos de um curso de Licenciatura, a interpretação de tais representações pode adquirir relevância singular para as investigações no campo do ensino de Ciências.

Por fim, a relevância deste estudo incide sobre as reflexões que surgem a partir do meu processo formativo como professor/pesquisador da minha própria prática docente. Tais reflexões podem contribuir para o meu desenvolvimento profissional no campo do ensino de Anatomia Humana e da formação de professores de Ciências, além de fornecerem experiência vicária para outros indivíduos que se situam no mesmo terreno de reflexões sobre a prática profissional.

#### **1.4. Limitações do estudo**

As limitações do presente estudo são decorrentes do processo de análise e tratamento dos dados e do período de tempo despendido para a estruturação da intervenção pedagógica.

A análise das respostas dos alunos à maioria das questões que compuseram dois instrumentos de investigação – atividades de aprendizagem e questionário final de avaliação global – ocorreu através do procedimento de análise de conteúdo. Considerando-se a subjetividade desse procedimento, condicionada pelas concepções do investigador, efetuou-se uma sequência de passos tendo em vista a diminuição do grau de subjetividade e, conseqüentemente, a validação interna do estudo. Assim, realizou-se uma primeira categorização das respostas dos alunos e após um período de três meses efetuou-se uma segunda categorização dessas respostas. Essa segunda categorização foi comparada com a categorização anteriormente efetuada e definiu-se, em conseqüência, uma nova categorização. A

terceira categorização foi analisada por um especialista da área de ensino de Ciências, procedimento que levou a definição de uma nova categorização das respostas dos alunos, após consenso entre as opiniões do especialista e do investigador. Essa quarta categorização foi submetida à análise do orientador da tese de doutoramento e, após as suas sugestões, definiu-se a quinta, e última, categorização dos dados. Outra possibilidade de validação do estudo relaciona-se à apreciação das atividades de aprendizagem e dos instrumentos de investigação utilizados, por alunos que não fizeram parte do presente estudo, em momento anterior à implementação da intervenção pedagógica. Essa ação não foi efetuada em virtude do tempo despendido para a estruturação da intervenção pedagógica. Desta forma, para diminuir as chances de ocorrência de constrangimentos decorrentes da interpretação das questões das atividades de aprendizagem e dos instrumentos de investigação, recorreu-se à realização de uma sequência de procedimentos durante o processo de elaboração das questões contidas nas atividades de aprendizagem e no guião da entrevista dos grupos focais – consideradas como as mais vulneráveis a problemas de interpretação. A sequência de procedimentos foi composta pelas seguintes fases: (1) elaboração da primeira versão das questões pelo professor-investigador; (2) sujeição desta primeira versão a um especialista da área de ensino de Ciências; (3) revisão/reelaboração das questões; (4) sujeição da segunda versão ao professor-orientador da tese de doutoramento; (5) redação final das questões, de acordo com as considerações/sugestões do professor-orientador da tese de doutoramento.

O longo período de tempo utilizado para a estruturação da estratégia de intervenção pedagógica inviabilizou a possibilidade de outros alunos, que não fizeram parte do presente estudo, apreciarem as atividades de aprendizagem e os instrumentos de investigação, que compuseram a intervenção, aspecto que poderia contribuir para a validação desses elementos, como mencionado anteriormente. O processo de estruturação da intervenção pedagógica foi pautado por tarefas de construção e reconstrução sucessivas não só pela complexidade do conhecimento histórico, mas também pela necessidade de assegurar a fiabilidade da imagem da Natureza da Ciência veiculada em cada ação. Além disso, foi fundamental que as atividades desenvolvidas contemplassem, também, a aprendizagem do conhecimento substantivo, ou seja, do conhecimento específico da Anatomia Humana, componente curricular alvo da intervenção. Portanto, sublinha-se que a procura e seleção de fontes de informação, capazes de contribuir para um trabalho que conjugou os conhecimentos histórico, filosófico e disciplinar, foi um grande desafio e, possivelmente, o principal limite/constrangimento para a implementação da

intervenção pedagógica, cerne da presente investigação.

### 1.5. Estrutura geral da tese

O texto que compõem a presente tese está organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo – *Da contextualização à definição do estudo* – descreve o contexto que motivou a realização de investigação, os objetivos, a relevância e as limitações do estudo, além da estrutura geral da tese.

O segundo capítulo – *Revisão de literatura* – focaliza-se nos subsídios teóricos que fundamentaram o presente estudo. Na primeira seção deste capítulo, discute-se a operacionalização educativa da História da Ciência no âmbito da formação de professores. Na segunda e terceira seções, exploram-se, respectivamente, elementos da História do Sistema Circulatório e dimensões da Natureza da Ciência, aspectos que serviram de aportes teóricos para a estruturação da estratégia de intervenção pedagógica.

O terceiro capítulo – *Metodologia de intervenção pedagógica e de investigação* – expõe inicialmente o plano geral do estudo. Em seguida, apresenta-se a estratégia de intervenção pedagógica. Posteriormente, apresentam-se as opções metodológicas de investigação.

O quarto capítulo – *Apresentação e análise de resultados* – incide, primeiramente, no impacto educativo da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência. Posteriormente, expõem-se o valor educativo apontado pelos alunos à abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano. Finalmente, apresenta-se os constrangimentos na abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano.

O quinto capítulo – *Conclusões, implicações e sugestões* – apresenta as principais conclusões do presente estudo, aponta propostas de desenvolvimento/continuidade da intervenção pedagógica, aborda as implicações para o Ensino da Anatomia Humana e propõe sugestões para futuras investigações.

Por fim, apresentam-se a bibliografia e os anexos do presente estudo.



## II – REVISÃO DE LITERATURA

### Introdução

O capítulo de revisão de literatura coloca em evidência os aportes teóricos que fundamentaram a presente investigação e está constituído por três seções. A primeira seção incide sobre a operacionalização educativa da História da Ciência na formação de professores e destaca algumas fontes de informação utilizadas nesse processo. A segunda seção contempla uma história do sistema circulatório, organizada de acordo com os conteúdos substantivos trabalhados ao longo da estratégia de intervenção pedagógica. Finalmente, a terceira seção focaliza-se em quatro dimensões da Natureza da Ciência, processo de criação científica, evolução do conhecimento científico, contexto da atividade científica e imagem do cientista, trabalhadas/investigadas no presente estudo.

### 2.1. Operacionalização educativa da História da Ciência na Formação de Professores

O valor atribuído à utilização da História da Ciência, como elemento integrante do ensino de Ciências, pode ser dimensionado através da análise das reformas/reorganizações curriculares por que passaram diversos países europeus (Duarte, 2004) e os Estados Unidos da América (Matthews, 1994). No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais referentes ao ensino fundamental descrevem a relevância da História da Ciência para o ensino de Ciências, apesar de algumas limitações nessa descrição, como a apresentação de uma visão linear da História da Ciência (Flôr & Cassiani, 2005). Os seguintes excertos dos Parâmetros Curriculares Nacionais, que integram a lista de capacidades que os alunos do ensino fundamental deveriam desenvolver, ilustram a perspectiva de inserção da História da Ciência contemplada por este documento:

“Compreender a Ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural;”

“Identificar relações entre conhecimento científico, produção de tecnologia e condições de vida, no mundo de hoje e em sua evolução histórica, e compreender a tecnologia como meio para suprir necessidades humanas, sabendo elaborar juízo sobre riscos e benefícios das práticas científico-tecnológicas;” (Brasil, 1998. p.33)

Quanto aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, os seus autores também consideram, mesmo que de forma pouco sistematizada (El-Hani, 2006), a importância da dimensão histórica para o ensino das Ciências. Entre as competências e habilidades que os alunos deveriam desenvolver no ensino médio, encontram-se:

“Reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.”

“Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.” (Brasil, 2000. p.13)

No tocante ao ensino de Biologia, tópico diretamente associado à presente investigação – empreendida em um curso de Licenciatura em Biologia –, os autores do Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio referem-se aos seguintes contributos da abordagem histórico-filosófica:

“Elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associados a seu momento histórico.” (Brasil, 2000. p.13)

Para Gooday, Lynch, Wilson & Barsky (2008, p. 324, tradução nossa) “a história da ciência cultiva formas particularmente importantes de conhecimento e compreensão sobre a ciência que não podem ser obtidas de forma tão eficaz por quaisquer outros meios”. Endossando esse ponto de vista, McComas (2011) destacou que a utilização da História da Ciência auxilia os alunos a compreender a relação entre ciência e sociedade e as conexões e distinções entre ciência e tecnologia, tornando o ensino mais desafiador. Além disso, esse autor considerou que a História da Ciência favorece o desenvolvimento do raciocínio e contribui com a formação de professores, auxiliando-os em seus aprendizados *sobre* a Ciência.

No que tange à inclusão da História da Ciência nos currículos acadêmicos para a formação docente, Pereira & Amador (2007) afirmam que este processo é necessário, pois possibilitaria aos professores a aquisição de:

“conhecimentos em temas como o reconhecimento e a interpretação de episódios de evolução teórica no decurso da história, tipificando e exemplificando diversas situações. Não esquecendo

também a necessidade de contextualização da informação histórica, chamando a atenção para os inúmeros aspectos sócio-econômicos, políticos, religiosos, etc. que influenciam a prática científica.”  
(p. 213)

Em sentido complementar, Kokkotas, Piliouras, Malamitsa & Stamoulis (2008) declararam que a utilização da História da Ciência, no âmbito da formação de professores, pode contribuir para a gradual apropriação dos significados contemporâneos das Naturezas do Ensino, da Aprendizagem e da Ciência. Em especial, os contributos da História da Ciência para a (re)construção de visões de professores sobre a Natureza da Ciência<sup>19</sup> tem sido objeto de substantiva consideração por parte de alguns investigadores (Lin & Chen, 2002; Howe & Rudge, 2005; Oki & Moradillo, 2008; Rudge & Howe, 2009; Teixeira, Freire Junior & El-Hani, 2009; Rudge, Cassidy, Fulford & Howe, 2013).

Apesar da existência desse conjunto de argumentos/diretrizes a favor da utilização da História da Ciência no ensino de Ciências e do reconhecimento deste pela comunidade internacional, “há pouca inclusão da história da ciência, quer em livros didáticos ou no discurso de sala de aula” (McComas, 2011, p.39, tradução nossa), aspecto endossado por vários investigadores (Leite, 2002; Lin & Chen, 2002; Flôr & Cassiani, 2005; Teixeira, Freire Junior & El-Hani, 2009; Zanotello, 2011).

Duarte (2004) afirma que as reformas/reorganizações curriculares não têm sentido sem modificações na formação de professores, os quais irão implementar práticas de ensino de Ciências, associadas a História da Ciência. Em seu estudo, a autora apresenta uma série de pesquisas que evidenciaram a lacuna nas formações inicial e continuada de professores portugueses que ensinam ciências, no que tange à História da Ciência. No contexto brasileiro, os autores dos Parâmetros Curriculares Nacionais referentes ao ensino fundamental descreveram a importância da inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino, como mencionado acima, mas afirmam que tal processo torna-se um desafio para o professor de ciências, em virtude das limitações de sua formação inicial, desprovida de referências sobre essas questões (Flôr & Cassiani, 2005).

“O fato de os cursos de licenciatura em ciências naturais, na maioria dos casos, não contemplarem reflexões de ordem filosófica e epistemológica acerca do empreendimento científico parece ser, um

---

<sup>19</sup> Lederman (2007, p. 833, tradução nossa) sintetiza os princípios fundamentais do conceito de Natureza da Ciência: “O conhecimento científico é provisório (sujeito a alteração), empiricamente fundamentado (baseado e/ou derivado de observações do mundo natural), e subjetivo (envolve antecedentes pessoais, preconceitos, e/ou é carregado de teoria); necessariamente envolve inferência humana, imaginação, criatividade (envolve a invenção de explicações); e é social e culturalmente incorporado. Dois aspectos importantes são a distinção entre as observações e inferências, e as funções e relações entre teorias e leis científicas.”

dos mais imponentes obstáculos à utilização da história da ciência em sala de aula pelo professor. Desprovido muitas vezes de um conhecimento mais amplo sobre essas discussões, o professor acaba deixado à mercê de suas próprias vivências e interpretações, que poderão servir como base para a atuação em sala de aula.” (Flôr & Cassiani, 2005, p. 3).

Tais problemáticas aliam-se, também, aos argumentos propostos por Monk & Osborne (1997) para o fracasso da inclusão de HFC, no ensino de Ciências. Para esses investigadores, há uma excessiva preocupação dos professores com a aprendizagem dos conteúdos científicos e com a consequente administração da sala de aula, para atingir esse fim. Tais aspectos podem estar associados, entre outras coisas, a limitações na formação inicial dos professores.

Assim, como elucidado por Duarte (2004), as dificuldades para a inclusão da História da Ciência no ensino de ciências só poderão ser superadas mediante uma formação docente direcionada a tal perspectiva. No Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas<sup>20</sup> apontam que os biólogos, bacharéis<sup>21</sup> ou licenciados, deverão adquirir em sua formação inicial a seguinte, entre várias competências: “entender o processo histórico de produção do conhecimento das ciências biológicas referente a conceitos/princípios/teorias.” (Brasil, 2001, p. 4).

Segundo Matthews (1994), professores de ciências comprometidos com a utilização da História da Ciência poderiam contribuir para um ensino de melhor qualidade, dentro de uma perspectiva humanística, crítica, desafiadora e coerente com o desenvolvimento da Ciência. No âmbito da formação de professores de química, Fernández, Quintanilla & Blancafort (2010, p. 282, tradução nossa) completam tal perspectiva ao fazerem as seguintes considerações:

“é essencial reconhecer o papel do professor como mediador entre a evolução histórica do conhecimento científico e o conhecimento científico escolar, razão pela qual, se reconhece que o ensino das ciências e a formação docente tem que considerar uma ressignificação das bases que as sustentam, para assim tratar de formular novas propostas, como a inclusão da História da Ciência na formação de professores, que visa permitir uma maior participação do docente de química na construção de seu conhecimento profissional e científico.”

Além de todos esses aspectos, considera-se que os professores de ciências deveriam possuir um conhecimento amplo sobre a disciplina que ministram e a riqueza da História da

---

<sup>20</sup> Refiro-me, especificamente, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas, porque a intervenção pedagógica, cerne da presente investigação, foi implementada em um curso de Licenciatura em Biologia.

<sup>21</sup> No Brasil, bacharéis são indivíduos que concluíram um curso de bacharelado. Tais cursos fornecem ao diplomado competências, em um campo do saber específico, necessárias ao exercício de atividade profissional ou acadêmica.

Ciência poderia contribuir com a construção desse arcabouço teórico, mesmo que todo esse repertório não seja explorado, diretamente, no ambiente da sala de aula (Matthews, 1994). Segundo Zanotello (2011, p. 989):

“não parece concebível que um bom professor de ciências não possua conhecimentos sólidos em relação a sua disciplina no que tange à terminologia por ela utilizada, aos seus objetivos por vezes conflitantes e ao seu caráter cultural e histórico.”

Por outro lado, não devemos esperar que os futuros professores de ciências se tornem historiadores, filósofos ou sociólogos da ciência, portanto, deve-se planejar objetivos modestos ao ensinar conteúdos científicos, com recurso a História da Ciência (Matthews, 1998). Nessa direção, julga-se pertinente enfatizar a licença que os professores de ciências devem ter para desvencilharem-se dos detalhes da História da Ciência, quando tais minúcias prejudicarem objetivos de aprendizagem mais relevantes (Rudge & Howe, 2009).

Tendo em consideração os argumentos apresentados, alguns investigadores tem se debruçado sobre a operacionalização educativa da História da Ciência no contexto da formação de professores (Howe & Rudge, 2005; Oki & Moradillo, 2008; Rudge & Howe, 2009; Teixeira, Freire Junior & El-Hani, 2009; Boss, Filho & Caluzi, 2010; Teixeira, Silva Neto, Freire Júnior & Greca, 2010; Zanotello, 2011; Ferreira, Imasato & Queiroz, 2012; Rudge, Cassidy, Fulford & Howe, 2013; Zanotello & Almeida, 2013). A subsequente descrição e análise dessas pesquisas pretendeu contribuir com a construção de um quadro teórico capaz de evidenciar algumas das possibilidades de exploração da História da Ciência, no âmbito da formação de professores.

Os estudos analisados foram agrupados com base na *fonte de informação* que os investigadores disponibilizaram aos alunos/licenciandos, tendo em vista a introdução da História da Ciência no contexto da formação de professores. Nesse sentido, os trabalhos foram organizados de acordo com as seguintes fontes de informação: (a) textos originais de cientistas; (b) textos de divulgação científica, (c) dados de pesquisas analisados por cientistas do passado; (d) artigos científicos; (e) replicação de experimentos históricos; (f) múltiplas fontes de informação.

## Textos originais de cientistas

Nesta subseção foram descritas as investigações que utilizaram, exclusivamente, trabalhos originais como *fonte de informação* para operacionalização da História da Ciência, em cursos de formação de professores. Na abordagem histórica, focalizada na interação com os trabalhos originais, os alunos têm contato direto com os textos escritos pelos próprios cientistas, filósofos naturais etc. e, após a leitura dos mesmos, ocorrem discussões. Nesse tipo de abordagem, os alunos podem ler: (a) o trabalho original em sua totalidade; (b) resumos da obra; (c) um único artigo ou um conjunto de artigos relacionados a um cientista ou cientistas, associados à mesma descoberta (McComas, 2011).

O estudo de Zanotello (2011), desenvolvido com alunos (bacharelandos e licenciandos) de uma disciplina denominada Fenômenos Térmicos, analisou o sentido dado pelos alunos à leitura de textos originais nas áreas de termodinâmica e teoria cinética dos gases. O autor utilizou os seguintes textos: (1) *A Expansão dos Gases pelo Calor*, de Gay-Lussac; (2) *O Poder motriz do calor*, de Carnot; (3) *Entropia e Probabilidade*, de Boltzmann; (4) *A Escala de Fahrenheit*, de Fahrenheit; (5) *Calor Latente*, de Black; e (6) *A Distribuição das Velocidades Moleculares*, de Maxwell. Todos os textos foram retirados do livro *A source book in Physics*, de autoria de William Francis Magie. Após a leitura dos textos, os alunos responderam a um questionário com as seguintes questões (Zanotello, 2011, p. 994):

“1. O que você entendeu desse texto? 2. O que você achou do texto? Foi uma leitura fácil ou difícil? Em comparação com os livros didáticos através dos quais você estuda, você achou o texto mais interessante? Justifique. 3. Você acha que esse texto pode contribuir para o entendimento do conteúdo que está sendo estudado na disciplina? Em caso afirmativo, em quais aspectos? 4. Escreva suas dúvidas, aquilo que você não entendeu ao ler o texto. Há alguma coisa a mais que você gostaria de saber sobre o assunto e que o texto não detalha ou não explica o suficiente? Em termos gerais, responda também: 5. Você teria interesse em ler outros textos escritos por cientistas? Em caso afirmativo, sobre quais assuntos? 6. Você acha que a inserção de tópicos de história das ciências nas disciplinas que estuda seria interessante? Justifique.”

Com base nas respostas às questões mencionadas acima, Zanotello (2011) identificou que a maioria dos alunos achou interessante a leitura dos textos originais, pois esses materiais contemplaram as dificuldades enfrentadas pelos cientistas do passado, aspecto que, segundo o autor, contribuiu para que os alunos se identificassem com esses cientistas, já que aqueles

também enfrentam dificuldades em seus processos de aprendizagem. Além disso, as dificuldades encontradas pelos cientistas contribuíram, segundo os alunos, para a humanização da Ciência, demanda importante do ensino de Ciências (Gil Pérez et al., 2001; McComas, 2002).

Outras questões relevantes, como a compreensão da influência de aspectos socioculturais no desenvolvimento científico e a percepção do caráter dinâmico e coletivo da empreitada científica, estavam patentes nas respostas dos alunos ao questionário, evidenciando o papel dos textos autênticos no desenvolvimento de visões aceitas sobre Ciência (El-Hani, 2006). Finalmente, muitos alunos que integraram o estudo de Zanotello (2011) consideraram que os textos originais contribuíram para a compreensão: (a) da metodologia empregada pelos cientistas; (b) de como determinadas conclusões foram obtidas, evitando-se, dessa forma, um ensino de física baseado, exclusivamente, na apresentação de um conjunto de fórmulas e cálculos matemáticos.

A análise efetuada no estudo de Zanotello (2011), quanto aos constrangimentos referentes à utilização de originais de cientistas, demonstra a importância da mediação do professor quando há a exploração desses materiais. Nesse trabalho, os alunos apresentaram algumas dificuldades de leitura, devido à linguagem rebuscada e a complexidade de alguns textos, aspecto que gerou equívocos na interpretação das ideias e que poderia ser parcialmente contornado se o professor tivesse destinado maior tempo para trabalhar a História da Ciência, em seu curso. Nessa intervenção, cada aluno recebeu três, dos seis textos mencionados acima, e tiveram o período de um mês para ler os mesmos. Apesar desse tempo para a leitura, os alunos dispuseram de uma aula apenas para discutir ou dirimir eventuais dúvidas, o que provavelmente dificultou a atividade mediadora do professor, efetuada em uma turma com 63 alunos.

Uma possibilidade sugerida por Zanotello (2011), para colmatar os referidos problemas, seria responder às dúvidas dos alunos durante o desenvolvimento dos conteúdos da disciplina, considerando-as, também, no processo de preparação das aulas seguintes. Essa reestruturação do curso se aproximaria de uma abordagem intermediária para a introdução da História da Ciência, de acordo com a categorização<sup>22</sup> proposta por Matthews (1994).

---

<sup>22</sup> Segundo Matthews (1994), as abordagens para introdução da História da Ciência, no âmbito do ensino de ciências, poderiam ser classificadas em três tipos, de acordo com o grau/intensidade de integração da História da Ciência: minimalista, intermediária ou maximalista. Na abordagem minimalista, a História da Ciência seria introduzida em um curso de ciências como um “pano de fundo histórico” para os tópicos da atualidade, considerando-se breves biografias dos cientistas (Matthews 1994). A história ficaria restrita à introdução de um novo tópico, servindo, por exemplo, como uma anedota ou introdução a um novo modelo científico, como o modelo atômico (Höttecke & Silva, 2011). Por outro lado, a abordagem maximalista visaria à organização de um curso de ciência a partir de suas bases históricas (Matthews, 1994), sendo que as

A pesquisa realizada por Boss, Filho & Caluzi (2010) avaliou os contributos da leitura do texto original “Primeira Memória”, de autoria de Charles Augustin de Coulomb, para a aprendizagem da Lei de Coulomb, no contexto da formação de professores de física, mais especificamente na disciplina de Física Geral III. Esse texto foi discutido na íntegra com os alunos através da seguinte metodologia (Boss, Filho & Caluzi, 2010, p. 200):

“Para trabalhar o texto em sala de aula foi solicitado a alguns alunos que fizessem a leitura dele em voz alta, de forma que cada aluno lesse um parágrafo. Então, a cada parágrafo era feita uma discussão sobre aquilo que estava sendo lido. Os pesquisadores procuravam sempre fazer perguntas aos alunos de forma que por meio das respostas se estabelecesse uma discussão sobre o texto. Quando necessário, os pesquisadores procuravam explicitar e detalhar melhor o seu conteúdo. Para facilitar o entendimento do aparato e do procedimento experimental utilizado por Coulomb, a figura da balança de torção foi projetada utilizando-se um projetor multimídia.”

Os investigadores evidenciaram que a metodologia empregada, baseada na leitura e discussão do texto original, foi capaz de contribuir para a aquisição de elementos conceituais importantes, referentes ao processo de proposição do conceito de lei de força elétrica. Em outras palavras, a análise das respostas dos alunos a questionários aplicados, após a leitura dos textos, evidenciou que 84% dos alunos expressaram a lei de Coulomb de forma correta, adquirindo, assim, subsídios para a aprendizagem de força elétrica. As palavras de Boss, Filho & Caluzi (2010, p. 211), alicerçados na perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel, sintetizam os ganhos dos licenciandos em Física, decorrentes da abordagem histórica do conteúdo:

“Neste trabalho, verificamos que os sujeitos da pesquisa adquiriram alguns subsunçores com as discussões do texto histórico em sala de aula, o que pode, posteriormente, subsidiar a aprendizagem significativa do conceito de força elétrica. Ressaltamos que a disponibilidade de conteúdo relevante (subsunçores) na estrutura de conhecimento de um aprendiz é uma variável decisiva para a aprendizagem significativa.”

Enquanto o trabalho de Zanotello (2011) referiu-se ao potencial dos textos originais para subsidiar aprendizagens voltadas à Natureza da Ciência e a conceitos científicos, a investigação

---

dimensões filosóficas, culturais e históricas permeariam todo o curso (Teixeira, Freire & El-Hani 2009). Na abordagem intermediária, o processo histórico de construção de determinado conteúdo científico seria desenvolvido recorrendo-se a um quadro teórico composto pela história intelectual, pessoal e social, referente a esse conteúdo. Nessa abordagem, o conteúdo poderia ser colocado na perspectiva de uma narrativa em desenvolvimento (Matthews, 1994). Segundo Brush (1989), é mais interessante que os professores utilizem um único e bem fundamentado episódio da História da Ciência em seus cursos, ao invés de uma descrição superficial de vários tópicos ao longo da disciplina. Esse autor considera que não há problema no tratamento histórico de alguns conteúdos, enquanto outros são trabalhados em um formato mais tradicional, devido ao tempo limitado, por exemplo.

conduzida por Boss, Filho & Caluzi (2010) focalizou-se, apenas, nos contributos que essas fontes de informação podem ofertar para a aprendizagem de conceitos científicos. Avalia-se que os resultados dessas pesquisas subsidiam o emprego dos textos originais de cientistas, no âmbito da formação de professores.

### Textos de divulgação científica

“Divulgação científica é um termo comumente utilizado para designar textos não escolares que circulariam, em princípio, “fora” da escola. Não são, em princípio, textos feitos para a escola. A divulgação científica representa, até certo ponto, o espaço público da relação entre a ciência e as pessoas.” (Silva & Almeida, 2005, p. 156)

Tendo em consideração a importância de se diversificar as estratégias utilizadas nas aulas das disciplinas científicas, Zanotello & Almeida (2013) propuseram aos alunos, de uma disciplina de graduação introdutória, a leitura de um gênero textual distinto dos livros didáticos tradicionais – o texto de divulgação científica. O texto intitulado *O mundo é uma máquina complicada* – capítulo do livro *A Dança do Universo*, do físico brasileiro Marcelo Gleiser – foi a *fonte de informação* introduzida na disciplina em função de sua narrativa histórica, sobre o desenvolvimento da termodinâmica e da teoria cinética dos gases, desvinculada do formalismo matemático e associada a excertos retirados de originais de cientistas. Antes da leitura do texto, os alunos responderam à seguinte questão: *Como você explicaria para alguém o que é o calor? Elabore um pequeno texto.* Após a leitura do texto, os alunos responderam a outras três perguntas: (1) *Quais [são] suas dúvidas?*; (2) *Como você acha que se dá a produção de novos conceitos e a evolução do conhecimento científico?*; (3) *Você modificaria ou acrescentaria algo na resposta dada à primeira pergunta? Em caso afirmativo, o quê?* (Zanotello & Almeida, 2013, p. 119).

De acordo com os autores do trabalho, a leitura do texto de divulgação científica e o espaço criado para expressão das dúvidas, proporcionaram o surgimento de questões interessantes sobre a Ciência, sua produção e, também, sobre os conceitos científicos. Tais questionamentos nortearam a preparação das aulas seguintes do professor. Quanto às considerações dos alunos sobre a evolução do conhecimento científico, os autores da investigação destacaram algumas respostas dos alunos que tornaram explícito: (1) os conflitos entre teorias rivais; (2) o papel da tecnologia como elemento propulsor do desenvolvimento

científico; (3) a relação entre interesses econômicos e o desenvolvimento da Ciência; (4) a importância da fundamentação teórica dos cientistas para a produção de novos conceitos; (5) o papel da comunidade científica na aceitação de uma nova teoria (Zanotello & Almeida, 2013).

Além dos elementos vinculados à Natureza da Ciência, os autores perceberam que muitos alunos lograram avanços em suas concepções sobre o conceito de calor, em função da leitura do texto de divulgação científica. As seguintes palavras de Zanotello & Almeida (2013, p.129) sintetizam o papel atribuído, pelos autores, ao texto de divulgação científica, no âmbito do ensino de física:

“os manuais didáticos tradicionalmente usados nas disciplinas de Física básica, em nossas universidades, pouco destacam, por exemplo, aspectos da história da ciência e suas implicações sociais, e por vezes apresentam os conceitos de modo sucinto, sem uma discussão mais ampla sobre seus significados. Esses enfoques, em geral, os textos de divulgação procuram trazer. Por isso, uma articulação planejada entre a prática habitual e a perspectiva de outras mediações, como as propiciadas pela leitura de textos de divulgação e de outros gêneros literários, tende a contribuir positivamente para a formação do estudante, em um contexto mais amplo de objetivos para o ensino de ciências.”

Ferreira, Imasato & Queiroz (2012) investigaram os contributos de textos de divulgação científica – dois capítulos do livro *Tio Tungstênio: Memórias de uma Infância Química*, de autoria de Oliver Sacks – para a aprendizagem de alunos de licenciatura em química, que cursavam a disciplina Fundamentos de Química Estrutural. De acordo com a descrição dos autores:

“Para a aplicação da proposta de ensino foram selecionados os capítulos “O Jardim de Mendeleiev” (capítulo 16) e “Luz Brilhante” (capítulo 24). No primeiro, Oliver Sacks relata seu primeiro contato com a Classificação Periódica dos Elementos Químicos. Este relato extrapola a simples narração dos fatos e se constitui numa descrição minuciosa de diversos aspectos inerentes à Tabela Periódica. Em Luz Brilhante o autor faz uma narrativa dos fatos históricos que envolveram a teoria atômica, descrevendo minuciosamente as experiências realizadas por cientistas como Prout, Moseley, Rutherford, Bohr, entre outros.” (Ferreira, Imasato & Queiroz, 2012, p. 50)

No trabalho em sala de aula, foi proposto que os alunos elaborassem questões e produzissem textos referentes ao conteúdo desses dois capítulos do livro. As discussões presentes no artigo publicado por Ferreira, Imasato & Queiroz, em 2012, se restringiram aos aspectos associados às questões elaboradas pelos alunos. Esses autores classificaram as 194 questões, produzidas pelos 45 alunos incluídos na investigação, de acordo com os objetos de

conhecimento configurados pelos alunos. Nesse sentido, as questões foram categorizadas em abordagem: (a) científica internalista - relacionadas ao trabalho científico propriamente dito, ou seja, métodos de recolha de dados, experimentos etc.; (b) científica externalista - referentes ao contexto de produção do conhecimento científico, a vida dos cientistas, a importância das descobertas e sobre a aceitação ou rejeição de teorias; (c) conceitual definição - focalizadas na definição de palavras, conceitos; (d) conceitual explicação - voltadas a explicações sobre fenômenos e conceitos; (e) cotidiana – associadas ao estabelecimento de relações entre a temática e a vivência dos alunos; (f) histórica - focalizadas nos aspectos históricos associados ao surgimento das teorias e às condições de vida e trabalho dos cientistas, em determinado período; (g) assuntos gerais - voltadas a aspectos não científicos.

Segundo Ferreira, Imasato & Queiroz (2012), a confecção de questões categorizadas como *científica externalista* e *histórica* depôs a favor do potencial dos textos de divulgação científica para a construção de visões aceitas sobre a Natureza da Ciência.

“Merece destaque a ocorrência de questões relacionadas à produção da ciência. Tal fato nos permite sugerir que a atividade com os TDCs [textos de divulgação científica] forneceu uma perspectiva de formação em ciência mais ampla do que aquela exclusiva ou predominantemente centrada na compreensão de determinados produtos do conhecimento científico.” (Ferreira, Imasato & Queiroz, em 2012, p. 54)

Corroborando com as afirmações dos autores, a maioria dos alunos que participou do estudo declarou que a leitura dos textos de divulgação contribuiu para compreender como a Ciência é construída. Quanto ao aprendizado dos conteúdos científicos, os alunos relataram que o texto serviu para retirar dúvidas, em virtude de sua linguagem clara, além de ter facilitado o aprendizado devido à presença de associações entre os conteúdos científicos e as questões cotidianas (Ferreira, Imasato & Queiroz, 2012).

### **Dados de pesquisas analisados por cientistas do passado**

Passa-se agora a análise de dois trabalhos que investigaram a possibilidade de ofertar aos alunos, como *fonte de informação*, dados de pesquisas analisados por cientistas do passado. Recorrendo à história de um conteúdo específico, a anemia falciforme, Howe & Rudge (2005) desenvolveram uma intervenção pedagógica para que futuros professores dos anos iniciais do ensino fundamental compreendessem essa doença e alguns aspectos da Natureza da Ciência,

tais como a: (a) natureza das teorias científicas; (b) provisoriedade da Ciência; (c) distinção entre teorias e leis; (d) validade da observação na Ciência; (e) subjetividade na Ciência. Em sete aulas, das oito que compuseram a intervenção pedagógica, o professor ofertou aos alunos (futuros professores) dados sobre a anemia falciforme, analisados por cientistas de diferentes décadas do século XX, a exemplo de dados genealógicos construídos a partir de resultados de testes *in-vitro* e *in-vivo*, efetuados na década de 1940, ou resultados de fragmentos de DNA, obtidos via eletroforese, de proteínas de hemoglobina, provenientes de estudos de 1957.

Nesse cenário, objetivou-se que os alunos compreendessem a anemia falciforme ao assumirem, ativamente, o papel dos cientistas do passado, recapitulando o raciocínio desses para resolver questões problematizadoras postas nas várias aulas (Howe & Rudge 2005). Paralelamente à discussão histórica da anemia falciforme, foram inseridas questões reflexivas diretamente relacionadas aos dados ofertados aos alunos, no intuito de problematizar aspectos da Natureza da Ciência. Por exemplo, para discutir a subjetividade da Ciência, os autores utilizaram as seguintes questões: *Uma vez que todos vocês tiveram acesso aos mesmos dados, todos os membros de seu grupo chegaram à mesma conclusão em relação às altas frequências de portadores da doença misteriosa? Por que ou por que não?* (Howe & Rudge 2005, p. 429, tradução nossa). Por outro lado, para discutir o caráter provisório da Ciência, os autores efetuaram os seguintes questionamentos: *A sua teoria para explicar as frequências anormalmente altas de portadores se alterou em relação às aulas anteriores? Por que ou por que não? Se sim, que tipo de coisas precipitou sua mudança na teoria?* (Howe & Rudge 2005, p. 429, tradução nossa).

Segundo Howe & Rudge (2005), essa estratégia pedagógica permitiu associar a História da Ciência aos aspectos da Natureza da Ciência, garantindo, através de um planejamento, que questões sobre a Natureza da Ciência fossem discutidas em um ambiente onde os alunos pudessem elaborar suas próprias percepções sobre elementos da Natureza da Ciência, configurando-se, portanto, como uma abordagem explícita e reflexiva da Natureza da Ciência (Abd-El-Khalic & Lederman, 2000). Com essa abordagem, muitos alunos demonstraram um enriquecimento em suas visões sobre Natureza da Ciência, aspecto observado por meio de questionários e entrevistas que permitiram identificar a construção de argumentos baseada nos materiais históricos sobre anemia falciforme. Para Howe & Rudge (2005, p. 436, tradução nossa):

“As principais conclusões dessa investigação são de que se a abordagem é utilizada ou não, por curta ou longa duração, os professores devem ter os seus alunos assumindo mais ativamente o papel dos cientistas do passado, recapitulando os seus raciocínios para resolver um ‘problema’, de uma forma ou de outra. Além disso, para ajudar os alunos a desenvolverem as suas próprias concepções de Natureza da Ciência, como construtos cognitivos, os professores devem incorporar técnicas (por exemplo, desenhar questões e discussões de grupo) para que esses aspectos sejam explícita e reflexivamente considerados pelos alunos.”

Outra investigação que utilizou como *fonte de informação* dados de cientistas do passado foi desenvolvida por Rudge et al. (2013). Nessa pesquisa, estruturou-se uma intervenção pedagógica com o intuito de contribuir para que futuros professores de Biologia pudessem construir visões mais informadas sobre os seguintes elementos da Natureza da Ciência: (a) natureza das teorias e dos experimentos; (b) papel da subjetividade e criatividade na empreitada científica. Para atingir o referido propósito, os investigadores exploraram o fenômeno do melanismo industrial, relacionado às mariposas salpicadas *Biston betularia*. Essa intervenção pedagógica ocorreu em um curso introdutório de Biologia voltado a futuros professores da educação básica e teve a duração de três aulas, que compuseram uma unidade didática voltada à Biologia Evolutiva.

Na primeira aula da intervenção pedagógica, os alunos estudaram a descrição inicial da mariposa *Biston betularia*, caracterizada como de aparência pálida, salpicada, sem qualquer menção a outro tipo de forma. Em seguida, o professor compartilhou com os alunos a descoberta de uma forma negra dessas mariposas, perto de Manchester, Inglaterra, no ano de 1848, aspecto que motivou os naturalistas a procurarem outros exemplares. Na sequência, foram apresentados mapas da Inglaterra que evidenciaram o aumento na distribuição das mariposas pretas ao longo de cem anos. Os alunos relacionaram a distribuição das mariposas ao fenômeno ocorrido entre 1850 e 1950 – a Revolução Industrial. Finalmente, o professor solicitou que os alunos explicassem o motivo para a maior presença de mariposas pretas nas regiões mais industrializadas do país. Em geral, as explicações seguiram três vias: (a) seleção natural; (b) habilidade para individualmente mudar sua cor quando necessário; (c) resultado de mutações decorrentes da ingestão de toxinas pelas lagartas das mariposas (Rudge et al., 2013).

Na aula seguinte, o professor validou cada uma das três explicações, afirmando que cientistas do século XX utilizaram, de forma similar aos alunos, referenciais da Teoria da Seleção Natural de Darwin, da Teoria da Herança das Características Adquiridas de Lamarck e da Teoria

da Mutação de Devries para construção de seus argumentos sobre o fenômeno das mariposas. Em seguida, o instrutor utilizou a seguinte questão reflexiva para trabalhar um aspecto da Natureza da Ciência – a natureza das teorias – *Até agora, temos considerado três diferentes teorias que podem explicar o Fenômeno Misterioso [coloração das mariposas]. Vamos dar um passo para trás. O que é uma teoria em geral?* (Rudge et al., 2013, p. 1885, tradução nossa). Após os alunos responderem à questão em pequenos grupos e chegarem a um consenso no grupo turma, o instrutor utilizou outras questões reflexivas com o intuito de considerar se e como os cientistas escolhem entre teorias alternativas: *O que os cientistas fazem quando têm mais de uma teoria para o mesmo fenômeno? É este um assunto para todos terem, simplesmente, direito à sua própria opinião? Ou existem maneiras de escolher entre as alternativas?* (Rudge et al., 2013, p. 1885, tradução nossa). Os alunos responderam a essas questões afirmando que os cientistas conduzem experimentos para escolher entre determinadas teorias. A aula foi finalizada com os alunos concebendo ideias sobre como testar, através de experimentos ou observação, as três hipóteses referentes ao fenômeno misterioso.

A última aula da intervenção pedagógica iniciou-se com uma revisão sobre o que os alunos já tinham considerado a respeito do fenômeno misterioso e, logo após, foi fornecida uma síntese dos resultados de investigações de cientistas do passado, material que incluiu críticas e defesas de cada uma das hipóteses explicativas. Considerando o papel que as observações e os experimentos tiveram para testar as hipóteses dessas investigações do passado, o professor aproveitou o ensejo para focalizar a discussão em dimensões da Natureza da Ciência, especificamente nos aspectos vinculados à função dos experimentos na Ciência. Para tal, direcionou duas questões aos alunos:

“Até agora, temos usado o termo “experiência” de um modo rápido e solto para descrever como os cientistas testam explicações alternativas para os mesmos fenômenos. O que é um experimento em geral? (...) Os experimentos são sempre necessários para o progresso científico ser feito?” (Rudge et al., 2013, p. 1886, tradução nossa).

Após as discussões referentes às questões reflexivas, o professor apresentou um vídeo para explicar que o fenômeno misterioso deve ser entendido em termos de seleção natural. O professor usufruiu desse momento para considerar que tal fenômeno é muito mais complexo do que a exploração efetuada pelos livros didáticos. Em relação aos resultados da pesquisa, os autores consideraram que a intervenção foi capaz de contribuir: (a) na construção de visões

mais aceites sobre o que são teorias, embora não tenha ocorrido êxito no esclarecimento referente a se e como as teorias mudam ao longo do tempo; (b) parcialmente na apreciação do que é um experimento e o seu papel na Biologia. Quanto à questão da criatividade e sua participação nas várias etapas de uma investigação, os autores relataram que o professor perdeu a oportunidade de explorar tal ponto quando os alunos foram convidados, na segunda aula, a propor formas de testar as três explicações alternativas para o fenômeno misterioso (Rudge et al., 2013).

Como proposições para novos estudos, os autores declararam a importância de se reconhecer o papel que alguns episódios da História da Ciência têm para construir visões mais aceites sobre determinados elementos da Natureza da Ciência, enquanto outros aspectos devem ser discutidos através de episódios diferentes. Ademais, os autores sugeriram que futuras pesquisas nesse âmbito devem contemplar estratégias para identificar, de forma específica, que recursos contribuem para o desenvolvimento de visões mais aceites sobre determinado aspecto da Natureza da Ciência (Rudge et al., 2013).

### **Artigos científicos**

O estudo conduzido por Teixeira et al. (2010) analisou uma intervenção pedagógica em que o professor utilizou um artigo científico como *fonte de informação* para que os alunos construíssem argumentos no contexto do ensino de Física. O artigo intitulado *Uma exposição didática de como Newton apresentou a força gravitacional*, publicado na revista Física na Escola, no ano de 2004, foi trabalhado com alunos de uma disciplina inicial de um curso de Licenciatura em Física.

Esse artigo científico descreve como Newton valeu-se de um experimento de pensamento – a queda da Lua – para inserir, pela primeira vez na História da Ciência, a ideia de força gravitacional. Esse texto foi disponibilizado aos alunos antes das duas aulas que compuseram a intervenção pedagógica. No início da primeira aula, foi entregue um questionário, referente ao texto, composto pelas seguintes questões orientadoras das discussões:

“(1) Explique como Newton comparou a aceleração da Lua em sua órbita com a aceleração da gravidade na superfície da Terra. Quais os artifícios que ele utilizou para isso? (2) Que argumentos Newton utilizou para justificar a adoção de uma força proporcional ao inverso do quadrado da distância? (3) Qual o principal obstáculo enfrentado por Newton para introduzir a ideia de uma força

gravitacional de ação à distância? Que saída ele encontrou para minimizar o problema? (4) O que você entende por síntese newtoniana? Qual a importância e implicações dessa síntese? (5) Que argumentos Newton utilizou para adotar o sistema Heliocêntrico? (6) Que conclusões você chega sobre o trabalho de Newton depois da leitura do artigo e da atividade em classe?” (Teixeira et al., 2010, p. 66).

Na primeira aula, os alunos tiveram 50 minutos para discutir e responder às três questões orientadoras iniciais em grupos e, posteriormente, cada grupo apresentou para toda a turma seus argumentos, através de um processo de discussão mediado pelo professor. As outras três questões foram discutidas na aula seguinte, organizada nos mesmos moldes da primeira. A análise das interações discursivas na sala de aula teve como propósito identificar a qualidade dos argumentos construídos pelos alunos sobre a síntese newtoniana e o papel do artigo científico na construção desses argumentos. Foi possível inferir que os argumentos mais consistentes foram baseados no texto. Ademais, alguns dos argumentos dos alunos revelaram visões positivistas de ciência, aspecto esperado, pois se tratava de alunos de início de curso. Por seu turno, outros argumentos mostraram-se mais próximos de visões mais aceitas sobre a Ciência, provavelmente em função do material histórico utilizado e da estratégia pedagógica do professor, que contemplou elementos de HFC em suas abordagens (Teixeira et al., 2010).

### **Replicação de experimentos históricos**

Para ser considerada uma *fonte de informação* no ensino de Ciências, a replicação de experimentos históricos deve estar conectada, explicitamente, à História da Ciência. Portanto, as intervenções pedagógicas relacionadas à replicação de experimentos históricos devem estar associadas a pessoas específicas ou a eventos da história da descoberta científica (McComas, 2011).

Freitas & Freire Júnior (2005) replicaram o experimento histórico do plano inclinado de Galileu em uma disciplina ofertada no primeiro semestre de um curso de Licenciatura em Física. De acordo com os autores, a disciplina Física Básica I trabalha a evolução da mecânica do período grego até a síntese newtoniana, com recurso a uma abordagem histórica, assim:

“possui características bastante adequadas para a aplicação desse experimento com os alunos, pois no momento em que se estuda a cinemática de Galileu estamos também efetuando uma transição do modo aristotélico de descrição do movimento para um modo moderno. Um de nossos

pressupostos (...) era de que o uso desse experimento facilitava a compreensão do modo proposto no 'Duas Novas Ciências'<sup>23</sup>, de tal forma que pudéssemos compreender, de forma mais significativa, tanto o modelo de queda livre e do movimento uniformemente acelerado quanto a nova forma de se fazer ciência, aliando esforços teóricos com experimentais." (Freitas & Freire Júnior, 2005, p. 1, supressão nossa)

Os temas abordados por meio da replicação do experimento histórico foram: o método experimental de Galileu e a sua cinemática. No início da abordagem, o professor-investigador contextualizou o experimento histórico apresentando as objeções de Galileu ao modelo aristotélico, em seguida, desenvolveu o modelo teórico do próprio Galileu. Finalmente, o professor-investigador explicou o funcionamento do experimento, levando em consideração detalhes específicos da operação, como a contagem do tempo (Freitas & Freire Júnior, 2005).

"Realizamos o experimento para três distâncias percorridas, obtendo três medidas de tempo de queda do corpo através do plano. Com esses valores, efetuamos os cálculos e comparamos os três valores de aceleração para ver se eles se aproximavam de uma constante. Discutimos esses resultados e comentamos sobre o método experimental utilizado, discutindo se o experimento de um plano serve como evidência para o caso da queda livre e qual a natureza deste método, discutindo tanto a parte hipotético-dedutiva como a parte indutiva, comparando a indução realizada com a realizada no caso do isocronismo do pêndulo." (Freitas & Freire Júnior, 2005, p. 2)

Após a replicação do experimento, os alunos foram distribuídos em grupos de cinco indivíduos para que pudessem responder a algumas questões relacionadas ao experimento. As respostas dos alunos às questões e as observações da sala de aula permitiram aos investigadores assumirem que a estratégia pedagógica foi capaz de: (a) motivar a participação dos alunos por meio de questionamentos; (b) contribuir com as aprendizagens dos temas trabalhados; (c) romper com a fragmentação entre aulas teóricas e aulas experimentais; (d) contribuir para o entendimento do processo de elaboração de teorias e de transformação destas em experimentos executáveis (Freitas & Freire Júnior, 2005).

### **Múltiplas fontes de informação**

Nessa categoria, foram inseridos os estudos que utilizaram mais de um tipo de *fonte de informação*, ao trabalharem a História da Ciência nos cursos de formação de professores.

---

<sup>23</sup> Obra de Galileu Galilei.

A intervenção pedagógica analisada na investigação conduzida por Teixeira, Freire Junior & El-Hani (2009) combinou as seguintes fontes de informação: (a) textos originais; (b) textos de historiadores da Ciência; e (c) replicação de um experimento histórico. Essa intervenção foi desenvolvida ao longo da disciplina Fundamentos de Física I, cujo objeto de estudo é a mecânica clássica.

De acordo com os autores, o programa dessa disciplina inicia-se com a concepção dos gregos sobre movimento, com ênfase nas ideias de Aristóteles, passando às concepções medievais de movimento e às respectivas contribuições dos estudiosos de Oxford e Paris, no que tange ao tratamento matemático dos conceitos físicos. Em seguida, discutem-se os conflitos entre as visões de mundo aristotélico-tomista e galileana e as consequências sociais da revolução científica do século XVII. Posteriormente, exploram-se os contributos de Newton, a influência das ideias de Descartes sobre a elaboração da segunda lei de Newton e, em paralelo, estuda-se o papel das leis e teorias e suas inter-relações. Finalmente, a disciplina encerra-se com as críticas de Mach à teoria newtoniana, momento em que os autores integraram uma discussão referente ao carácter tentativo das teorias científicas (Teixeira, Freire Junior & El-Hani, 2009).

As palavras dos autores clarificam as múltiplas fontes de informação utilizadas no período em que a investigação foi conduzida:

“No semestre em que foi realizada a intervenção relatada no presente trabalho, textos originais de Galileo, Newton e Descartes foram trabalhados em sala de aula, além de textos de historiadores das ciências, como Koyré, Thuillier, Drake, entre outros. Entre os recursos didáticos empregados, encontrava-se um aparato experimental, a saber, um pêndulo simples. Foi realizada, na sala de aula, a reprodução e discussão do experimento do pêndulo simples, minuciosamente descrito e supostamente realizado por Galileo. Neste ponto, foram discutidas as controvérsias entre historiadores como Koyré (1982) e Drake (1980) quanto à verossimilhança da realização de tais experimentos por Galileo, e problemas relativos aos contextos da descoberta e da justificação no trabalho desse naturalista, colocando-se em questão, neste caso, posições discordantes, como as de Mach (1949) e Settle (1967).” (Teixeira, Freire Junior & El-Hani, 2009, p. 538)

Para avaliar a intervenção pedagógica, os investigadores valeram-se da interpretação das repostas dos futuros professores a questionários e entrevistas. Os resultados da investigação demonstraram a ocorrência de: (a) diminuição das visões empirista e realista ingênua; (b) maior diversificação nas visões sobre os métodos científicos e o papel dos experimentos na Ciência; (c) maior compreensão sobre a influência de fatores sociais na produção do conhecimento

científico; e (d) maior percepção da natureza provisória do conhecimento científico. Tais aspectos permitiram inferir que ocorreram ganhos na compreensão dos alunos (futuros professores) quanto à Natureza da Ciência (Teixeira, Freire Junior & El-Hani, 2009).

Oki & Moradillo (2008) também empregaram múltiplas fontes de informação em uma investigação conduzida no âmbito da disciplina História da Química, componente curricular de um curso de Licenciatura em Química. Na intervenção pedagógica implementada por esses investigadores, foram disponibilizados aos licenciandos as seguintes fontes de informação: (a) textos de filósofos da Ciência; (b) textos de historiadores da Ciência; (c) artigos científicos; (d) textos não publicados, produzidos pelos próprios investigadores. A proposta pedagógica foi investigada com o intuito de analisar a influência de uma abordagem explícita de conteúdos de Filosofia da Ciência, pautada em considerações sobre diferentes contextos históricos, sobre as concepções prévias dos alunos a respeito da Natureza da Ciência.

Nas aulas planejadas pelos investigadores, foram realizadas discussões de textos relacionados aos seguintes contextos históricos: (1) os primórdios da química / o período das artes práticas; (2) a filosofia grega; (3) a alquimia; (4) a transição da alquimia para a química; (5) a revolução científica nos séculos XVI e XVII; (6) a teoria do flogisto / as leis de combinação química e a hipótese atômica do século XIX; (7) a revolução científica de Lavoisier; (8) a origem do conceito de átomo e do atomismo daltoniano; (9) controvérsias sobre o atomismo no século XIX. A exploração desses contextos históricos foi associada, respectivamente, aos seguintes conteúdos de ordem epistemológica: (1) a origem do conhecimento científico; (2) a concepção de Ciência; (3) demarcação entre Ciência e não Ciência; (4) a metodologia científica; (5) a experimentação na produção do conhecimento científico; (6) relações entre hipótese, lei, teoria e observação; (7) imagem do cientista; (8) o contexto da descoberta científica; e (9) os modelos na Ciência (Oki & Moradillo, 2008).

Segundo Oki & Moradillo (2008), cada contexto histórico/conteúdo epistemológico foi discutido a partir de uma sequência de ações composta por três momentos. No primeiro momento, o conhecimento prévio dos alunos, sobre aspectos da Natureza da Ciência, foi identificado através de questões problematizadoras. Nas aulas seguintes, foram realizadas discussões de textos relacionados aos conteúdos mencionados anteriormente. Após as discussões dos textos, entre alunos e professor, esses se reuniram em grupos (segundo momento) e voltaram a discutir as respostas dadas no primeiro momento. No terceiro momento, os alunos responderam às questões problematizadoras outra vez.

De acordo com os autores, a abordagem desenvolvida ao longo da disciplina História da Química proporcionou ganhos em relação ao conhecimento epistemológico dos alunos e a aprendizagem de conceitos químicos. A construção de conhecimentos epistemológicos pode ser ilustrada através da resposta de um aluno à seguinte questão problematizadora: *Existe um método científico? Se a sua resposta à pergunta anterior for afirmativa, quais as etapas envolvidas neste método?* O referido aluno respondeu, no primeiro momento da intervenção, da seguinte forma: *Existe. Pesquisa; Observação e Experimentação* (Oki & Moradillo, 2008, p. 79). Essa resposta revela uma concepção positivista de ciência que deposita a segurança do conhecimento científico nos processos de observação e experimentação e que concebe o método científico como uma sequência de etapas para se chegar ao conhecimento científico. No segundo momento, quando ocorreu a discussão entre alunos e professor, esse aluno já apresentava uma concepção mais alinhada a perspectivas pós-positivistas, aspecto evidenciado em sua fala: *Eu sempre pensei que existia um método científico, depois que li o texto, eu não continuo pensando num método científico fixo, único, mas existem métodos, maneiras de se chegar aos resultados e não etapa por etapa* (Oki & Moradillo, 2008, p. 80). Esse e outros exemplos contribuíram para que os autores considerassem, ao término da investigação, a disciplina História da Química como espaço privilegiado para (re)construções de ideias sobre a Natureza da Ciência. Apesar disso, os pesquisadores julgaram pertinente a identificação de outros espaços curriculares para o trabalho de conteúdos epistemológicos, tendo em vista a melhor formação dos futuros professores de Química (Oki & Moradillo, 2008).

Em síntese, a leitura e interpretação dos trabalhos elencados na presente subseção permitiu a estruturação de algumas considerações associadas à inserção da História da Ciência no campo da formação de professores:

- a) Os *textos originais de cientistas* são fontes de informação que podem subsidiar a aprendizagem de conteúdos científicos e conteúdos epistemológicos atrelados à Natureza da Ciência;
- b) A leitura dos *textos originais de cientistas* pode proporcionar dificuldades de interpretação textual, em virtude da linguagem manifestada nessas fontes de informação. Portanto, o trabalho com esses materiais pode requerer momentos de mediação proporcionados pelo professor;
- c) Os *textos de divulgação científica* podem contribuir para uma formação de professores de Ciências focalizada em objetivos mais alargados, como a aprendizagem de

- aspectos da história da Ciência e suas implicações sociais. Além disso, essas fontes de informação podem contribuir para a aprendizagem de conteúdos científicos;
- d) A utilização de *dados de pesquisas analisados por cientistas do passado* possibilita que os alunos recapitem o raciocínio empregado por cientistas do passado, para a resolução de problemas científicos, aspecto que favorece a aprendizagem;
  - e) O recurso dos *dados de pesquisas analisados por cientistas do passado* pode contribuir com a aprendizagem de dimensões da Natureza da Ciência;
  - f) O trabalho com *artigos científicos*, relacionados a elementos da História da Ciência, pode contribuir para que os licenciandos construam argumentos de melhor qualidade, no âmbito das discussões em sala de aula;
  - g) A *replicação de experimentos* históricos deve estar associada a contextualizações referentes ao cientista, ou cientistas, que propuseram o experimento e à teoria que suporta o mesmo;
  - h) Os estudos que investigaram o emprego de múltiplas fontes de informação envolveram um investimento maior dos investigadores na reestruturação da disciplina, na qual a intervenção pedagógica foi implementada;
  - i) A seleção das fontes de informação, implementadas no trabalho com a História da Ciência, deve considerar o potencial que cada uma dessas possui para desenvolver visões mais aceitas sobre uma ou mais dimensões da Natureza da Ciência;

## **2.2. História do sistema circulatório – aportes para uma intervenção pedagógica**

A história do sistema circulatório foi organizada em quatro subseções: (1) Morfofunção dos vasos sanguíneos; (2) Circulações e transfusão de sangue; (3) Morfofunção do coração; (4) Produção de Sangue. Essas quatro subseções estão em conformidade com os principais conteúdos morfofuncionais trabalhados ao longo das atividades de aprendizagem que compuseram a estratégia de intervenção pedagógica referente ao sistema circulatório humano – o cerne da presente investigação. Nessa perspectiva, torna-se oportuno antecipar que algumas citações e referências bibliográficas desse texto encontram-se patentes, também, em algumas das atividades de aprendizagem. Ainda é relevante clarificar que alguns personagens históricos foram referendados em mais de uma subseção, devido à relevância de seus contributos para a construção de conhecimentos associados a mais de um conteúdo científico ou mesmo em

função da complementariedade existente entre determinados conteúdos. Dessa forma, durante a leitura de uma subseção, os leitores poderão ser direcionados a outras.

### **Morfofunção dos vasos sanguíneos**

Na Antiguidade<sup>24</sup>, os médicos egípcios (1500 a.C.) reconheciam a pulsação e poderiam ter tido alguma ideia sobre a circulação (Key, Keys & Callahan, 1979; Singer, 1922; Willerson & Teaff, 1996). Tais médicos caracterizaram a pulsação a partir de sua força, tamanho e frequência, estabelecendo conexões entre a gradação desses parâmetros do pulso e o estado de saúde dos pacientes (Singer, 1922).

Embora tenham estabelecido relações entre a pulsação na periferia do corpo e o batimento cardíaco, convém explicitar que os egípcios tinham uma limitada concepção da anatomia e fisiologia vascular, provavelmente em função da inexistência, naquela cultura, de procedimentos como a dissecação de seres humanos, cirurgias viscerais ou autópsias (Boisaubin, 1988). Partindo dessa premissa, pode-se justificar o fato dos egípcios considerarem que o sistema de vasos (denominado metw) seria capaz de transportar sangue, ar, água, saliva, lágrima, urina, sêmen e fezes, e, também, confundirem as artérias com veias, nervos, tendões, ou mesmo os ureteres (Boisaubin, 1988; Nunn, 1996). Os egípcios acreditavam que a pulsação periférica no metw era fruto do deslocamento de ar nesse sistema (Nunn, 1996). Portanto, eles não associavam o pulso ao movimento sanguíneo, proporcionado pelo coração. Apesar disso, esses povos foram os primeiros a relacionar o batimento cardíaco à pulsação periférica (Bestetti, Restini & Couto, 2014).

Na Grécia Antiga, o sistema cardiovascular<sup>25</sup> também foi explorado através do pulso, aspecto patente nos escritos de Hipócrates (460-377 a.C.) (Singer, 1922), que nasceu na ilha de Cos, estudou medicina e viveu uma vida longa, apesar de algumas acusações de plágio, provenientes de autores menos confiáveis (Magner, 2005). Hipócrates foi criado por seu pai e seu avô, ambos médicos, que realizaram a sua formação, assim como aquele o fez por seus filhos, Tessalo e Dracon (Rebollo, 2006).

O conjunto das obras atribuídas a Hipócrates ou *Corpus hippocraticum* foi fruto do

---

<sup>24</sup> “Antiguidade é um período da História do Ocidente bem delimitado, que se inicia com o aparecimento da escrita e a constituição das primeiras civilizações, e termina com a queda do Império Romano, dando início à Idade Média. Tal conceito é de vital importância para a construção da ideia de Ocidente, da mesma forma que algumas noções correlatas, como clássico e antigo.” (Silva & Silva, 2009, p.19)

<sup>25</sup> A ideia de que o sangue circula no corpo humano surge no século XVII, destarte será utilizada a terminologia sistema cardiovascular nas descrições dessa seção.

trabalho de diferentes autores, comentadores<sup>26</sup>, compiladores, que congregaram uma variedade de doutrinas e concepções médicas. Segundo os textos do *Corpus hippocraticum*, três órgãos (coração, pulmão e cérebro), associados aos alimentos (pneuma<sup>27</sup>, líquidos e comida propriamente dita), manteriam a harmonia do organismo. Em tal organização, as artérias eram compreendidas como ductos condutores do pneuma, elemento que exerceria as funções de vivificar e resfriar o corpo. Tal elemento seria, posteriormente, exalado-expulso através das artérias, aspecto que possibilitaria a atração de novo pneuma para o organismo (Rebollo, 2006). Apesar dessas considerações, no tempo de Hipócrates ainda não existia uma clara distinção entre artérias e veias, e mesmo definições concretas sobre que estruturas deveriam ser denominadas vasos sanguíneos, artérias, veias, nervos, tendões ou ligamentos. Nos tratados hipocráticos, por exemplo, o termo empregado para designar, na maior parte das vezes, tendões e nervos, era, em alguns casos, utilizado para denominar artérias de pequeno e médio calibre (Cardwell, 1905).

Por volta de 300 a.C. foi fundada uma grande escola médica na cidade de Alexandria<sup>28</sup>, Egito. O estímulo ao aprendizado nessa escola, proveniente dos reis ptolomaicos<sup>29</sup>, possibilitou a formação de uma série de pesquisadores, no campo da anatomia e fisiologia, que contribuíram para o desenvolvimento do conhecimento do sistema cardiovascular (Singer, 1922). Merecem destaque os trabalhos do anatomista Herófilo de Calcedônia (cerca de 300 a.C.) e do fisiologista Erasítrato de Quios (cerca de 310-250 a.C.), alexandrinos que ainda dividem a opinião de historiadores, devido à falta de informação direta, quanto à realização das condenáveis práticas de vivissecção ou dissecação de seres humanos vivos (Singer, 1996; Magner, 2005).

Antes da descrição dos contributos de Herófilo e Erasítrato, no tocante ao conhecimento sobre os vasos sanguíneos, torna-se pertinente descrever, inicialmente, um relevante contributo de Praxágoras de Cós (340 a.C.), professor desses dois indivíduos (Dobson, 1927; Magner, 2005; Androutsos, Karamanou & Stefanadis, 2013). As informações sobre Praxágoras são derivadas dos escritos fragmentados sobre sua doutrina, presentes nas obras de Rufos de Éfeso, Galeno, entre outros. Embora escassas, tais referências serviram para defini-lo como um homem

---

<sup>26</sup> Galeno de Pérgamo (129-199 d.C.), cujo o pensamento influenciou profundamente as ideias sobre o sistema cardiovascular, foi um dos maiores comentadores dos trabalhos de Hipócrates (Rebollo, 2006).

<sup>27</sup> “parte do Espírito Geral do Mundo incorporado no ato da respiração.” (Singer, 1996, p. 77)

<sup>28</sup> “Fundada por Alexandre, Alexandria se transformou na capital do Egito ptolomaico (...) governada por uma dinastia grega – da qual Cleópatra foi a última representante – e fundada na interseção entre o Egito e o Mediterrâneo, Alexandria abrigou instituições culturais cujo objetivo era reunir o conhecimento produzido no mundo conhecido, ou seja, no mundo helênico. A mais famosa de suas instituições foi a Biblioteca, paradigma para todas as bibliotecas posteriores, que chegou a ter 200 mil volumes. Mas a cidade abrigava ainda museu, zoológico, jardim botânico e observatório, além de ser o lar de uma multiplicidade de estudiosos.” (Silva & Silva, 2009, p.179)

<sup>29</sup> Ptolomeu (366-283 a.C.), general de Alexandre Magno (356-323 a.C.), assumiu o poder após a morte deste e iniciou a dinastia ptolomaica (Silva & Silva, 2009).

de originalidade marcante, suficientemente interessado no estudo da anatomia humana (Cardwell, 1905). A atividade anatômica de Praxágoras contribuiu para a construção de dois conceitos referentes ao sistema de vasos. Primeiro, propôs que a pulsação seria uma característica, apenas das estruturas conhecidas como vasos, apesar de alguns desses não pulsarem. O segundo conceito pode ser descrito da seguinte forma:

“através das veias, (...), (que não pulsam), conterem sangue, os vasos que pulsam não contêm sangue ou qualquer outro líquido, mas apenas ar (ou pneuma?) e deveria, além disso, ser apropriado designá-las artérias.” (Cardwell, 1905, p. 278, tradução nossa)

Portanto, Praxágoras participou da elaboração da primeira distinção entre artérias e veias, utilizando como critério os diferentes elementos presentes no interior desses vasos (Androutsos, Karamanou & Stefanadis, 2013; Mavrodi & Paraskevas, 2014).

Retomando a vida dos pupilos de Praxágoras, pode-se afirmar que pouco se sabe sobre a vida de Herófilo, que nasceu em Calcedônia, na Ásia Menor, e exerceu a medicina em Alexandria, sendo acusado por teólogos cristãos, como Tertuliano e Santo Agostinho, de torturar cerca de seiscentas pessoas até a morte (Magner, 2005). Segundo Cardwell (1905), Herófilo também teria estabelecido a distinção entre veias e artérias (embora Praxágoras o tenha feito primeiro), atribuindo às últimas o processo de pulsação, cronometrado por ele através de um relógio de água (Androutsos, Karamanou & Stefanadis, 2013). Além disso, Herófilo estabeleceu quatro propriedades do pulso — frequência, ritmo, tamanho e força — e identificou as fases de diástole (relaxamento) e sístole (contração) das artérias (Key, Keys & Callahan, 1979; Von Staden, 1989). Para Herófilo, a dilatação das artérias seria capaz de atrair o pneuma para dentro da estrutura das mesmas (Androutsos, Karamanou & Stefanadis, 2013).

O outro discípulo de Praxágoras, o fisiologista Erasístrato, nasceu em uma família de médicos, mas desistiu de tal carreira em função do interesse pelos estudos em anatomia e fisiologia. Assim como Herófilo, pouco se sabe sobre a vida de Erasístrato, que se suicidou após a descoberta de um câncer incurável. O sistema fisiológico de Erasístrato baseava-se, também, na especulação acerca da existência de entidades não visíveis, concepção fundamentada na teoria atômica de Demócrito<sup>30</sup>, da qual era seguidor (Magner, 2005).

“a Fisiologia de Erasístrato era baseada nas observações de que todo o órgão é dotado de um

---

<sup>30</sup> Segundo Demócrito: “o Universo é formado a partir de um número infinito de partículas pequenas e indivisíveis que se deslocam constantemente através do espaço vazio e infinito. Quando os átomos de Demócrito colidiam, alguns deles ressaltavam, ao passo que outros se ligavam entre si para formar compostos.” (Fara, 2012, p.48)

sistema tríplice de “vasos”, veias, artérias e nervos. Este notou que os mesmos se dividem até os limites da visão, e considerou que o processo de divisão continua além daqueles limites. As ínfimas divisões destes vasos seriam trançadas e formariam os tecidos. As próprias veias, artérias e nervos seriam constituídos de tubos minúsculos da mesma natureza, através dos quais eles se alimentam.” (Singer, 1996, p. 50)

Assim como Praxágoras e Herófilo, Erasítrato acreditou que as artérias continham ar (Androutsos, Karamanou & Stefanadis, 2013).

“Seguindo fielmente os seus professores, ele se agarrou à tese defendida por Estraton e Praxágoras de que as artérias, em condições normais, continham apenas ar, ou melhor, não precisamente ar, mas o ar de alguma forma misteriosamente refinado e transformado em espírito – um espírito vital que dá vida, que era essencial para a existência da criatura.” (Dobson, 1927, p. 829, tradução nossa)

Para explicar a “curiosa” saída de sangue das artérias de seres vivos, evidenciada após um corte, Erasítrato imaginou que o escape de pneuma, através da lesão, provocaria uma espécie de vácuo que aspiraria o sangue das veias para as artérias, ligadas entre si por meio de finas interconexões, denominadas sinanastomoses (Androutsos, Karamanou & Stefanadis, 2013). Este raciocínio empregado por Erasítrato fez com que alguns autores (Key, Keys & Callahan, 1979; Singer, 1996; Magner, 2005) afirmassem que o mesmo propusera a existência de capilares, denominados naquela época de sinanastomoses, cerca de dezessete séculos antes do italiano Marcello Malpighi (1628-1694).

Entre os anos de 250 e 50 a.C., ocorreu um declínio produtivo da escola médica de Alexandria, apesar dos progressos em outras áreas como Matemática, Mecânica, Astronomia e Geografia. Por volta de 30 a.C., Alexandria perdeu a sua importância como um centro de produção de conhecimento, em decorrência da anexação do Egito pelo Império Romano e a consequente extinção da dinastia ptolomaica, marcada pela morte de Cleópatra em 30 a.C. Alexandria, sob a égide do Império Romano, foi um dos cenários dos estudos de um médico grego, Cláudio Galeno (129-199 d.C.), que exerceu grande influência sobre o curso da Ciência (Singer, 1922, 1996).

Galeno nasceu na cidade de Pérgamo em 129 d.C., estudou medicina nessa cidade e em outras do Império Romano, como Esmirna, Corinto e Alexandria, onde terminou seus estudos médicos.

O pai [Nico de Pérgamo] foi um arquiteto próspero que se dedicou ao filho dotado, proporcionando-lhe uma educação estável (em grego), que incluiu a filosofia e a matemática. Quem sabe o que teria acontecido se o pai não houvesse perseguido um sonho tão poderoso, ao dizer ao filho que ele tinha de ser médico?" (Bynum, 2013, p. 43)

Ao retornar a Pérgamo, com vinte e oito anos, após a finalização de sua formação médica, Galeno exerceu a prestigiosa função de cirurgião dos gladiadores por quatro anos, atividade que contribuiu para a aquisição de conhecimentos anatômicos (Bynum, 2013). Além disso, deve-se destacar que Galeno:

"dissecava animais mortos e examinava esqueletos humanos sempre que podia. Dissecar corpos era mal visto nas sociedades antigas, portanto Galeno não podia fazê-lo embora admitisse que alguns médicos anteriores tivessem sido autorizados a examinar os corpos de criminosos condenados ainda em vida. Galeno aprendeu anatomia dissecando animais, designadamente porcos e macacos, e devido a golpes de sorte – a descoberta de um cadáver em decomposição..." (Bynum, 2013, p. 45)

Considerado um dos maiores tradutores de Hipócrates (Rebollo, 2006), Galeno foi fortemente influenciado por suas ideias e de filósofos naturais, como Aristóteles (contemplado na subseção seguinte) e Erasístrato (Singer, 1996). De acordo com Teulón (2001), as ideias morfofuncionais de Galeno assentavam-se em uma concepção de Natureza de caráter divino, harmonioso e racional, da qual a natureza de cada ser também faz parte. Essa concepção torna-se patente nas explicações a seguir sobre a morfofunção dos vasos sanguíneos, em que são aplicadas expressões como "horror ao vazio"<sup>31</sup> e "marés".

Galeno considerava que as veias teriam o duplo papel de distribuir os nutrientes e recolher as impurezas de todas as partes do corpo (Singer, 1996). O movimento do sangue para executar essas funções seria proporcionado por "uma força de atração exercida essencialmente pelo 'horror ao vazio'. Tanto o sangue venoso quanto o sangue arterial saíam do coração e para lá não retornavam, jamais" (Rebollo, 2002, p.482). O deslocamento do sangue no organismo obedeceria, então, a um movimento de fluxo e refluxo, para cima e para baixo, como as marés, de acordo com as necessidades nutricionais das partes do corpo e com a perspectiva do "horror ao vazio" (Rebollo, 2002).

---

<sup>31</sup> "Aristóteles foi o filósofo mais influente na Idade Média europeia. Através dos estudos dos seus escritos, a questão do vazio foi retomada nesse período, quando surgiu a célebre expressão 'a natureza tem horror ao vácuo', para dizer que qualquer porção de matéria retirada é logo ocupada por outra..." (Reynol e Belisário, 2008, p. 0)

Quanto às artérias, Galeno observou que as mesmas teriam paredes mais espessas que as veias<sup>32</sup> e demonstrou que Erasítrato estava equivocado ao considerar que as artérias continham ar. Galeno contestou os argumentos de Erasítrato fundamentando-se, também, nos resultados de um simples experimento, em que fez a exposição de um segmento de uma artéria e, em seguida, amarrou as duas extremidades deste. Na sequência do experimento, realizou uma incisão no ponto entre as duas ligaduras da artéria e observou a saída de sangue. Esse achado possibilitou a Galeno inferir que o sangue não poderia ser deslocado das veias para as artérias, após um suposto escape de ar através da incisão da artéria, como proposto por Erasítrato, tendo em consideração que as duas extremidades do vaso estavam bloqueadas. Os resultados do experimento suportaram a ideia galênica de que o sangue já estava presente no vaso e, conseqüentemente, que as artérias transportariam sangue e não ar (Singer, 1996; Magner, 2005). Para Galeno, as artérias contendo sangue rico em espíritos vitais teriam a função de vivificar e aquecer as partes do corpo. Além disso, ele considerava que esses vasos aspirariam e ventilariam os resíduos ou excrementos expelidos pelo corpo (Rebollo, 2002).

As ideias de Galeno permaneceram durante alguns séculos praticamente intocáveis, influenciando o pensamento anatômico e fisiológico, inclusive sobre o sistema cardiovascular e a morfofunção dos vasos sanguíneos. Tal aspecto pode ser atribuído a diversos fatores que vão desde a tradução de suas obras até a aceitação de suas ideias pelo cristianismo.

A obra desse médico grego foi interpretada por sírios e árabes, fundando uma longa tradição médica muçulmana. Ademais, seus trabalhos foram posteriormente traduzidos para o latim, servindo para elaboração dos manuais das primeiras escolas de medicina da Itália e França, na Idade Média<sup>33</sup>, enquanto, no Renascimento<sup>34</sup>, sua obra forneceu constructos teóricos para a revolução anatômica iniciada por André Vesálio (1514-1564) e finalizada pelo trabalho de William Harvey (Teulón, 2001; Gribbin, 2005; Rebollo, 2006). Ainda no século XIX, foram redigidas sínteses dos trabalhos de Galeno para fins didáticos, o que demonstra a força de sua obra (Pasipoularides, 2013).

A manutenção do galenismo dependeu, também, do cristianismo, perspectiva que pode ser desenvolvida a partir de dois argumentos. Primeiramente, a ampla aceitação da doutrina

---

<sup>32</sup> Desta forma, Galeno utiliza outro critério para a distinção entre artérias e veias, anteriormente diferenciadas pelo conteúdo presente em seus interiores e pela presença ou ausência de pulsação.

<sup>33</sup> Período compreendido entre a queda do Império Romano e o Renascimento (Silva & Silva, 2009).

<sup>34</sup> "O momento histórico que se inicia e tem seu apogeu nas cidades italianas do século XV, de renovação das expressões artísticas ligada às mudanças de mentalidade do período, com a ascensão da burguesia. Ele está em conexão com o Humanismo, ou seja, com a retomada dos estudos sobre a Antiguidade clássica, apesar de hoje a maioria dos autores não considerar mais o Humanismo a filosofia acadêmica do Renascimento (Silva & Silva, 2009, p. 359)".

cristã — que considerava o estudo do corpo de pouca relevância, quando comparado com a compreensão da alma — levou as ciências pagãs, como as artes, a anatomia e a fisiologia para um declínio produtivo, fazendo com que novas perspectivas não se desenvolvessem e o galenismo, já “desenvolvido”, permanecesse como o melhor modelo explicativo para o sistema cardiovascular (Singer, 1996). Um segundo argumento refere-se à atração do cristianismo por alguns dos pressupostos do sistema galênico, como a ideia de que a estrutura e função do corpo humano seriam determinadas por um Deus – Galeno, assim como os cristãos, acreditava em um só deus, (Bynum, 2013) –, “razão porque uma proporção muito maior dos seus trabalhos tenha sido preservada do que os de qualquer outro escritor pagão” (Singer, 1996, p. 70).

O hiato temporal, compreendido entre o século II e o século XVI, sem significativa produção de conhecimento referente aos vasos sanguíneos poderia ser ligeiramente reduzido se considerarmos o trabalho produzido por Oribasio de Pérgamo (320-403 d.C.), na Idade Média. Oribasio nasceu em Pérgamo e estudou medicina em Alexandria e Atenas, sendo colega de Juliano, que se tornaria o imperador (Juliano, o Apóstata) e o convidaria para ser seu médico chefe (Eftychiadis, 2002). Oribasio utilizou lentes de aumento ou lupas, já conhecidas na antiguidade, e conseguiu observar a microestrutura dos rins e outros órgãos do corpo humano. Nos rins, localizou as comunicações entre a artéria e a veia renal e as denominou capilares, portanto, foi considerado responsável por cunhar esse termo (Eftychiadis, 2002). Dessa forma, Oribasio teria confirmado as suposições de Erasistrato referentes às comunicações entre artérias e veias, denominadas por esse último de sinanastomoses (Bestetti, Restini & Couto, 2014).

Novos contributos para a anatomia dos vasos sanguíneos surgiriam, apenas, nos séculos XVI e XVII. O trabalho de Hieronymus Fabricius de Acquapendente (1533-1619), por exemplo, figura entre os mais importantes no que tange à anatomia das veias. Este anatomista italiano permaneceu no ensino da anatomia por sessenta e quatro anos, de 1555 até 1619, sendo considerado um dos maiores professores de anatomia<sup>35</sup> e um fornecedor de valiosas contribuições para o conhecimento sobre as válvulas das veias (Singer, 1922, Gribbin, 2005). Essas estruturas anatômicas já tinham sido descritas por outros anatomistas<sup>36</sup>, inclusive Vesálio, mas tal aspecto não diminui o brilho das descrições de Fabricius, enriquecidas por imagens

---

<sup>35</sup> Por outro lado, Magner (2005) afirma que ensinar anatomia naqueles tempos era uma tarefa difícil e desagradável e que Fabricius parece ter escapado de tal responsabilidade sempre que possível. Além disso, tal ofício entrou em conflito com suas pesquisas e seu lucrativo trabalho como médico.

<sup>36</sup> Segundo Scultetus, Villavicencio & Rich (2001), Charles Estienne (1504-1564) e Giovanni Battista Canano (1515-1579) não tiveram o merecido crédito quanto as suas elaborações sobre as válvulas nas veias, construídas em período anterior a Fabricius. Os achados desses dois autores foram relacionados a veias com pequeno número de válvulas, aspecto que dificultou o reconhecimento dessas estruturas por outros anatomistas de seu tempo e a conseqüentemente credibilidade de seus feitos.

ainda não registradas na literatura (Singer, 1996). As imagens elaboradas por Fabricius começaram a perder o aspecto artístico (fundos floridos, animações, expressões artísticas) e ganhar acurácia técnica, completando um processo de transição iniciado por Vesálio (Smith, Macchi, Parenti & Caro, 2004).

“Fabricius não foi o primeiro a mencionar as válvulas das veias, mas ele foi o primeiro a demonstrá-las publicamente e descrevê-las em detalhes e, portanto, ele tinha o crédito para fazer da sua presença um fato reconhecido da anatomia.” (Smith, Macchi, Parenti & Caro, 2004, p. 541, tradução nossa)

No ano de 1603, Fabricius publicou seu livro *Sobre as Válvulas das Veias* onde registrou que elas serviriam para retardar o fluxo sanguíneo, prevenindo que todo o sangue ficasse estagnado nas extremidades (Magner, 2005), resultando em uma distribuição desigual de nutrientes pelo corpo (Magner, 2005; Pasipoularides, 2013). Tal compreensão foi fruto de um pensamento morfofuncional concatenado aos pressupostos de Galeno, que considerava que o deslocamento do sangue nas veias obedeceria a um movimento de fluxo e refluxo, para cima e para baixo, como as marés (Pasipoularides, 2013). Apesar disso, esse professor orientava seus alunos, entre eles William Harvey, a “observarem com seus próprios olhos”, seguindo a tradição da Universidade de Pádua, iniciada por Vesálio, de redefinir os paradigmas anatômicos clássicos por meio de dissecações e observações (Smith, Macchi, Parenti & Caro, 2004). No período em que Fabricius encontrava-se no auge de sua atividade profissional, desenvolvendo pesquisas no âmbito da anatomia comparada, embriologia e fisiologia, o inglês William Harvey chegou à Universidade de Pádua e, certamente, foi influenciado pelas atividades desenvolvidas por seu professor (Singer, 1922; Teulón, 2001).

William Harvey (1578-1657) nasceu na cidade de Folkestone, Inglaterra, e era o mais velho dos nove filhos de Joan Halke e Thomas Harvey, proprietários de terra que rapidamente ascenderam à alta burguesia. Harvey estudou na Escola Real em Canterbury e foi posteriormente para o *Gonville and Caius College*, em Cambridge, onde recebeu o título de Bacharel em Artes e a influência do professor Caius, médico humanista, formado em Pádua, e dono do colégio. Tal influência fez Harvey se dirigir a Pádua para estudar medicina (Teulón, 2001). Após o período em Pádua, Harvey retornou a Inglaterra, revalidou seu diploma em Cambridge (Teulón, 2001), e no ano de 1615 foi eleito professor do *London College of Physicians* (Singer, 1922; Magner, 2005). Em 1618, tornou-se médico do Rei James e, após a

morte deste, em 1625, assumiu o mesmo posto no reinado de Charles (Singer, 1922; Gribbin, 2005), aspecto que lhe custou a perda de clientela, da fortuna, e de sua casa, com seus manuscritos e livros, em decorrência de um incêndio provocado por opositores do Rei Charles. Após este incidente, Harvey foi morar com um dos seus irmãos e depois se retira para o condado de Surrey, onde continua suas pesquisas no âmbito da embriologia (Teulón, 2001), até os últimos anos de sua vida, ceifada em 1657 por uma hemorragia cerebral (Key, Keys & Callahan, 1979; Décourt, 1990).

Para interpretar os contributos de Harvey, relacionados à compreensão da morfofunção dos vasos sanguíneos, é relevante considerar as mudanças que estavam em curso na Europa, a partir do século XV (mais acentuadamente entre os séculos XVI e XVII), no tocante à concepção de Natureza. Enquanto Galeno e muitos de seus “herdeiros” acreditavam em uma Natureza racional, divina e harmoniosa, os mecanicistas dos séculos XV, XVI e XVII, mesmo sob a influência de alguns preceitos galênicos, concebiam o Natureza de outra forma. Os mecanicistas imaginavam o Universo como um mecanismo, não racional em sua aparência, composto por materiais que poderiam ser reduzidos a formas geométricas, passíveis de análises matemáticas. Para os mecanicistas os experimentos científicos, matematizados, poderiam desvelar os mecanismos ou leis subjacentes ao empiricamente observável. Em simultâneo à concepção mecanicista, desenvolveu-se na Europa, principalmente na Inglaterra, um projeto de construção científica que negava a teorização e supervalorizava a observação da realidade (Teulón, 2001).

“vão agir sobre as mentes mais alertas desta época, dentro, claro, de seu aceitado galenismo, estas duas atitudes: o empirismo (o atendimento à realidade de como as coisas são, segundo nossos sentidos nos mostram e a subsequente anteposição dessa realidade à tradição doutoral e livresca); e o racionalismo (a visão sistemática, racionalmente concebida, da realidade da natureza: o mecanicismo...)” (Teulón, 2001, p.37, tradução nossa)

Nesse contexto, Harvey desenvolveu algumas ideias sobre a morfofunção das artérias e veias que embasaram sua hipótese sobre o movimento do sangue no organismo. Harvey supunha que o sangue chegaria ao coração por meio das veias e deixaria esse órgão através das artérias, ou seja, que o sangue mover-se-ia das extremidades para o centro e do centro para as extremidades, de forma circular. Para fortalecer essa suposição, William Harvey desenvolveu alguns experimentos com ligaduras<sup>37</sup>, em busca de dados empíricos que a substanciassem.

---

<sup>37</sup> Termo utilizado para a compressão, completa ou parcial, de um segmento do corpo, realizada com o emprego de tiras de pano ou das próprias mãos de um terceiro, por exemplo.

Utilizando uma ligadura apertada<sup>38</sup>, no braço de um homem, o médico percebeu que a artéria, acima da área comprimida, tornou-se mais inchada a cada movimento cardíaco, enquanto a mão, do mesmo membro, começou a esfriar, após um tempo. Em seguida, Harvey diminuiu levemente a compressão, iniciando uma ligadura mediana<sup>39</sup>, e observou que a mão voltou a corar-se e que as veias, após a nova ligadura, tornaram-se varicosas e repletas de nódulos; ademais, as artérias distais à ligadura puderam ser outra vez sentidas pelo toque (Harvey, 1999<sup>40</sup>).

Tais evidências indicaram que as ligaduras apertadas promoveram o bloqueio do fluxo sanguíneo em ambas, artérias e veias, enquanto as ligaduras medianas bloquearam apenas as veias, não impedindo que o sangue atingisse as porções mais distantes do coração, através das artérias. Essas evidências indicaram ainda que a liberação da ligadura mediana fez com que as veias perdessem o intumescimento e as varicosidades, provocadas por tal obstrução. Nas palavras de Harvey (1999, p. 58):

“quando afrouxamos uma ligadura apertada para convertê-la em mediana, devido ao fato de que as artérias continuam introduzindo sangue, vemos que são as veias que progressivamente incham, e não as artérias. Isso é sinal de que o sangue passa das artérias às veias e não o contrário, ou porque existam anastomoses entre os vasos ou porque a carne e as partes sólidas têm porosidades permeáveis ao sangue.”

Os resultados dos experimentos com ligaduras em braço humano fortaleceram, também, as concepções de Harvey sobre a função exercida pelas válvulas das veias, no bloqueio do refluxo sanguíneo (Singer, 1922). Ademais, durante as suas dissecações, Harvey percebeu que uma sonda passava facilmente dos ramos das veias para seu tronco, enquanto a passagem, em sentido contrário, do tronco para os ramos, era impossível, em função da presença das válvulas (Harvey, 1999). Tais constatações fortaleceram sua suposição, contrária à perspectiva de seu “mentor” Fabricius, sobre o funcionamento das válvulas.

Uma breve interrupção nesta narrativa, ordenada historicamente, torna-se relevante para declarar que a compreensão de William Harvey sobre o funcionamento das válvulas das veias fez avançar, relativamente rápido, o conhecimento referente a essas estruturas venosas (Sculptetus,

---

<sup>38</sup> William Harvey classificou as ligaduras, de acordo com compressão exercida, em dois tipos: as apertadas e as medianas. Nas apertadas, a cinta para efetuar o bloqueio de sangue é apertada com um grau de força que bloqueia o pulso além da ligadura, sendo indicada, segundo Harvey, para casos de amputação, extração de tumores, dentre outros (Harvey, 1999).

<sup>39</sup> As ligaduras medianas comprimem o membro sem causar dores, permitindo a percepção dos batimentos das artérias, além da ligadura.

<sup>40</sup> Edição original: 1628.

Villavicencio & Rich, 2001). No ano de 1846, por exemplo, Benjamin Brodie demonstrou que a incompetência das válvulas da veia safena provocaria o refluxo sanguíneo, e propôs, como terapia, a ligadura da veia safena, no meio da coxa. Em 1887, Karl Klotz relacionou a diminuição no número de válvulas, decorrente do avanço da idade, à maior prevalência de varicosidades nas veias. No começo do século XX, Homans associou a insuficiência valvular a varicosidades e úlceras nas pernas. A segunda metade do século XX foi marcada pelas cirurgias de válvulas venosas, sendo que o primeiro autotransplante de válvulas, em humanos, foi realizado por dois pesquisadores, Taheri e Raju, de forma independente, em 1981 (Scultetus, Villavicencio & Rich, 2001).

De volta ao século XVII, convém afirmar que o conjunto de achados de Harvey fortaleceu a ideia de que o sangue, nas veias, deslocar-se-ia em sentido ao coração, contrariando a ideia galênica de que as veias serviriam como canais de distribuição de sangue a partir desse órgão. Este argumento da experimentação (terminologia utilizada por Mowry, 1985), relacionado ao emprego de torniquetes no braço, e outros construídos por Harvey, e desenvolvidos na subseção *Circulações e transfusão de sangue*, sustentaram sua ideia de que a contração dos ventrículos deslocaria o sangue para os pulmões e para todo o corpo e que esse sangue, lançado ao corpo pelas artérias, seguiria por porosidades da carne, e em seguida adentrando as veias retornando ao coração (Mowry, 1985).

Um dos pontos não contemplados pela explicação do movimento circular do sangue, proposta por Harvey, incidiu sobre a existência dos capilares (Key, Keys & Callahan, 1979). Quando propôs que o sangue passa das artérias às porosidades da carne e destas para as veias, Harvey deixou uma lacuna em seu trabalho, “as porosidades da carne”, aspecto reivindicado por muitos de seus opositores (Mowry, 1985; Rebollo, 2002). Essa questão foi explorada por Marcelo Malpighi (1628-1694) no século XVII, por meio de uma nova tecnologia, o microscópio composto<sup>41</sup>, que possibilitou a identificação de diminutas estruturas ainda não visualizadas<sup>42</sup> (Singer, 1922; Agutter & Wheatley, 2008; Braga, Guerra & Reis, 2008).

Malpighi nasceu na Itália, na cidade de Crevalcore, próximo a Bolonha, em 1628, ano em que Harvey publicou sua importante obra *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais*. Os estudos de Malpighi voltaram-se à anatomia no ano de 1653 e, em

---

<sup>41</sup> O microscópio simples, formado por uma lente, já vinha sendo utilizado desde o século XIII, enquanto o microscópio composto, formado por duas lentes ou dois sistemas de lentes e maior poder de ampliação, apareceu séculos mais tarde. Alguns afirmam que o microscópio composto foi inventado pelo holandês Zacharias Janssen, ao final do século XVI, enquanto outros atribuem tal invenção a Galileu, ano de 1609 (West, 2013).

<sup>42</sup> Muitos autores desconsideram os contributos de Erasístrato e Oribasio, referentes aos capilares sanguíneos, denominados por Erasístrato de sinanastomoses.

1656, ele começou a dar aulas no curso de medicina na Universidade de Pisa (West, 2013), onde conheceu seu grande amigo e parceiro intelectual, Giovanni Borelli (1608-1679). Durante um dos períodos que passou em Pisa, Borelli, também mentor filosófico de Malpighi, alertou-o sobre os potenciais do microscópio para a investigação anatômica. Por outro lado, Malpighi colocou à disposição do amigo suas habilidades em dissecação, surgindo, então, uma colaboração, entre tantas outras, provenientes de matemáticos e anatomistas do século XVII (Meli, 2008).

Em 1659, Malpighi resolveu voltar à Bolonha e dois anos depois assumiu a cátedra de medicina na Universidade de Messina (Singer, 1922; Gribbin, 2005; West, 2013). No período em Bolonha, Malpighi enviou à Borelli duas epístolas sobre os pulmões (Meli, 2008), contendo seus maiores contributos para a Ciência (Gribbin, 2005). Mais especificamente, no ano de 1661, a explicação do movimento circular do sangue recebeu um grande contributo, a identificação dos capilares pulmonares por Malpighi, descrita na segunda epístola enviada a seu amigo Borelli. Deve-se enfatizar, entretanto, que não há evidências históricas que fortaleçam a ideia de que Malpighi tenha iniciado suas investigações com o propósito de tentar respaldar a explicação de Harvey. Além disso, nada indica que ele esperou observar diminutos vasos conectando artérias e veias. Entretanto, alguns pontos da investigação de Malpighi devem ser reconhecidos e valorizados, dentre eles: a) seus métodos de preparação dos espécimes; b) suas estratégias de iluminação durante a microscopia; e c) seu trabalho em anatomia comparada ou analogia entre os tipos de organismos (Allchin, 2003).

Na epístola enviada à Borelli, intitulada *De Pulmonibus* e traduzida do latim para a língua inglesa por Young (1929), Malpighi narra seus passos na investigação do pulmão de rãs. Inicialmente, Malpighi pensou que a massa de sangue nos pulmões expostos, do animal vivo, seria derramada em um espaço vazio e, posteriormente, recolhida pelas aberturas dos vasos e pela estrutura das paredes pulmonares. Entretanto, a análise de um pulmão de rã seco colocou em dúvida tal ideia, pois Malpighi percebeu uma rede de pequenos vasos, conectados, por um lado a veias e, por outro, a artérias. Assim, o médico italiano compreendeu que o sangue não era direcionado para um espaço vazio, mas que se deslocava sempre dentro de túbulos (Young, 1929).

Malpighi também observou que tais redes de vasos estão presentes não só no assoalho dos pulmões, mas se estendem pelas paredes e conectam-se com o vaso de saída dos pulmões, ou seja, a veia pulmonar (Young, 1929). Apesar da relevância de seu achado, Malpighi não

argumentou que este completaria a explicação do movimento circular de Harvey, nem fez menções ao médico inglês, em suas epístolas. Provavelmente, a observação dos capilares foi algo inesperado, não fazendo parte de um experimento programado sobre a circulação (Allchin, 2003).

Antes de ter escrito qualquer coisa, Marcelo Malpighi já era reconhecido por seus pares como um homem sagaz e de simplicidade de caráter (Singer, 1922). Seu talento na anatomia microscópica também foi reconhecido pela comunidade médica e a *Royal Society of London* convidou-o, em 1668, a enviar trabalhos seus para a avaliação de um seleto grupo, com fins de publicação. Após a publicação do primeiro trabalho, por essa sociedade, Malpighi tornou-se membro da mesma, publicando muitos outros títulos por tal entidade. Em função de suas contribuições científicas, Malpighi se envolveu em vários conflitos ao longo de sua vida (Singer, 1922; West, 2013), aspecto que resultou no incêndio de sua casa e na consequente destruição de muitos de seus escritos, além de seus equipamentos (Pohl, 2012). Em 1691, Malpighi tornou-se médico pessoal do Papa Inocêncio XII – uma grande honra naquele período – e, no ano de 1694, morreu na cidade de Roma, em consequência de um acidente vascular cerebral (Gribbin, 2005; West, 2013).

### **Morfofunção do coração**

“O coração, como um órgão do corpo humano, tem se constituído, desde os tempos pré-históricos, como um objeto de mistério que excitou a curiosidade e despertou a imaginação. Desde que o homem começou a caçar, ou a ser caçado, ele tem entendido o papel crucial do coração para o corpo permanecer vivo. Isto, em combinação com o fato de que o coração é, pela lei da natureza, protegido e escondido do olho, no tórax, atraiu seu interesse.” (Mavrodi & Paraskevas, 2014, p. 23, tradução nossa)

Na antiguidade, os egípcios antigos reconheciam as relações gerais existentes entre o coração e ambos, pulmões e vísceras abdominais, e, também, consideravam o coração como o centro do sistema de vasos (metw). Esses aspectos foram evidenciados nos desenhos e escritos deixados pelos egípcios (Boisaubin, 1988).

“Assumia-se que o coração seria conectado com muitos outros órgãos e recebia água e ar a partir de vasos, através de um ‘receptor’ (possivelmente a aorta). Uma antiga referência descreve o coração como ‘colocado no sangue dos pulmões’, o que sugere algum conhecimento da relação

fisiológica entre esses dois órgãos principais.” (Boisbaubin, 1988, p. 47, tradução nossa)

A ausência de evidências de práticas de dissecação de seres humanos no Egito Antigo (por volta de 1500 a.C.), como mencionado na subseção *Morfofunção dos vasos sanguíneos*, pode explicar a ausência de maiores descrições dos aspectos morfológicos do coração, principalmente de sua morfologia interna.

Empédocles, nascido por volta de 492 a.C., na colônia grega de Acragas, Sicília, acreditava que o coração seria o centro do sistema vascular e utilizaria os vasos sanguíneos para distribuir o pneuma para o corpo inteiro (Mavrodi & Paraskevas, 2014).

“Este pneuma era equivalente à alma e à vida, mas era algo mais. Era identificado com o ar e o hálito, e podia ser visto a se elevar como um vapor oscilante emanando do sangue de uma vítima sacrificial – pois não era o sangue sua sede natural? Havia também um pneuma que interpenetrava o Universo à nossa volta e lhe dava aquelas qualidades de vida que lhe eram atribuídas” (Singer, 1996, p. 26-27)

De acordo com Empédocles, o coração seria o principal sítio do pneuma. Este conjunto de ideias desse pensador grego foi considerado como a base da Escola Pneumática em Medicina, que séculos mais tarde viria a influenciar Erasístrato, Galeno e outros filósofos naturais interessados no estudo da anatomia e fisiologia (Singer, 1996).

Em meados do século IV a.C., um dos tratados que compuseram o *Corpus hippocraticum*, denominado *Do coração* (Rebollo, 2006), registra a localização do coração e a importância desse posicionamento. Além disso, *Do Coração*, que provavelmente não foi escrito por Hipócrates (Mavrodi & Paraskevas, 2014), descreve o pericárdio, as câmaras cardíacas e as valvas<sup>43</sup> a elas relacionadas (Cheng, 2001).

Segundo os dados dessa obra, o coração está localizado na metade esquerda do corpo humano, em uma cavidade ovoide rodeada pelos pulmões. Essa localização permitiria que o calor, oriundo do movimento contínuo do coração, fosse amenizado pela frieza natural dos pulmões e pelo processo de respiração. Quanto à anatomia externa desse órgão, há a descrição de uma fina membrana (atualmente reconhecida como pericárdio), que revestiria o coração e possuiria uma pequena quantidade de fluido necessário à proteção do coração contra o seu excessivo aquecimento (Mavrodi & Paraskevas, 2014).

No tocante à anatomia interna do coração, em *Do coração*, há o registro da presença de

---

<sup>43</sup> Um conjunto de válvulas.

duas cavidades (conectadas por um orifício), uma direita e outra esquerda, denominadas ventrículos em decorrência da palavra grega “γαστέραζ”, que significa abdomens. A aspereza interna dos ventrículos foi atribuída a um suposto processo de corrosão presente, principalmente, no ventrículo esquerdo, em decorrência do calor ali gerado. O ventrículo direito foi considerado mais amplo e flexível do que o esquerdo que, por outro lado, teria paredes mais espessas devido à maior taxa de calor que libera, em virtude dos seus batimentos mais rápidos (Mavrodi & Paraskevas, 2014). Apesar da ausência de referências às cavidades localizadas acima dos ventrículos – os átrios<sup>44</sup> – no livro *Do Coração* existem menções as aurículas, que são porções dos átrios (Cheng, 2001).

As válvulas cardíacas foram descritas como membranas que circundam os orifícios das câmaras cardíacas, fixadas por meio de fibras, estas conectadas a filamentos implantados nas paredes espessas do coração. Tal descrição, em *Do Coração*, sugere um possível reconhecimento das cordas tendíneas e dos músculos papilares. Por outro lado, as válvulas localizadas dentro das duas artérias, da base do coração, foram caracterizadas como estruturas com bordas arredondadas e formato de um semicírculo. Esses dois conjuntos de válvulas poderiam resistir à passagem de ar ou líquido, aspecto que poderia ser evidenciado através de manipulações durante o processo de dissecação (Cheng, 2001).

Ainda na Grécia Antiga, o naturalista e filósofo Aristóteles (384-322 a.C.), também considerado biólogo filósofo (Mayr, 1998), forneceu contributos para diversos campos do saber, inclusive sobre o sistema cardiovascular. Aristóteles nasceu na cidade de Estagiros, filho de um médico que morreu ainda jovem e foi educado, também, pelos médicos colegas de seu pai, embora não tenha optado por tal carreira (Gross, 1995). Seus estudos em filosofia foram orientados por Platão, durante cerca de 20 anos, e, após a morte deste, Aristóteles seguiu os pedidos do Rei Filipe II da Macedônia e tornou-se tutor de seu filho Alexandre, conhecido como Alexandre o Grande. Aristóteles morreu em 322 a.C., devido a uma doença do estômago (Mavrodi & Paraskevas, 2014).

Aristóteles adquiriu grande experiência na dissecação de animais – relatos afirmam que ele dissecou mais de 500 tipos –, embora ele não tenha praticado dissecações humanas, exceto a de um feto com 40 dias de vida (Mavrodi & Paraskevas, 2014). Portanto, ele desenvolveu seus conceitos com base em observações empíricas dos organismos (Mayr, 1998) e, também,

---

<sup>44</sup> Os câmaras cardíacas identificadas como átrios, no Brasil, são denominadas aurículas, em Portugal. No Brasil, as aurículas são reconhecidas como estruturas anatômicas que fazem parte dos átrios.

considerou a experimentação animal como método para a produção de conhecimento (Bestetti, Restini & Couto, 2014)

Em oposição aos textos que compuseram o *Corpus hippocraticum*, Aristóteles acreditava que o coração, e não o cérebro, seria o centro responsável pelas sensações e movimentos (Singer, 1922; Gross, 1995). Alguns dos argumentos utilizados por Aristóteles para sustentar a centralidade atribuída ao coração foram: (a) o coração seria afetado pelas emoções; (b) todos os animais têm um coração ou órgão similar; (c) o coração seria a fonte do sangue, que é necessário para a sensação; (d) o calor produzido pelo coração seria uma característica dos animais superiores<sup>45</sup>, (e) o coração estaria conectado a todos os órgãos dos sentidos através dos vasos sanguíneos; (f) o coração é essencial à vida; (g) o coração é sensitivo; (h) o coração está em uma posição central, apropriado a sua central função; e (h) o coração era o primeiro órgão a se formar e o último a cessar sua atividade, antes da morte (Gross, 1995). Este último argumento foi baseado em seus estudos embriológicos, com pintos, por meio dos quais observou que o coração era o primeiro órgão a se desenvolver e o último a demonstrar atividade (Singer, 1996). Percebe-se que alguns dos argumentos utilizados por Aristóteles têm coerência, aspecto que não torna a centralidade cardíaca algo absurdo (Bynum, 2013).

Em relação à anatomia do coração humano, Aristóteles descreveu que o mesmo situava-se abaixo dos pulmões, no ponto exato onde a traqueia se bifurca, apresentando uma inclinação para a mama esquerda. Quanto às câmaras cardíacas, ele identificou a presença de três ventrículos – os historiadores explicam essa perspectiva através de hipóteses que passam por razões místicas a aspectos morfológicos – e não fez menções aos átrios (Mavrodi & Paraskevas, 2014).

No mesmo período histórico, na escola de Alexandria, Herófilo de Calcedônia (cerca de 300 a.C.), anatomista que estudou medicina durante os anos em que as dissecações de seres humanos foram permitidas, realizou intensivos estudos sobre o sistema nervoso. Alguns desses estudos estabeleceram a existência de conexões entre os nervos e duas estruturas do sistema nervoso central, o cerebelo e a medula espinhal (Mavrodi & Paraskevas, 2014). Tais investigações permitiram ao anatomista propor o deslocamento do centro da inteligência, do coração, como preconizado por Aristóteles, para o cérebro (Singer, 1996, Magner, 2005). Diferente de muitos de seus contemporâneos, Herófilo considerou os átrios cardíacos como

---

<sup>45</sup> Aristóteles “era um excelente observador, e foi o primeiro a descobrir uma graduação na natureza viva. De fato, ele pensava que ‘a natureza passa dos objetos inanimados, por meio das plantas, para os animais numa sequência ininterrupta’.” (Mayr, 1998, p. 345).

estruturas do próprio coração e não prolongamentos da veia cava e das veias pulmonares, assim ele incluiu os átrios na anatomia cardíaca (Mavrodi & Paraskevas, 2014).

O fisiologista Erasítrato de Quios (cerca de 310-250 a.C.) avançou no estudo da morfofunção cardíaca ao relacionar o coração a uma máquina<sup>46</sup>, na qual estrutura e função estão interconectadas (Mavrodi & Paraskevas, 2014). Com relação às câmaras cardíacas, Erasítrato afirmou que, durante o relaxamento do coração, o ventrículo esquerdo encher-se-ia de espírito vital e o direito, de sangue. Na contração do coração, por outro lado, esses elementos seriam expulsos das câmaras cardíacas em direção ao sistema de vasos, e o retorno às câmaras seria bloqueado pela presença de válvulas semilunares, localizadas dentro dos vasos que deixam o coração (Singer, 1996).

“A abertura da veia arteriosa (artéria pulmonar) no ventrículo direito é bastante diferente da valva tricúspide, como Erasítrato observou; ela é provida por três espécies de bolsas, válvulas em forma de  $\Sigma$  (sigmoidal, ou semilunares), em que o arranjo é de tal ordem que um fluido possa passar para fora do ventrículo direito para a veia arteriosa, mas não retorna. Ele encontrou uma valva sigmoidal semelhante, na origem da artéria aorta, a partir do ventrículo esquerdo.” (Pasipoularides, 2013, pp. 1495-1496, tradução nossa)

Esse fisiologista ainda considerou as funções da valva bicúspide, estrutura que impediria a passagem do espírito vital por outro trajeto diferente da artéria aorta, e da valva tricúspide, estrutura que impediria o refluxo sanguíneo do ventrículo direito para o átrio direito (Singer, 1996).

“Em torno da abertura pela qual a veia cava e a aurícula direita se comunicam com o ventrículo direito, ele encontrou três pregas membranosas (valva tricúspide), dispostas de tal maneira a permitir que qualquer fluido vindo a partir das veias passe para o interior do ventrículo, mas não retorne. (...). A artéria venosa [veias pulmonares] e a aurícula esquerda tinham uma abertura diferente para o ventrículo esquerdo, e esta seria provida por válvulas membranosas triangulares parecidas com as do lado direito, mas apenas duas...” (Pasipoularides, 2012, pp. 1495-1496, tradução nossa)

A descrição das valvas cardíacas e de seu funcionamento foram as maiores contribuições de Erasítrato para a compreensão da morfofunção do coração (Mavrodi & Paraskevas, 2014). De acordo com Singer (1996), uma possível interpretação de Erasítrato sobre o movimento

---

<sup>46</sup> De acordo com Pasipoularides (2013), Erasítrato considerou o coração uma bomba.

circular do sangue no corpo humano foi impedida por suas ideias baseadas na teoria pneumática de Empédocles, que considerava as artérias vasos transportadores de ar. Ainda assim, suas contribuições referentes às valvas cardíacas, registradas nos trabalhos de seus sucessores, estabeleceram alguns dos fundamentos para a explicação do movimento circular do sangue, proposta por William Harvey, no século XVII (Pasipoularides, 2013).

Outro “filho de Alexandria”, cuja vida é menos lembrada, foi o médico Rufo de Éfeso (I d.C.), considerado por alguns como um dos escritores anatômicos mais interessantes do período do Império Romano. Rufo elaborou algumas ideias sobre o funcionamento do sistema cardiovascular, recorrendo, também, a dissecações de animais (Singer, 1996; Reverón, 2013).

“Rufo, segundo as suas próprias afirmações, obteve a maior parte de seu conhecimento de anatomia dissecando macacos e porcos e manifestou a sua insatisfação pela impossibilidade de realizar a dissecação de cadáveres humanos, como tinham feito seus antecessores...” (Reverón, 2013, p. 1329, tradução nossa)

A maior realização de Rufo, na esfera da morfofunção cardíaca, foi insistir<sup>47</sup> em que o pulso era o resultado da contração do coração e não do relaxamento (Reverón, 2013). Este anatomista afirmou que na sístole cardíaca o ápice do coração se chocava contra o tórax, contrariamente ao que se argumentava, e se continuou argumentando, no mundo ocidental<sup>48</sup>, até os séculos XVI e XVII, com o advento dos trabalhos de Matteo Realdo Colombo (1516-1559) e William Harvey (1578-1657), respectivamente (Singer, 1996). De forma oposta a Rufo, pensava-se que cada pulso estava diretamente relacionado à fase de diástole cardíaca (Singer, 1996), ou, de outra forma, que cada batida no peito era provocada pela dilatação do coração (Rebollo, 2002), considerada a fase ativa do movimento cardíaco (Décourt, 1990). O médico Galeno (129-199), por exemplo, acreditava que:

“As artérias eram anatomicamente contínuas ao coração; dessa forma, seu movimento era concebido como sendo sincrônico com o movimento do coração; quando o coração se dilatava, as artérias se dilatavam; quando o coração se contraía, as artérias se contraíam.” (Rebollo, 2002, p. 483)

Galeno assegurava que esses movimentos cardíacos serviriam a alguns propósitos: (a)

---

<sup>47</sup> O verbo insistir foi empregado porque Erasístrato, antes de Rufo de Éfeso, já considerava que o coração: “dilata e contrai por sua própria força inata. As artérias, por outro lado, são passivamente dilatadas, devido ao fluxo de pneuma [ar] forçado dentro delas pela contração do coração. Elas contraem, presume-se, por sua própria elasticidade.” (Dobson, 1927, pp. 828-829, tradução nossa)

<sup>48</sup> As obras de Rufo eram conhecidas pelos escritores árabes (Singer, 1996).

transportar o ar aspirado pelos pulmões para dentro do ventrículo esquerdo, para a geração dos espíritos vitais; (b) expelir o vapor fuliginoso do ventrículo esquerdo para os pulmões; (c) fornecer sangue arterial, com espíritos vitais, para todas as partes do corpo (Rebollo, 2002).

Quanto aos elementos da anatomia cardíaca, Galeno considerava que o coração estaria localizado no centro do tórax, o que lhe garantiria segurança e a frieza necessária ao seu resfriamento, proporcionados pela proximidade dos pulmões circundantes (Mavrodi & Paraskevas, 2014), aspectos considerados anteriormente por Hipócrates – Galeno foi seu maior intérprete (Rebollo, 2006). Segundo Galeno, as fibras cardíacas estariam orientadas em três direções (reta, oblíqua e transversal), possibilitando movimentos fortes e contínuos. As paredes do lado esquerdo do coração seriam mais fortes e espessas, pois este lado seria uma câmara pneumática, estruturada para conter o ar que vem dos pulmões. Por outro lado, a câmara direita, arquitetada para receber sangue, teria as paredes mais finas para contrabalancear o peso proporcionado pelo sangue, evitando, assim, a inclinação do coração para o lado direito (Mavrodi & Paraskevas, 2014). Galeno reivindicava a presença de poros no septo interventricular, estruturas necessárias ao seu modelo explicativo sobre o movimento de sangue no corpo (Singer, 1922; West, 2008), aspectos explorados na subseção seguinte, intitulada *Circulações e transfusão de sangue*.

Uma análise das contribuições dos gregos antigos, da fase pós-hipocrática, permite inferir que os mesmos descreveram a morfofunção cardíaca com grande precisão (apesar de alguns equívocos) e que poucos elementos se somaram, até o período renascentista, a tais descrições que continuam sendo, em grande medida, elementos de referência até os dias atuais (Mavrodi & Paraskevas, 2014).

No Renascimento, a ideia proposta por Erasítrato de Quios (cerca de 310-250 a.C.) e sustentada por Rufo de Éfeso (I d.C.), sobre a relação entre a sístole cardíaca e a expansão arterial, foi novamente trazida à tona por Matteo Realdo Colombo (1515-1559), um médico italiano (Singer, 1922; Pasipoularides, 2013). Colombo nasceu em Cremona, Itália, filho de um boticário, mas recebeu sua educação inicial em Milão. Seus estudos em medicina começaram em Veneza. Após sete anos em Veneza, Colombo mudou-se para a Universidade de Pádua, um dos principais centros de educação médica da Europa renascentista, que vivia um momento singular para a história da Ciência (Fye, 2002):

“André Vesálio (1514-1564) estava escrevendo e preparando as ilustrações para seu monumental trabalho anatómico *De humani corporis fabrica libri septum*. (...) Colombo tornou-se seu auxiliar em

1541. Vesálio foi substituído por Colombo durante o ano de 1542, quando o anatomista sênior foi à Suíça supervisionar a impressão de seu livro que iria ser publicado no ano seguinte. A amizade logo terminou quando Colombo criticou Vesálio publicamente.” (Fye, 2002, p. 135, tradução nossa)

Assim como Colombo, o médico inglês William Harvey também não concordava com a ideia galênica referente à relação entre os movimentos cardíacos e o pulso arterial e investigou essa questão através da vivisseção de animais (Mowry, 1985). Ao tomar o coração de animais de experimentação em suas mãos, Harvey observou que este órgão endurecia durante um determinado momento da ação cardíaca. Tal rigidez foi associada ao endurecimento muscular que se segue a contração da musculatura do antebraço e o concomitante movimento. Desse modo, Harvey supôs que a sístole ou contração cardíaca seria a fase ativa do movimento, enquanto a expansão ou diástole corresponderia à fase passiva (Harvey, 1999).

Corroborando com tal ponto de vista, a observação do coração de animais de sangue frio, como sapos, serpentes e caranguejos, permitiu que Harvey verificasse que a contração cardíaca deixava o coração com uma coloração mais pálida, enquanto o relaxamento cardíaco possibilitava o aparecimento de uma coloração mais avermelhada, em função da expulsão e retorno de sangue a esse órgão, respectivamente. Ademais, Harvey fez associações entre essas alterações de coloração do coração e as dimensões desse órgão, em cada fase do movimento cardíaco (Harvey, 1999). Tais evidências empíricas permitiram a Harvey associar o ganho em comprimento e a diminuição em largura do coração humano, à sístole (contração) cardíaca, e o contrário a diástole (relaxamento). Essas constatações levaram-no a crer que, durante a sístole, o ápice do coração chocar-se-ia contra o tórax, pois o ganho em comprimento, nesta fase do movimento, colocá-lo-ia em contato com a quinta costela (Singer, 1922, 1996).

Com relação ao papel dos átrios, Harvey se opôs à concepção anterior de que essas câmaras seriam meros receptáculos de sangue (Rebollo, 2002). Nesse sentido, Harvey propôs que a relação entre os átrios e os ventrículos seria a mesma identificada entre os ventrículos e as artérias (aorta e pulmonar), após observar o coração de animais, quase mortos, que tiveram seus ventrículos retirados. Após tal retirada, Harvey percebeu que a contração dos átrios teria o papel de direcionar o sangue dessas câmaras para os ventrículos (Singer, 1922, 1996), assim como estes deslocam sangue para as artérias. Além disso, Harvey observou que os átrios dão início ao movimento cardíaco e que essas câmaras se contraem, simultaneamente, deslocando sangue para os ventrículos que, logo em seguida, também se contraem, simultaneamente, lançando sangue nas artérias, através de um processo sincrônico (Rebollo, 2002).

A evolução do conhecimento sobre a ritmicidade cardíaca dependeu, entre outras coisas, de um conhecimento ainda não existente no período em que Harvey viveu – a compreensão da capacidade dos músculos gerarem e descarregarem correntes elétricas. A noção de eletricidade animal foi construída ao largo do século XVIII por vários indivíduos, embora as ideias do médico italiano Luigi Galvani (1737-1798), decorrentes de suas investigações com músculos de rãs, tenham tido um maior impacto internacional. No século XIX, os estudos de Galvani foram impulsionados por Carlo Matteucci (1811-1868), físico italiano, interessado nas correntes elétricas que fluem em partes íntegras e lesadas de um músculo. Por volta de 1872, o desenvolvimento tecnológico do eletrômetro capilar, por Gabriel Lippman (1845-1921), possibilitou o registro gráfico dos fenômenos bioelétricos, inclusive da eletrofisiologia cardíaca humana, feito realizado por Augustus Waller (1856-1922), em 1877. No ano de 1901, o holandês Willem Einthoven (1860 - 1927) registrou o primeiro eletrocardiograma, aspecto que vem possibilitando grandes avanços no campo do diagnóstico e tratamento das arritmias cardíacas (Micheli, 2011).

De volta ao século XVII, é considerável afirmar que os estudos sobre o coração, nesse período, não se restringiram aos elementos característicos da morfofunção normal. Em 1671, o anatomista e naturalista dinamarquês Niels Stensen (1638-1686) descreveu, pela primeira vez, a anomalia cardíaca que conhecemos atualmente como tetralogia de Fallot. A investigação de um feto humano natimorto, conduzida por Stensen, possibilitou a descrição das quatro malformações que acompanham essa anomalia cardíaca: (1) obstrução (estenose ou atresia) da artéria pulmonar; (2) defeito no septo ventricular; (3) sobreposição aórtica; (4) hipertrofia ventricular direita. Em 1777, o médico holandês Eduard Sandifort (1742-1814) denominou um de seus pacientes de “o garoto azul<sup>49</sup>”. Sandifort pensou que o garoto, que morreu aos 12 anos, sofria de asma, mas a autópsia revelou que o coração dele possuía uma malformação cardíaca congênita, a tetralogia de Fallot. Nos séculos XVIII e XIX, muitos indivíduos relataram esta condição patológica, mas a descrição de uma série de cinco casos, elaborada por Etienne-Louis Arthur Fallot (1850-1911), em 1888, apresentou maior relevância clínica. Em seu relato, Fallot afirmou, entre outros aspectos, que a malformação não seria causada por um forame oval<sup>50</sup> patente, como muitos defendiam (Praagh, 2009).

---

<sup>49</sup> A tetralogia de Fallot cria alterações circulatórias que promovem a saída de sangue com maior teor de dióxido de carbono, através da artéria aorta. A distribuição corpórea desse sangue com maior teor dióxido de carbono torna os pacientes cianóticos, ou seja, a pele dos mesmos torna-se azulada.

<sup>50</sup> O forame oval é um orifício situado no septo interatrial, presente na vida fetal, que permite o desvio de sangue do átrio direito para o átrio esquerdo, evitando-se, em certa medida, a circulação pulmonar, pois a oxigenação fetal faz-se por meio da placenta.

“Fallot atribuiu a morfogênese da tetralogia a um processo patológico intrauterino envolvendo a válvula pulmonar e o infundíbulo subpulmonar. Em outras palavras, ele entendeu que um único processo patológico seria responsável pela associação não aleatória da téttrade” (Praagh, 2009, p. 24).

Conclusões similares, alcançadas com o emprego de exames de imagens, sobre o processo patológico implicado na gênese da tetralogia de Fallot, serviram de suporte para o desenvolvimento de procedimentos cirúrgicos para o tratamento dessa condição, na segunda metade do século XX. Julga-se pertinente mencionar que a terminologia *Tetralogia de Fallot* foi cunhada, apenas, em 1924, pela médica pediatra Maude Abott (1869-1940), pioneira na cardiologia pediátrica e na patologia cardiológica pediátrica, que julgou que essa designação mais curta seria mais facilmente empregada do que a descrição das quatro alterações cardíacas (Praagh, 2009).

Apesar dos avanços na compreensão da tetralogia, no tangente ao conhecimento das características morfológicas das condições cardíacas cianóticas (derivadas de achados *post-mortem*), o tratamento dos pacientes tardou até o dia 29 de novembro do ano de 1944, quando a primeira cirurgia de desvio da artéria subclávia para a artéria pulmonar, tonou-se uma realidade (Vricella, Jacobs & Cameron, 2013). Pouco antes da criação desse procedimento, os pacientes eram:

“frequentemente confinados a uma enfermaria, onde o arsenal diagnóstico - história e exame físico, bem como a radiografia simples e a fluoroscopia - era tão limitado quanto os meios terapêuticos para aliviar os sintomas - suplementação de oxigênio e diuréticos. Isso deixou milhares de crianças não tratadas, cujo único destino certo era a morte.” (Vricella, Jacobs & Cameron, 2013, p. 852)

O procedimento cirúrgico que permitiu a sobrevivência de Eillen, uma bebê de 15 meses de idade, é reconhecido, até os dias de hoje, como Derivação Blalock-Taussig, uma homenagem a dois de seus criadores, o médico Alfred Blalock (1899–1964) e a médica Helen Taussig (1898–1986). Uma terceira pessoa, o técnico de laboratório Vivien Theodore Thomas (1910–1985), não recebeu os devidos créditos por sua participação nesse feito, em decorrência de fatores como a sua posição social, o cargo que ocupava na Universidade e a cor de sua pele (Broga & George, 2003).

A Derivação Blalock-Taussig foi desenvolvida a partir de uma demanda da pediatra

americana Helen Taussig, que sofreu com a discriminação de gênero, no âmbito da formação médica, e com limitações decorrentes da dislexia e da surdez profunda (Vricella, Jacobs & Cameron, 2013). Há muito tempo, Taussig procurava uma estratégia terapêutica capaz de resolver a doença de seus “bebês azuis”. Após ter tomado conhecimento da primeira grande operação torácica tolerada por uma criança – o primeiro fechamento de uma persistência do canal arterial<sup>51</sup> – Taussig propôs ao médico Alfred Blalock, também médico do Hospital Universitário Johns Hopkins, o desenvolvimento de um procedimento cirúrgico capaz de amenizar o sofrimento de seus pacientes. Blalock aceitou o desafio e discutiu a demanda com Vivien Thomas, seu técnico de laboratório. Thomas já trabalhava com Blalock há algum tempo e essa experiência, associada a suas habilidades manuais, capacitaram-no a desenvolver, com maestria, procedimentos cirúrgicos, utilizando animais (coelhos e cachorros) como modelo experimental. As discussões entre Blalock e Thomas e as várias tentativas experimentais levaram-nos à concepção da cirurgia que promoveu o desvio de sangue da artéria subclávia para a artéria pulmonar, provocando o aumento do fluxo sanguíneo pulmonar e o restabelecimento da oxigenação dos pacientes (Broga & George, 2003).

Apesar do sucesso desse procedimento cirúrgico, sabia-se que o mesmo tratava-se de uma terapia paliativa, que salvaria a vida dos pacientes por alguns anos até a realização de uma intervenção cirúrgica para correção completa da tetralogia de Fallot. Dessa forma, considera-se que Blalock, Taussig e Vivien inauguraram, no século XX, uma nova era no campo da cirurgia cardiológica pediátrica (Vricella, Jacobs & Cameron, 2013), tendo como principal objetivo o tratamento de uma alteração da morfofunção cardíaca, identificada no século XVII.

### **Circulações e transfusão de sangue**

A proposição de uma pequena circulação, ou circulação pulmonar, foi atribuída a uma série de filósofos naturais que, de forma independente, ou não, construíram seus argumentos em oposição ao sistema galênico de movimento do sangue no corpo humano. Apesar disso, deve-se demarcar que muitas ideias oposicionistas não representaram uma ruptura completa com o pensamento do médico grego, a exemplo da concepção de Colombo sobre a pequena circulação, ainda atrelada à ideia de formação de espíritos vitais, como descrito por Fye (2002).

---

<sup>51</sup> O canal arterial ou ducto arterial é uma pequena artéria que conecta a artéria pulmonar à artéria aorta, no período fetal. Esse canal permite que quase todo o sangue flua da artéria pulmonar para a aorta, evitando os pulmões, pois o sangue do feto é oxigenado na placenta da mãe. Após o nascimento, em algumas horas ou dias, ocorre o fechamento desse canal. O canal arterial de algumas crianças não fecha – condição denominada persistência do canal arterial.

Nesse sentido, antes de introduzir os personagens históricos e os processos envolvidos em suas realizações, julga-se necessário ampliar algumas considerações sobre o sistema fisiológico de Galeno.

No sistema galênico, o sangue deslocar-se-ia da veia principal do fígado (atualmente veia hepática) desembocando na veia cava, encarregada de nutrir todo o corpo e subdividida em veia cava inferior, que nutriria os membros, e veia cava superior, que serviria à nutrição da cabeça. Uma parcela do sangue da veia cava ainda chegaria ao lado direito do coração, considerado um prolongamento da veia cava e mero receptáculo passivo de sangue (Rebollo, 2002).

Segundo Singer (1922), duas estruturas desse sistema venoso são de particular interesse para a compreensão do sistema fisiológico de Galeno. A primeira, denominada por Galeno de veia arterial (atualmente artéria pulmonar), estender-se-ia do coração até os pulmões, levando nutrientes para esses órgãos. A segunda estrutura, ou conjunto de estruturas, compõe o que Galeno denominou de poros no septo interventricular. Os poros no septo interventricular, imaginados por Galeno, teriam a função de permitir a passagem do sangue do ventrículo direito do coração para o ventrículo esquerdo, através da parede muscular desse septo. Apesar da impossibilidade de diferentes materiais, de diminutos tamanhos, ultrapassarem esses canais, a crença na existência dos mesmos permaneceu durante muitos séculos, sendo proposto, inclusive, que os limites da visão humana incapacitariam tal observação. A aceitação dos poros subsistiu, principalmente, porque a existência dos mesmos era uma condição imprescindível, no esquema fisiológico galênico (Singer, 1922). Os poros no septo explicariam a presença de sangue no ventrículo esquerdo, tendo em perspectiva que no sistema galênico o sangue não passaria dos pulmões para tal ventrículo (West, 2008).

Na concepção galênica o ar (pneuma), originário do mundo exterior, seria transportado para o ventrículo esquerdo do coração por meio da artéria venosa (atualmente reconhecida como veia pulmonar). Esse ar entraria em contato com o sangue provindo do ventrículo direito, após sua passagem, gota a gota, através do septo interventricular. No ventrículo esquerdo, as gotas de sangue, em contato com o ar, transformar-se-iam em um espírito, denominado espírito vital, um tipo superior de pneuma transportado pelo sangue através das artérias. Esse espírito seria responsável por todo tipo de atividade muscular e movimento. Segundo Galeno, um percentual de sangue arterial desembocaria no cérebro e seria enriquecido com outro espírito, o espírito animal, distribuído para o corpo pelo fluido nervoso localizado dentro dos nervos, considerados estruturas ocas. O espírito animal seria responsável por todo tipo de atividade

nervosa, como a sensação e a razão (Singer, 1922, 1996).

Para Galeno, a formação do espírito vital, no ventrículo esquerdo, produziria resíduos fuliginosos, posteriormente direcionados para os pulmões, através da artéria venosa e, em seguida, exalados com a respiração (Rebollo, 2002). Portanto, a artéria venosa serviria à passagem de dois tipos de substância, ar, vindo do meio externo, e resíduos fuliginosos, formados no ventrículo esquerdo.

O sistema proposto por Galeno, referente ao deslocamento do sangue no corpo, não foi contestado até o século XIII no oriente (no ocidente, até o século XVI), quando o médico árabe Ibn Al-Nafis (1213-1288), nascido e educado em Damasco, começou a questionar alguns dos alicerces desse esquema explicativo (West, 2008). Al-Nafis fez parte da Idade de Ouro Islâmica<sup>52</sup> e pode ser considerado um ponto de conexão entre a escola galênica e os estudiosos do Renascimento Europeu, como Miguel de Serveto (1511-1553), André Vesálio (1514 -1564), Matteo Realdo Colombo (1516 -1559), Hieronymus Fabricius de Acquapendente (1533-1619) e William Harvey (1578 -1657) (West, 2008).

Ibn Al-Nafis contribuiu para tornar inconsistente as alegações de muitos acadêmicos do Ocidente, relacionadas à ausência de originalidade da Medicina Árabe, supostamente eficiente, apenas, na preservação dos saberes dos gregos antigos. Considerado um escritor incansável e um homem piedoso, Al-Nafis era admirado por seus colegas por suas habilidades médicas e investigativas (Magner, 2005). Em uma de suas mais importantes obras, *Comentários Sobre Anatomia no Cânon de Avicena*, Al-Nafis, fez importantes avanços em relação ao sistema fisiológico de Galeno (West, 2008).

O médico árabe, em concordância com Galeno, considerava que a produção do espírito vital, uma das funções do coração, deveria ocorrer mediante o contato entre o sangue altamente refinado, do ventrículo direito, com o ar oriundo do exterior. Apesar disso, Al-Nafis argumentou que o sangue, em processo de refinamento no ventrículo direito, não poderia ter contato com o ar presente no ventrículo esquerdo, através de passagens existentes no septo interventricular. Para Al-Nafis, este septo não possuía poros, visíveis ou invisíveis, por onde o sangue poderia passar, pois sua substância seria muito espessa (Meyerhof, 1935). Segundo Al Nafis, o sangue, após refinamento no ventrículo direito, deveria ascender aos pulmões através da veia arterial

---

<sup>52</sup> “atividade científica que ocorreu em uma área substancial da Europa e Ásia a partir da Península Ibérica e norte da África no oeste ao Vale do Indo, a leste, e do sul da Arábia, no sul ao Mar Cáspio, no norte. Alguns estudiosos preferem o termo “ciência árabe”, porque a maioria dos documentos foi escrita em árabe, que era a língua franca da região. No entanto, nem todos os cientistas eram árabes; de fato, alguns dos mais ilustres, como Avicena (cerca de 980 -1037), foram persas.” (West, 2008, p. 1877, tradução nossa)

com a finalidade de expandir seu volume e ser misturado com o ar. Em seguida, o sangue desembocaria no ventrículo esquerdo, por meio da artéria venosa, a fim de ganhar aptidão para se tornar espírito vital. Na perspectiva do médico sírio, esses dois vasos sanguíneos, veia arterial e artéria venosa, se conectariam nos pulmões através de poros. Deve-se referendar que a criatividade e a intuição de Al-Nafis foram determinantes no desenvolvimento de suas proposições, tendo em vista que as dissecações, mesmo em animais, eram proibidas em sua região (Meyerhof, 1935).

No mundo ocidental, as ideias de Galeno sobre a pequena circulação só começaram a ser questionadas no século XVI, durante o Renascimento Europeu, quatorze séculos após a morte do médico grego (Singer, 1922; Meyerhof, 1935; West, 2008). Os trabalhos de André Vesálio, Miguel de Serveto e Matteo Realdo Colombo contribuíram com o processo de revisão de alguns dos pressupostos galênicos.

Nascido na cidade de Bruxelas, Bélgica, filho do farmacêutico do Imperador Charles V, André Vesálio (1514-1564) iniciou seus estudos médicos em Lovaina e continuou-os em Paris, local onde se encontravam alguns dos melhores professores. A guerra entre a França e o Império Alemão fez Vesálio regressar à Faculdade de Medicina de Lovaina, local onde reintroduziu a dissecação de cadáveres, como processo de investigação em anatomia humana. Em seguida, Vesálio partiu para o norte da Itália, mais especificamente para a cidade de Pádua, onde se tornou professor da Universidade de Pádua (Bynum, 2013). Após cinco anos de trabalho em Pádua, Vesálio publicou, no ano de 1543, *De Humani Corporis Fabrica*, trabalho reconhecido como a primeira grande obra de anatomia e fisiologia humana, pós-Galeno (Singer, 1922).

Os ensinamentos iniciais de Vesálio ainda preservaram elementos do galenismo, principal referencial médico daquele período de Pádua. Entretanto, a veracidade dos argumentos do médico grego começou a ser questionada por Vesálio, principalmente por ter se convencido que Galeno tinha pouca experiência com a dissecação de seres humanos, fundamentando-se, basicamente, em estudos com animais (Gribbin, 2005; Braga, Guerra & Reis, 2008; Fara, 2012). Vesálio, por outro lado, ministrava suas aulas realizando, ele mesmo, as dissecações de cadáveres de humanos, rompendo com o modelo de ensino seguido, até então, no qual cirurgiões, considerados médicos de menor prestígio, dissecavam o corpo humano, enquanto o médico erudito ensinava o conteúdo a certa distância do cadáver (Gribbin, 2005). Uma das grandes lições de Vesálio, diretamente relacionada com seu estilo educacional, foi ensinar a seus

alunos a “olharem com seus próprios olhos”, a observar, ao invés de acreditar, cegamente, nos textos tradicionais (Mayr, 1998; Gribbin, 2005). Tais ensinamentos influenciaram seus sucessores na cadeira de anatomia na Universidade de Pádua e, conseqüentemente, o médico inglês William Harvey, formado nessa instituição décadas mais tarde (Fara, 2012).

Apesar dos avanços metodológicos e das reflexões frente às ideias de Galeno, Vesálio não contribuiu, diretamente, com novas perspectivas morfofuncionais para a superação do esquema Galênico de movimento do sangue no corpo humano. Vesálio tentou passar cerdas através das diminutas depressões do septo cardíaco, sem êxito, afirmando que a substância do mesmo impediria a passagem da menor partícula (Singer, 1922, 1996). Entretanto, o médico Belga não sustentou tal posição em seus escritos, mantendo, assim como Galeno, a existência de tais orifícios no septo cardíaco (Fara, 2012). Convém destacar que, quando as pesquisas de Vesálio chegaram próximo à heresia, no contexto das tensões religiosas que a Europa vivia, este considerou “oportuno citar os antigos e se maravilhar com a engenhosidade do Criador” (Magner, 2005, p. 241, tradução nossa).

Outras ideias a favor da pequena circulação e contrárias ao galenismo foram propostas pelo espanhol Miguel de Serveto (1511-1553), que estudou teologia, direito e medicina na França, tendo contato, no curso médico, com alguns dos professores de André Vesálio, possivelmente, um de seus colegas de estudo. Serveto foi, antes de todas as coisas, um questionador teológico inveterado no momento em que a Europa vivia grandes tensões entre católicos e protestantes. Seus livros não foram bem aceitos por ambos os seguimentos religiosos, o que provocou sua prisão e posterior condenação à morte, na fogueira, por supostas ideias heréticas (Singer, 1922; Gribbin, 2005; Magner, 2005).

Serveto acreditava que um conhecimento mais aprofundado sobre a fisiologia humana permitiria compreender os caminhos que levariam ao conhecimento de Deus, entre outras palavras, compreender o espírito do homem era necessário para compreender o espírito de Deus. Por essa razão, suas obras teológicas fizeram menções ao funcionamento do corpo (Singer, 1922; Magner, 2005). A grande contribuição de Serveto para o conhecimento sobre o sistema cardiovascular referiu-se a um ponto antagônico ao trabalho de Galeno, a presença de uma circulação de sangue entre o coração e os pulmões, a pequena circulação (Singer, 1922), já descrita por Ibn Al-Nafis, 300 anos antes, em um trabalho que, certamente, não influenciou Serveto (Meyerhof, 1935; West, 2008).

Serveto afirmou a existência de uma circulação pulmonar baseando-se em dados

observáveis, como: (1) a mudança da cor do sangue, após passagem pelos pulmões, (2) as comunicações entre a veia arterial (atual artéria pulmonar) e a artéria venosa (atual veia pulmonar), e (3) a ausência de poros no septo interventricular (Singer, 1922; Magner, 2005). Em conjugação a esses elementos observáveis, Serveto propôs que o grande calibre da veia arterial deveria permitir a passagem de sangue necessário à nutrição dos pulmões, como afirmava Galeno, mas também a passagem de sangue a ser enriquecido com ar, nesses órgãos. Além disso, Serveto considerou que o tamanho reduzido do ventrículo esquerdo não seria suficiente para abrigar o processo de enriquecimento do sangue com ar. Embora Serveto tenha manifestado posições contrárias a algumas ideias galênicas, deve-se explicitar que este:

“opera com uma mentalidade totalmente galênica, considerando-se capaz de descobrir a função das distintas partes mediante a simples consideração da forma das mesmas; com uma mentalidade na qual impera a ideia de que a conexão unitária entre forma e função é acessível imediata e diretamente ao cientista; mentalidade, enfim, apoiada em raciocínios teleológicos de cunho galênico.” (Teulón, 2001, p. 43, tradução nossa)

As ideias de Serveto sobre a pequena circulação influenciaram Matteo Realdo Colombo (1516-1559) que, posteriormente, foi referenciado na obra de William Harvey (Singer, 1922). Possivelmente, o anatomista italiano Colombo teve acesso às ideias de Serveto através de uma das poucas cópias de *A Restauração do Cristianismo* (obra de Serveto) salvas da fogueira. O acesso às ideias de Serveto pode ter ocorrido, também, por meio de Vesálio, já que os colegas deste tiveram contato com Serveto, em Pádua (Singer, 1922). Essas alegações não são reconhecidas por autores que consideraram que suas conclusões foram elaboradas de forma independente, sem acesso às ideias de Serveto, e com recurso a dissecações e vivisseccções (Magner, 2005; Pasipoularides, 2013).

“Baseado em muitas disseccções de seres humanos e vivisseccções de animais vivos, o anatomista italiano argumentou que as veias pulmonares, como todas as outras veias do corpo, contêm sangue ao invés de apenas ar. Ele propôs que o sangue misturava-se com o ar nos pulmões, em vez de no próprio coração.” (Fye, 2002, p. 136, tradução nossa)

Ao mesmo tempo em que observou a presença de sangue nas veias pulmonares, Colombo “reconheceu que as válvulas cardíacas são competentes e, portanto, o sangue vital não poderia voltar para os pulmões” (Aird, 2011, p. 123, tradução nossa). Assim, raciocinou que, em função da competência da valva bicúspide, o sangue não poderia passar do ventrículo

esquerdo para o átrio esquerdo e, conseqüentemente, atingir as veias pulmonares. Portanto, como explicar a presença de sangue nas veias pulmonares? Colombo também não conseguiu identificar poros no septo interventricular que permitissem a passagem de sangue do ventrículo direito para o esquerdo. De acordo com Colombo, o sangue só poderia chegar ao lado esquerdo do coração através de sua passagem pelos pulmões (Mowry, 1985). Nas palavras de Colombo, traduzidas por Fye (2002, p. 136, tradução nossa):

“entre os dois ventrículos se estende um septo através do qual quase todo mundo acredita que abre um caminho para o sangue, do ventrículo direito para o esquerdo, e que o sangue é finamente processado de modo que possa ser trabalhado mais facilmente para a geração de espíritos vitais. Mas, eles cometeram um grande erro, pois o sangue é levado através da artéria pulmonar para os pulmões e aí se torna menos denso; então é levado, juntamente com o ar, através da veia pulmonar para o ventrículo esquerdo do coração.”

De acordo com Harvey (1999), Colombo julgava que a amplitude e capacidade da artéria pulmonar não serviriam a um único propósito, conduzir sangue para nutrir os pulmões. Em contrapartida, Colombo assegurava que o calibre da artéria pulmonar estaria relacionado à função dos pulmões de formar e conter espíritos (Harvey, 1999), também reconhecidos, nesse caso, como pneuma ou ar. Como se percebe, Colombo recorreu a argumentos similares aos de Serveto para sustentar o conceito de circulação pulmonar. Tal conceito foi empregado por Harvey para explicar como o sangue venoso poderia sair do lado direito do coração atingindo o lado esquerdo desse órgão (Singer, 1996), aspecto que contribuiu para a sua tese de um movimento circular de sangue no organismo.

Na mesma direção de seus antecessores, Vesálio e Colombo, na Universidade de Pádua, Harvey afirmou que “a carne do septo cardíaco é mais dura e compacta do que a de qualquer outra parte do corpo, exceto a dos ossos e a dos tendões” (Harvey, 1999, p. 21), característica que impediria a passagem do sangue do lado esquerdo para o direito do coração, via septo cardíaco, como postulado por Galeno. Ele também reafirmou que o sangue chega ao átrio direito do coração através da veia cava e passa para o ventrículo direito, sem possibilidade de retorno ao átrio direito, em virtude da presença de uma válvula que impede o refluxo sanguíneo. Harvey ainda argumentou que a veia arterial, que lança o sangue nos pulmões, também é guarnecida por válvulas, que impediriam o refluxo sanguíneo para o ventrículo direito (Harvey, 1999). Portanto, segundo Harvey, a presença do septo e das válvulas inviabilizaria o deslocamento de sangue do lado direito para o esquerdo por qualquer rota que não passasse pelas porosidades

dos pulmões (Singer, 1922, 1996).

A reafirmação de argumentos favoráveis à existência da pequena circulação, por William Harvey, foi determinante para o seu mais importante passo, declarar a existência da grande circulação ou circulação sistêmica, um circuito que conectaria veias a artérias, ininterruptamente. De acordo como Mowry (1985), quatro argumentos foram essenciais para sustentar sua explicação referente ao movimento circular do sangue: (1) argumento quantitativo; (2) argumento da experimentação; (3) argumento da explicação; e (4) argumento da predição. A exploração desses argumentos permite uma melhor compreensão da estrutura de pensamento utilizada pelo médico inglês para suportar sua tese.

Com o recurso de dissecação de cadáveres (Rebollo, 2002), Harvey pode mensurar a capacidade do ventrículo esquerdo – duas onças<sup>53</sup> de sangue. Em seguida, afirmou que o coração contrai-se mais de mil vezes em 30 minutos, às vezes três, ou mesmo quatro mil vezes (Harvey, 1999). Tais premissas o levaram a multiplicar o número de onças pelo número de batidas. Esses cálculos permitiram afirmar que em uma hora o ventrículo esquerdo deslocaria cerca de 8640 onças ou 245 quilos de sangue, o que corresponderia a mais de três vezes o peso de um homem corpulento. Essas assunções fizeram com que o médico inglês se perguntasse de onde viria toda aquela quantidade de sangue e para onde ela iria. Na sua óptica, o ser humano não poderia ingerir comida ou bebida suficiente para produzir aquela quantidade de sangue, que, também, não poderia ir para os tecidos, o que provocaria o rompimento deles (Singer, 1922, 1996). A concepção galênica – construída a partir das ideias de Aristóteles – de que o sangue seria produzido no fígado (Rebollo, 2006) sofreria, então, um duro golpe a partir dessas constatações que constituíram o chamado “argumento quantitativo” ou “prova quantitativa” da circulação do sangue (Mowry, 1985; Rebollo, 2002).

“tamanho é a sua quantidade e tanto o seu fluxo e refluxo daqui para lá pelas artérias, e de lá para cá regressando pelas veias, que não é possível que seja derivado apenas dos alimentos, pois ultrapassa em abundância aos alimentos ingeridos e aqueles que poderiam ser requerido para a nutrição do corpo. É, pois, necessário concluir que o sangue nos animais se agita com um movimento circular e perpétuo e que a única causa desse movimento está no coração, que exerce esta ação ou função por meio da compressão ou pulsação” (Harvey, 1999, p. 68)

A elaboração da explicação do movimento circular do sangue foi fundamentada, também, pelos argumentos advindos dos experimentos desenvolvidos por Harvey (Mowry, 1985),

---

<sup>53</sup> Uma onça equivale a 28 gramas.

destacando-se os experimentos com serpentes e os envolvendo ligaduras no braço de seres humanos, estes últimos já explorados na seção *Morfofunção dos vasos sanguíneos*.

Em busca de evidências que fundamentassem sua hipótese sobre a direção do fluxo de sangue, nas veias e artérias, Harvey conduziu experimentos com serpentes (Singer, 1922). Com a utilização de uma pinça ou do próprio dedo, Harvey clampeou a veia cava de um desses animais, logo abaixo do coração, e percebeu que o trecho desse vaso, entre o coração e o fórceps, permanecia vazio. Ademais, o cientista inglês verificou que o coração começou a adquirir uma coloração pálida e tornou-se menor, em virtude da ausência de preenchimento por sangue procedente da veia cava. Por outro lado, ao obliterar a artéria que deixa o coração da serpente, Harvey provocou efeitos contrários, como a dilatação do coração e o surgimento de uma cor púrpura neste órgão, em função da retenção de sangue. A retirada da obstrução provocou o retorno do coração ao estado natural, em ambas as situações (Harvey, 1999). Essas observações fortaleceram as suas suposições referentes à passagem de sangue das veias para as artérias e à existência da circulação de sangue (Singer, 1922).

De acordo com Mowry (1985), pode-se afirmar que William Harvey aliou os argumentos quantitativo e experimental ao argumento da explicação:

“Para explicar um fenômeno natural de forma satisfatória alguém deve, pensava-se, considerar a causa final, o propósito da existência e da forma desse fenômeno. Uma sequência de causa e efeito era manifesta na própria natureza das coisas: a natureza, era sustentado, não faz nada em vão.”  
(Mowry, 1985, p. 55, tradução nossa)

Nessa perspectiva, Harvey argumentou que a circulação de sangue pelo corpo seria a razão para a existência e forma de algumas estruturas. O ventrículo esquerdo, por exemplo, seria mais espesso que o direito em virtude do primeiro bombear sangue para todo o corpo, enquanto o segundo bombearia sangue apenas para os pulmões. Dentro dessa lógica, as artérias mais próximas ao coração deveriam ser mais espessas para poder acomodar o impulso sanguíneo proveniente do ventrículo esquerdo. Além de tudo isso, a explicação do movimento circular de sangue pôde clarificar alguns achados, explicados de forma incoerente pelas perspectivas anteriores, a exemplo da ausência de sangue nas artérias e da presença de sangue nas veias de cadáveres (Mowry, 1985). Segundo Harvey (1999, p. 52):

“(…) Quando o animal morre, com a interrupção do movimento dos pulmões fica impedida a passagem do sangue das ramificações da *vena arteriosa* para a *arteria venosa* e desta para o

ventrículo esquerdo do coração. Mas como o coração não para de se mover juntamente com os pulmões, mas continua pulsando e sobrevive a eles por certo tempo, o que ocorre é que o ventrículo esquerdo e as artérias continuam enviando sangue para as veias do corpo, mas como já não o recebe dos pulmões, logo em seguida ficam vazias”.

Harvey também utilizou um argumento de explicação para justificar o objetivo do sangue circular no corpo. Para tal, recorreu à perspectiva aristotélica, afirmando que o sangue circula no corpo para recuperar, ao transitar pelo coração, o calor perdido para os tecidos e necessário a vida (Mowry, 1985).

O que me leva a denominar esse movimento de circular é que ele imita o movimento dos corpos superiores da mesma forma que o fazem, segundo Aristóteles, o ar e as chuvas. Com efeito, a terra úmida evapora ao ser aquecida pelo sol; os vapores se elevam às alturas onde se condensam e, já condensados, voltam a descer na forma de chuva que umedece a terra; e desta maneira, pela aproximação e afastamento do sol em seu movimento circular são geradas as coisas viventes e se originam as tempestades e os meteoros. O mais provável é que as coisas ocorram do mesmo modo no corpo e que o movimento do sangue nutra de calor e revigore todas as partes ao levar sangue mais quente, mais perfeito, mais vaporoso e espirituoso e eu diria, ainda, mais nutritivo. Nas suas partes ocorre o contrário: o sangue esfria, engrossa e por assim dizer, deve retornar ao seu princípio...” (Harvey, 1999, p. 47)

Em associação aos argumentos quantitativo, experimentais e explicativos, Harvey considerou, na defesa de sua tese, argumentos preditivos. No tempo de Harvey, a explicação de alguns fenômenos, como a disseminação da sífilis de seu local original, os efeitos internos de uma medicação aplicada na superfície externa do corpo, ou a disseminação de venenos das picadas de serpentes, não era algo trivial. Apesar da inexistência de elementos, provenientes de dissecações ou vivisseções, que substanciassem esses achados, Harvey fez predições, com base em sua explicação. Por exemplo, quanto à disseminação da sífilis da região genital, causando dores nas costas e na cabeça, Harvey afirmou que o contágio poderia retornar, junto com o sangue, para o coração e, em seguida, ser dissipado para todo o organismo. Como as demonstrações anatômicas eram consideradas, por Harvey, as melhores evidências, os argumentos preditivos caracterizaram-se, apenas, como argumentos acessórios no seu esquema explicativo (Mowry, 1985).

A novidade apresentada por Harvey em sua obra *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais* chocou o mundo médico (Mowry, 1985), sendo alvo de uma

série de ataques de acadêmicos provenientes de países como Inglaterra, França, Alemanha (Key, Keys & Callahan, 1979; Rebollo, 2002) e Estados Unidos da América (Teulón, 2001).

“Era previsível. Quando em 1628, apareceu a obra de Harvey, derrubando toda a teoria do curso do sangue através do organismo, mantida desde Galeno, os partidários deste, além da evidência dos fatos, trataram de manter o peso de sua venerável doutrina frente ao médico inglês, que eles começam a chamar o *Circulador*, utilizando o termo em sentido de charlatão...” (Teulón, 2001, p. 73, tradução nossa)

Um dos opositores de Harvey, o médico alemão Caspar Hoffman (1594-1648) questionou como o sangue passava das veias para as artérias e qual seria o propósito do sangue circular (Mowry, 1985; Rebollo, 2002). No que tange à resposta à primeira questão de Hoffman, Harvey não pôde fornecer uma explicação mais precisa do que a existência de poros na carne, que conectariam artéria e veias, pois este não compreendia “a verdadeira natureza dos capilares” (Rebollo, 2002, p. 55), aspecto explorado na subseção *Morfofunção dos vasos sanguíneos*. Em relação à segunda questão, o médico alemão não aceitou as demonstrações anatômicas e o argumento quantitativo de Harvey. A não aceitação desse argumento quantitativo de Harvey é completamente compreensível, já que se trata do primeiro argumento dessa ordem, no campo da fisiologia (Mowry, 1985). Além disso, as respostas de Harvey não foram suficientes para Hoffman em função das distintas orientações desses dois médicos, no campo científico e da filosofia médica, elementos que também dificultaram a aceitação da explicação de Harvey por outros pesquisadores de seu tempo (Rebollo, 2002; Gribbin, 2005).

Entre os opositores menos ferozes de Harvey, encontrava-se o anatomista francês Jean Riolan (1580-1657) que criticava a existência da pequena circulação, argumentando que a artéria pulmonar seria incapaz de suportar a massa de sangue que passa por essa circulação (Teulón, 2001). Ademais, Riolan não tinha dúvidas quanto à circulação do sangue, entretanto, questionava se todo o sangue ou apenas uma fração deste circulava: “ele aceitou que o sangue circulava em grandes vasos como a aorta e veia cava, mas não nos intestinos, nos membros, ou partes mais externas do corpo” (Mowry, 1985, p. 61, tradução nossa). Harvey rebateu essas críticas em um trabalho publicado em 1649 (Teulón, 2001).

Por outro lado, naquele período histórico, existiram adeptos à explicação do movimento sanguíneo, proposta por Harvey, a exemplo de René Descartes (1596-1650), que se apropriou dessa explicação e inseriu modificações, tendo em vista a defesa das associações que propôs entre corpo humano e máquina (Braga, Guerra & Reis, 2008). Tal adesão foi parcial, pois

Descartes, entre outras coisas, não julgava que a contração das paredes do coração provocava o deslocamento de sangue. Para ele, o aquecimento gerado pelo coração (ideia oriunda de Aristóteles e Galeno) dilatava o sangue fazendo-o movimentar-se pelo corpo (Mowry, 1985; Agutter & Wheatley, 2008; Pasipoularides, 2013). Deve-se clarificar que existiram adeptos que não fizeram qualquer reserva à explicação elaborada por Harvey. Alguns desses, como Johannes Walaeus (1604-1649), defenderam o médico inglês com base em argumentos científicos, enquanto outros, como Robert Fludd (1574-1637), recorreram a argumentos não científicos (Mowry, 1985).

A previsão das dificuldades com que viria a se deparar, principalmente em função de inevitáveis rupturas com o pensamento galênico<sup>54</sup>, fez com que Harvey postergasse a sua publicação até 1628, momento em que sua ideia sobre a circulação sanguínea estaria mais consubstanciada por diferentes argumentos (Gribbin, 2005). Segundo Teulón (2001), desde 1616, em suas leituras no *London College of Physicians*, Harvey já tinha exposto observações conclusivas referentes à circulação sanguínea.

A posterior aceitação da explicação de Harvey, pela comunidade científica de sua época, estimulou realização de estudos para verificar o efeito da administração de medicamentos e poções nas veias de animais (Learoyd, 2012). Além disso, a explicação da circulação do sangue incentivou o desenvolvimento de uma série de terapias/experimentos no âmbito da transfusão sanguínea, a exemplo dos conduzidos por Richard Lower (1631-1691), na Inglaterra, e por Jean Denis (1643-1704), em Paris (Magner, 2005; Learoyd, 2012; Fastag, Varon & Sternbach, 2013).

Richard Lower nasceu em um vilarejo do condado de Cornwall, Inglaterra, estudou em uma escola de Londres e graduou-se em medicina pelo *Christ Church College*, em Oxford. Em 1665, foi eleito para a *Royal Society of London* e, no ano de 1666, demonstrou a eficiência da transfusão sanguínea, de um cachorro para outro, na recuperação de uma hemorragia induzida. Posteriormente, Lower repetiu seu feito três vezes, alcançando bons resultados (Fastag, Varon & Sternbach, 2013). Além de acreditar na possibilidade de a transfusão repor a perda de sangue resultante de uma hemorragia (Learoyd, 2012), Lower sustentava que esse procedimento poderia curar doenças, pois o sangue ruim de um indivíduo enfermo poderia ser repostado por um sangue de boa qualidade, originário de um indivíduo sadio.

Seguindo a mesma perspectiva de investigação/tratamento adotada por Lower, Jean

---

<sup>54</sup> É relevante salientar que das 33 referências ao médico Galeno, na obra de Harvey, vinte são para suportar o raciocínio do médico inglês, enquanto treze são pontos de discordância (Pasipoularides, 2013), o que evidencia a relevância da obra de Galeno na construção da explicação de Harvey, descaracterizando a visão ingênua que promulga o total desacordo entre as perspectivas defendidas por esses investigadores.

Baptiste Denis, professor de filosofia e matemática em Montpellier e médico de Luís XIV, iniciou em 1667 o processo de transfusão de sangue de animais (carneiros) para seres humanos (Magner, 2005). A opção pelo uso de sangue de animais, ao invés de sangue de humanos, foi justificada pelo fato de que o sangue de animais estaria menos contaminado com paixões e vícios. Os resultados positivos encorajaram o médico francês a insistir em tal prática, mas a morte de alguns pacientes levou Denis a julgamento por acusações criminais, das quais foi absolvido. Em seguida, o parlamento francês, a *Royal Society* e a Igreja Católica proibiram as transfusões sanguíneas, aspecto que contribuiu para o abandono dessa prática por cerca de 150 anos (Fastag, Varon & Sternbach, 2013).

A primeira transfusão sanguínea entre seres humanos, realizada com um relativo grau de sucesso, foi efetuada pelo fisiologista e obstetra londrino James Blundell (1791-1878). Este observou cachorros morrendo após receberam sangue humano e concluiu que a transfusão de sangue em seres humanos deveria ser, exclusivamente, de ser humano para ser humano (Giangrande, 2000).

“A causa dos danos das reações transfusionais devido ao uso de sangue animal foi explicada em 1875, quando o fisiologista alemão Leonard Landois (1837- 1902) e o médico patologista alemão Emil Ponfick (1844-1913) mostraram que o soro humano destrói ou aglutina hemácias de mamíferos inferiores. A habilidade do soro de uma espécie em reagir como hemácias de outra espécie foi descrita devido à presença de anticorpos naturais no soro designados heterohemolisinas ou heteroaglutininas.” (Batisteti, Caluzi, Araújo & Lima, 2007)

As transfusões sanguíneas entre seres humanos só tornaram-se seguras quando o imunologista Karl Landsteiner (1868-1943) identificou o sistema de grupos sanguíneos *ABO*, no século XX, afirmando que cada ser humano pertenceria a um dos grupos desse sistema e que a transfusão entre pessoas do mesmo grupo poderia ser segura (Magner, 2005). Um dos problemas que se impôs à transfusão de sangue, no século XX, foi o prazo de validade desse líquido, aspecto que interferia diretamente na disponibilidade de sangue necessária, entre outros aspectos, aos cuidados dos pacientes submetidos a cirurgias, questão que preocupava o médico e pesquisador John Scudder, professor assistente de clínica cirúrgica. Tal questão viria a ser resolvida pelas investigações de um dos seus residentes, o doutor Charles Richard Drew (Cobb, 1950).

Charles Drew (1904-1950) nasceu em Washington, DC, o mais velho dos cinco filhos do casal Richard e Nora Burrell Drew. A família vivia em condições modestas, seu pai era estofador,

sua mãe professora escolar, e Drew estabeleceu, aos 12 anos, uma rota de entrega de jornais, com seis garotos, todos trabalhando para ele. Ao entrar no ensino médio, passou esse trabalho ao irmão e, em 1926, recebeu seu Bacharelado em Artes, pelo Amherst College, local onde se envolveu com a prática esportiva em nível competitivo (Cobb, 1950). Drew terminou sua graduação em Medicina, pela Universidade McGill, em 1933. Sua tese de doutorado pela Universidade de Columbia, financiada por uma bolsa concedida pela fundação Rockefeller e intitulada *Bancos de Sangue: um Estudo na Preservação do Sangue*, foi concluída em 1940. Durante o desenvolvimento de sua tese de doutorado, período em que foi residente em cirurgia no *Presbyterian Hospital* de Nova York e pesquisador assistente do Doutor Scudder em um programa fundado pela Associação de Transfusão de Sangue, Drew conduziu uma série de estudos relacionados ao problema da coagulação do sangue (Cobb, 1950).

“Esta harmoniosa equipe trabalhou incansavelmente sobre os diversos componentes do sangue, uso do plasma nas formas líquida e seca, e na eficiência do sangue submetido a vários períodos de armazenamento. Embora a ciência de bancos de sangue ainda fosse nova, um grande avanço começou quando os Drs. Scudder e Drew criaram um banco experimental, localizado no *Presbyterian*, para a expedição de sangue para os aliados.” (Parks, 1979, p. 894, tradução nossa)

Tratava-se, portanto, do período da Segunda Guerra Mundial e a necessidade de transfusão sanguínea para os feridos era crescente, aspecto que se agravou na Inglaterra, após um terrível bombardeio. A Associação de Transfusão de Sangue propôs, em setembro de 1940, a criação do projeto *Sangue para a Inglaterra* e Drew foi convidado para o órgão de controle médico desse projeto. Em seguida, as forças armadas americanas solicitaram à Cruz Vermelha a criação de um sistema capaz de armazenar milhões de litros de sangue e, em fevereiro de 1941, o Dr. Drew foi nomeado diretor do primeiro banco de sangue da Cruz Vermelha Americana, no *Presbyterian Hospital*. Infelizmente, após o ataque japonês a Pearl Harbor, Drew saiu da direção do referido banco de sangue, pois as forças armadas comunicaram à Cruz Vermelha que apenas o sangue de indivíduos brancos seria aceito para a posterior administração em soldados americanos. O médico negro não pôde conviver com tal afronta à sua cor de pele e à Ciência, portanto, resolveu demitir-se da Cruz Vermelha, retornando ao ensino universitário, na Universidade de Howard, para contribuir com a formação de cirurgiões negros nos Estados Unidos, ainda muito restrita naquele período (Parks, 1979).

As discriminações com respeito à origem do sangue transfundido, originadas do socialismo germânico hitleriano, continuaram até a década de 1960. Uma lei aprovada em 1950

no estado americano da Louisiana, por exemplo, considerou contravenção transfundir sangue de pessoas negras para brancos, sem consentimento prévio dos receptores (Giangrande, 2000). Apesar dessas circunstâncias, o conhecimento relacionado à transfusão sanguínea e seu imenso potencial para salvar vidas segue evoluindo em diversas direções, no século XXI:

“Olhando para o futuro, é evidente que o aumento do conhecimento da engenharia genética e imunologia será aplicado à medicina de transfusão. Por exemplo, os animais transgênicos poderão ser clonados para fornecer quantidades ilimitadas de proteínas humanas com baixo custo. A cultura de células (tronco) progenitoras do sangue periférico para a produção de grande número de células específicas diferenciadas é também uma proposição atrativa. Ensaios clínicos já estão sendo conduzidos com substitutos artificiais para hemoglobina e plaquetas, mas é claro que o sangue completo continuará a ser uma exigência para as próximas décadas.” (Giangrande, 2000, p. 766, tradução nossa)

## Produção de sangue

“Desde a mais remota antiguidade, o sangue tem sido considerado como a essência da vida e tem fascinado a humanidade. O fato de que ao perdê-lo cessa a vida, há séculos estimulou a curiosidade para saber como ele se origina, do que é feito e como se move.” (Izaguirre-Ávila & de Micheli, 2005, p. 86, tradução nossa)”

Nesta subseção, as discussões serão focalizadas em um dos pontos destacados por Izaguirre-Ávila & de Micheli (2005), a origem do sangue no organismo. Um recuo à Antiguidade grega será necessário nessa tentativa de apresentar um panorama geral sobre o desenvolvimento do conceito de produção do sangue.

Para os médicos do *Corpus hippocraticum* (CH), a produção de sangue, e de todas as partes do organismo, ocorreria a partir dos alimentos digeridos. Entretanto, o local de produção do sangue seria o coração, também considerado o local de origem dos vasos sanguíneos e do calor inato do organismo (Rebollo, 2006). Com certo grau de similaridade à perspectiva apontada pelo CH, o sistema fisiológico de Aristóteles (384-322 a.C.) foi estruturado, basicamente, por dois processos: nutrição e refrigeração. Os alimentos nesse sistema sofreriam um processo de cocção (ou cozimento), auxiliado pelo fígado e pelo calor natural do corpo, sendo convertidos em sangue que nutriria e recomporia a matéria que constitui o organismo (Rebollo, 2006).

O médico grego Galeno (129-199 d.C.) não rompeu com a concepção aristotélica e

considerou que o corpo seria governado por três estruturas principais – fígado, coração e cérebro – que exerceriam funções superiores, em comparação às outras partes do corpo. Em seu sistema fisiológico, o alimento ingerido seria absorvido no intestino formando o quilo, este último seria transportado até o fígado pela veia portal (ou porta). Nesse órgão o quilo transformar-se-ia em sangue, sendo impregnado por um espírito natural, também chamado de espírito especial ou pneuma inato, necessário à continuidade de qualquer forma de vida (Singer, 1922, 1996).

Assim como outras questões referentes à morfofunção do sistema cardiovascular, as ideias galênicas sobre a produção do sangue (derivadas de concepções hipocráticas e aristotélicas) permaneceram inalteradas por cerca de quatorze séculos, em virtude dos aspectos já mencionados em outras subseções deste texto. No século XVII, o médico inglês William Harvey utilizou o seu argumento quantitativo, descrito na subseção *Circulações e transfusão de sangue*, com o intuito de sustentar a hipótese de que o sangue não seria produzido a partir dos nutrientes (Ávila & de Micheli, 2005). Apesar disso, Harvey não elaborou uma explicação alternativa para o fenômeno da produção sanguínea.

A compreensão desse fenômeno dependeu, também, dos contributos do francês Jean Pecquet (1620-1674) que nasceu em Dieppe e estudou na Faculdade de Medicina de Paris. Pecquet publicou algumas de suas ideias através da obra *Experimenta nova anatomica*, de 1651, fruto de atividades de dissecação e vivissecção de mais de uma centena de animais (Meli, 2008). Durante a vivissecção de um cão, Pecquet observou um líquido branco na veia cava superior e pensou, inicialmente, que era pus, mas, ao perceber que o animal estava bem de saúde, mudou de ideia e hipotetizou, a partir dessa observação, que os vasos quilíferos não conduziam o quilo ao fígado. De acordo com Pecquet, esses vasos fundem-se em uma cisterna (receptáculo) situada entre os rins, denominada cisterna do quilo e, posteriormente, denominada cisterna de Pecquet. Após a passagem por esta cisterna, o quilo entraria em uma estrutura de vasos, paralela à coluna vertebral, e semelhante a uma teia de aranha, denominada ducto torácico. Este ducto despejaria uma porção do quilo na veia subclávia esquerda, que drenaria o sangue para a veia cava superior. Como uma porção do quilo não seria direcionada para o fígado, e sim para o coração, através de outro sistema de vasos, Pecquet propôs, assim como Harvey (embora a partir de diferentes bases teórico-empíricas), que o fígado não poderia ser o sítio de produção sanguínea (Teulón, 2001; Meli, 2008).

As ideias de Pecquet contribuíram para destituir o fígado do papel hematopoiético e

sustentar a perspectiva de outros anatomistas que argumentavam que o sangue seria produzido no coração, a partir dos nutrientes que a este órgão chegam (Ávila & de Micheli, 2005). Percebe-se, assim, um recuo às ideias hipocráticas sobre o processo de hematopoiese. Apesar disso, muitos investigadores seguiram em defesa do fígado, ao largo do século XVII, como exemplos:

“o filósofo Pierre Gassendi (1592-1655) – para quem os vasos quilíferos (...) eram simples vasos sanguíneos, cuja cor branca era devido à grande divisão dos corpúsculos sanguíneos, e que desembocam no fígado –; o aficionado a anatomia Lodewijk van Bilts (1642-1671) – um rico apreciador de Rotterdam que discutiu o descobrimento de Pecquet e sustentava que a maior parte do quilo iria ao fígado e que o conduto de Pecquet continha apenas uma linfa argilosa” –; e o anatomista Riolan, que combateu a nova teoria com tanto ardor como antes a Harvey.” (Teulón, 2001, p. 100-101, tradução nossa)

Nos séculos XVIII e XIX, não ocorreram grandes transformações no pensamento sobre a produção de sangue, até que dois cientistas, Ernst Neumann (1823-1918) e Giulio Bizzozero (1846-1901), de forma independente, afirmassem que a medula óssea seria a sede da hematopoiese (Mazzarello, Calligaro & Calligaro, 2001; Ávila & de Micheli, 2005; Cooper, 2011).

Ernst Neumann nasceu em Königsberg, capital da Prússia, e tornou-se professor de patologia em 1866, após ter feito seus estudos de pós-graduação em Praga e ter passado um período de treinamento em Berlim, com Rudolf Virchow (Cooper, 2011), o fundador da patologia celular (Mazzarello, Calligaro & Calligaro, 2001). Em seu artigo de 1868, Neumann descreveu a presença de células vermelhas nucleadas na medula óssea de coelhos e seres humanos. Em suas palavras, traduzidas por Cooper (2011):

“Na chamada medula óssea vermelha do homem, assim como do coelho, pode-se achar regularmente, além das bem conhecidas células medulares, alguns outros elementos que não tinham sido mencionados até agora; chamadas células sanguíneas vermelhas nucleadas, ou seja, em todos os aspectos correspondendo a estágios embrionários das células sanguíneas vermelhas... é possível traçar a origem desses elementos a partir das células medulares...” (p. 115, tradução nossa).

Curiosamente, a medula óssea foi considerada até o século XIX como um excremento do osso, concepção herdada de Hipócrates, ou a fonte de nutrientes do osso, herança aristotélica (Mazzarello, Calligaro & Calligaro, 2001), apesar de alguns estudos do século XVIII evidenciarem que muitos ossos não possuíam medula, aspecto que descartaria uma possível função nutricional

dessa estrutura (Cooper, 2011). Esse era o quadro teórico existente quando Neumann e Bizzozero iniciaram as suas investigações sobre a estrutura celular da medula óssea.

O italiano Giulio Bizzozero nasceu na cidade de Varese, filho de Felice Bizzozero e Carolina Veratti, ambos envolvidos em atividades políticas e sociais contra o domínio austríaco. Durante a sua formação em medicina, Bizzozero trabalhou em diferentes laboratórios, alguns deles liderados por pesquisadores que defendiam, de forma contundente, o uso do microscópio. Sua carreira na Universidade de Pavia, a mesma em que se graduou, foi iniciada como professor de patologia geral e histologia. Nesse ambiente, muitos de seus pares ridicularizavam o uso do microscópio e apoiavam-se em um ensino dogmático, baseado em doutrinas antiquadas. Em contrapartida, Bizzozero afirmava que "...o professor não deve apresentar a ciência como uma série de dogmas apoiados pelo prestígio de um nome, ... mas, em vez disso, expor a ciência em sua verdadeira condição, com suas dúvidas e suas indagações" (Mazzarello, Calligaro & Calligaro, 2001, p. 777, tradução nossa).

Com esse espírito crítico, Bizzozero começou a investigar a histologia da medula óssea e localizou um tipo particular de células nucleadas, que ele considerou como precursoras das células vermelhas (Cooper, 2011). Esses achados foram corroborados por experimentos controlados, que envolveram galinhas e pombos, submetidos à hemorragia. Com essas experiências pôde-se verificar a amplificação do fenômeno de formação das células sanguíneas na medula óssea. Os resultados dessa investigação foram divulgados através do artigo intitulado *Sobre a função hematopoiética da medula e dos ossos*, publicado em 1868, um mês após a publicação do trabalho de Ernst Neumann (Mazzarello, Calligaro & Calligaro, 2001).

Ao final do século XIX, quando Neumann e Bizzozero apontaram a função hematopoiética da medula óssea, outras hipóteses sobre o fenômeno da produção das hemácias coexistiam. Assim, para alguns investigadores: (a) as hemácias seriam formadas a partir do núcleo de células brancas; (b) o núcleo das células precursoras tornar-se-ia edemaciado, adquirindo a hemoglobina e evoluindo até hemácia; (c) hemácias derivariam das células brancas, a partir de um processo de degeneração hemoglobínica; (d) glóbulos de gordura gerariam as hemácias; (e) plaquetas originariam as hemácias; (f) células presentes no sangue, denominadas hematoblastos, seriam formas jovens, precursoras das hemácias (Cooper, 2011). A apresentação dessa variedade de hipóteses explicativas permite inferir que Neumann e Bizzozero encontraram grandes resistências à aceitação de seus argumentos referentes ao mecanismo de produção de sangue na medula óssea.

Os achados de Neuman e Bizzozero foram confirmados pelo trabalho do médico canadense William Osler (1849-1919), que identificou as plaquetas, ainda no século XIX. No final do século XIX, Paul Ehrlich (1854-1915) introduziu métodos que permitiram a expansão dos conhecimentos sobre as células tronco hematopoiéticas e seu papel na produção do sangue. No século XX, os transplantes de medula óssea permitiram o tratamento de desordens fatais da medula óssea (Cooper, 2001), um terreno de pesquisa ainda muito fértil.

### 2.3. Dimensões da Natureza da Ciência

Com base em posições derivadas da Nova Filosofia da Ciência, como as de Chalmers (1993) e Echeverría (2003), que reconhecem as limitações de perspectivas de Ciência positivistas e defendem as perspectivas de Ciência pós-positivistas, Coelho da Silva (2007) construiu um quadro teórico de referência sobre a natureza da Ciência. Nesse quadro, foram distinguidos atributos de orientação positivista e de orientação pós-positivista para seis dimensões de natureza da Ciência, estabelecidas por esse autor: (1) Processo de Criação Científica; (2) Estatuto da Teoria e da Observação; (3) Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico; (4) Evolução do conhecimento Científico; (5) Contexto da Atividade Científica; e (6) Imagem do Cientista.

As cinco primeiras dimensões prendem-se aos processos implicados “na construção do conhecimento científico e às características que este conhecimento assume em resultado da implementação desses processos” (Coelho da Silva, 2007, p. 78). Por compreender que os processos de construção do conhecimento não estão dissociados da imagem do cientista que lhes deu origem, o investigador incluiu a sexta dimensão no quadro teórico. Estas seis dimensões foram definidas de acordo com os seguintes critérios, alicerçados em referenciais da epistemologia e do ensino de Ciências (Coelho da Silva, 2007, p. 78):

- (a) indicação de dimensões que são consideradas necessárias para caracterizar as perspectivas de Ciência;
- (b) indicação de aspectos que são apontados como fundamentais para se proceder à abordagem da natureza da Ciência no ensino das Ciências;
- (c) análise das dimensões definidas em quadros teóricos idênticos que subjazem ao desenvolvimento de outras investigações no campo da Didática das Ciências.

A dimensão da Natureza da Ciência *estatuto da teoria e da observação* reporta-se à relevância da teoria e da observação na construção do conhecimento científico, enquanto a dimensão *estatuto epistemológico do conhecimento científico* diz respeito à valorização do conhecimento científico em relação a outras formas de conhecimento (Coelho da Silva, 2007, p. 79). Os significados das outras quatro dimensões – *processo de criação científica, evolução do conhecimento científico, contexto da atividade científica e imagem do cientista* – foram considerados na sequência desse texto, pois a exploração dessas dimensões da Natureza da Ciência ocorreu de forma pormenorizada, em virtude das mesmas pertencerem ao quadro teórico da presente investigação.

### Processo de criação científica

“Esta dimensão refere-se à metodologia científica que orienta o trabalho do cientista e ao processo de validação do conhecimento científico. A pluralidade de processos metodológicos envolvidos na actividade científica e a existência de um método científico único e de aplicação universal para a produção do conhecimento científico são aspectos contemplados. Os critérios de validação do conhecimento científico são outros aspectos mencionados.” (Coelho da Silva, 2007, p. 79)

A palavra método (lat. *tardio methodus*, do gr. *methodos*, de meta: por, através de; e hodos: caminho) pode ser definida como “conjunto de procedimentos racionais, baseados em regras que visam atingir um objetivo determinado” (Japiassú & Marcondes, 2001, p.130). No tocante à Ciência, várias descrições apontam a existência de uma suposta sequência nuclear de atividades, compartilhada por exemplos paradigmáticos da prática científica, denominada de “o método científico”. Este presumível conjunto de atividades, descritivo e normativo, define o que os “bons cientistas” fazem e, principalmente, estabelece um padrão do que deve ser considerado como Ciência, assim, servindo como um critério de demarcação<sup>55</sup> (Woodcock, 2014).

“A preocupação com a demarcação, por sua vez, encoraja (e é encorajada pela) a ideia de que a investigação científica real, o artigo genuíno, difere da investigação de outros tipos em virtude de seu

---

<sup>55</sup> “O problema da demarcação consiste em distinguir a ciência das disciplinas não científicas que também pretendem fazer afirmações verdadeiras sobre o mundo. Vários critérios têm sido propostos por filósofos da ciência, incluindo que a ciência, diferentemente da não ciência, 1) é empírica, 2) procura certezas, 3) procede utilizando um método científico, 4) descreve o mundo observável, não um mundo não observável, e 5) é cumulativa e progride. Os filósofos da ciência apresentam-nos pontos de vista discordantes acerca desses critérios. Alguns rejeitam completamente um ou mais deles. Por exemplo, enquanto alguns aceitam a ideia de que a ciência é empírica, os racionalistas rejeitam-na, pelo menos no que toca aos princípios fundamentais acerca do espaço, da matéria ou do movimento. Até mesmo entre os empiristas, emergem divergências, por exemplo, entre aqueles que advogam que os princípios científicos devem ser verificáveis e aqueles que negam essa possibilidade, alegando que a falseabilidade é tudo que é requerido.” (Achinstein, 2012, p. 165, tradução nossa)

método ou procedimento excepcionalmente eficaz – o suposto “método científico”. Entretanto, ainda esperamos ver qualquer tipo de concordância a respeito do que, exatamente, esse presumível método é.” (Haack, 2012, p. 87, tradução nossa)

As duas maiores influências para as declarações relacionadas à existência de um método científico universal foram os métodos indutivo e hipotético-dedutivo (Woodcock, 2014). Uma breve caracterização desses métodos e a descrição das limitações concernentes aos mesmos fornecem subsídios para a crítica do conceito “o método científico” e, conseqüente, para a compreensão do processo de criação científica, como dimensão da Natureza da Ciência.

As considerações sobre o método indutivo serão feitas a partir de sua relação direta com a posição filosófica denominada empirismo, “que toma a experiência como guia e critério da validade de suas informações, sobretudo nos campos da teoria do conhecimento e da filosofia da ciência” (Marcondes, 2010, p.181). Segundo os empiristas, não há conhecimento anterior ou independente da experiência. Francis Bacon (1561-1626), um dos filósofos representantes do empirismo, em resposta à tradição anterior – a escolástica de inspiração aristotélica<sup>56</sup> –, propõe um método científico baseado em observações da regularidade de determinados fenômenos e na conjectural relação entre eles (Marcondes, 2010).

“A partir do século XVII, começa-se a atribuir a superioridade intelectual da ciência ao pretense fato de que suas teorias decorrem da rigorosa e meticulosa observação da natureza. Enquanto a religião é depreciada por ser movida a fé e a filosofia, por elaborar especulações de valor cognitivo controverso, a ciência é decantada por fazer pesquisas que supostamente se atêm à ordem dos fatos. Só seus métodos permitiriam a descrição fidedigna da realidade e a sua explicação embasada.” (Oliva, 2010, p. 39)

O pensamento, nessa perspectiva, “não acrescenta nenhum fator novo, mas limita-se a pôr os diferentes dados da experiência em conexão uns com os outros” (Hessen 2000, p. 42). Tal processo permitiria a formulação de leis científicas através de um processo denominado indução (Marcondes, 2010). Para o indutivista, a Ciência começa com uma base segura, a observação, elemento que fornece o alicerce para a construção do conhecimento científico, elaborado, nesse caso, a partir de proposições de observação por indução. As fragilidades dessa concepção de Ciência, ou possibilidades de refutação da mesma, podem ser elucidadas pela

---

<sup>56</sup> Aristóteles considerava a indução, a partir de observações, um estágio inicial e precursor do conhecimento científico. Entretanto, a etapa mais importante para a construção do conhecimento, na perspectiva aristotélica, era o raciocínio demonstrativo (a dedução), que possibilitaria ao homem atingir a verdade e explicá-las (Andery et al., 2012),

dificuldade de justificar o raciocínio indutivo, seja por recurso à lógica, ou por apelo a experiência – elemento fundante dessa abordagem de Ciência. No tocante a lógica, os argumentos indutivos, em contraposição aos dedutivos, não possuem premissas verdadeiras que permitam que determinada conclusão seja verdadeira (Chalmers, 1993).

“As definições de indução propostas por J.S. Mill em *Um sistema de lógica* se escoram no princípio da uniformidade do curso da natureza. Ocorre, porém, que o pressuposto da uniformidade só pode ser estabelecido de forma indutiva. O que gera uma circularidade viciosa.” (Oliva, 2010, p.54)

Do ponto de vista do apelo à experiência, nada garante que várias afirmações singulares, construídas com base em inúmeras experiências, perante variadas circunstâncias, possibilitem a elaboração de uma afirmação universal (Chalmers, 1993). Em síntese, Echeverría (2003, p. 95) afirma:

“Se, por conseguinte, queremos fundamentá-lo [o princípio da indução] na experiência, o mais que pode acontecer é que tenhamos observado que em certo número (finito) de ocasiões,  $N$ , se revelou válido em todo tipo de acontecimentos empíricos. Mas, disso não podemos concluir que seja universalmente válido, pois, se o fizéssemos, estaríamos a pressupor a inferência indutiva para fundamentar o próprio princípio da indução, sendo assim que esse princípio teria sido formulado com o fim de justificar as inferências indutivas.” (Echeverría, 2003, p. 95)

Com base nos aspectos expostos, poderia ser elaborada a seguinte pergunta retórica: como se determina o número de experiências e condições necessárias para se chegar a determinada conclusão, na óptica indutivista? A resposta a essa questão depende, fundamentalmente, da teoria relacionada a determinado problema científico (Chalmers, 1993).

Nessa perspectiva, o papel “neutro” da observação e experimentação, aventado pela concepção empírico-indutivista e atórica de Ciência (Gil Pérez et al., 2001), é tensionado por Chalmers (1993, p. 49) quando o filósofo declara: “o que um observador vê, isto é, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas”. À vista disso, os diferentes observadores podem ver a mesma coisa em decorrência do funcionamento de nosso complexo sistema visual, mas a percepção do observável distingue-se devido às diferentes constituições de nossos cérebros. Além disso, se um corpo de conhecimentos disponível não orienta a investigação, como é possível para o investigador definir que aspectos da experimentação devem ser observados? Ou seja, por que alguns elementos são observados ou registrados, e outros não?

Em resposta a essas questões, pode-se afirmar que aspectos teóricos guiam a observação e a experimentação e, mesmo que esses forneçam orientações incorretas ao observador, a correção desse problema não será advinda de novas e incansáveis observações, mas, sim, da revisão e aperfeiçoamento da teoria subjacente (Chalmers, 1993).

“Hoje, poucos contestam a visão de que as observações cientificamente relevantes são teoricamente conduzidas. Por meio de registros observacionais podem ser reunidas evidências que despontam como favoráveis ou contrárias ao ponto de vista abraçado.” (Oliva, 2010, p. 43)

Os argumentos apresentados depõem contra a legitimidade do método indutivo, que deriva teoria e leis a partir de fatos adquiridos através da observação (Chalmers, 1993), aspecto que criou condições para que outras concepções sobre “o método científico” se desenvolvessem. Em meados do século XIX, o método indutivo foi criticado pelos defensores do método hipotético-dedutivo, que se baseia na formulação de hipóteses com consequências testáveis, empregadas para julgar tais hipóteses (Woodcock, 2014). Em outras palavras, os passos desse método podem ser descritos da seguinte forma:

“**1.** Formular uma hipótese H. **2.** Deduzir consequências observacionais O de H. **3.** Realizar um teste (através da observação ou experimentação) para determinar se O é obtido nas condições exigidas para deduzir O. **4.** Avaliar os resultados do teste. Se O ocorreu, então, H foi ‘confirmada’. Se O não ocorreu, então H foi ‘refutada’” (Woodcock, 2014, p. 2080, tradução nossa).

Apesar do longo período de reconhecimento do método hipotético-dedutivo, os filósofos da Ciência identificaram alguns fatores de constrangimento ao emprego dessa metodologia científica. Em primeiro lugar, pôde-se afirmar que, quando ocorre a realização de testes de hipóteses, via procedimento estatístico, não há dedução (em sentido estrito) de uma consequência observacional a partir de uma teoria estatística e sim, a dedução de probabilidades que, comparadas com os estudos populacionais, permite acessar a teoria. Trata-se, portanto, de indução associada ao raciocínio hipotético dedutivo. Um segundo ponto prende-se ao fato de que a avaliação do impacto dos dados sobre determinada hipótese não é muito simples, devendo-se levar em consideração o grau de confiança colocado nos dados empíricos, adquiridos via observação ou experimentação. Questões associadas à recolha dos dados, como o funcionamento do equipamento, às técnicas e o grau de erro aceitável na configuração do procedimento, devem ser levadas em consideração. Finalmente, derivar consequências de uma

teoria, muitas vezes requer uma suposição auxiliar, com informações complementares, aspecto que demandaria uma reformulação na estrutura de quatro passos citada acima, substituindo-se H por H & Suposição Auxiliar. Portanto, a lógica do raciocínio hipotético-dedutivo, isolada, não dita as escolhas tomadas pelos investigadores (Woodcock, 2014).

O raciocínio hipotético-dedutivo, ainda no século XIX, foi considerado falho porque não conseguiu produzir certeza absoluta, em virtude de alguns dos aspectos mencionados acima. Iniciava-se a adesão a uma visão falibilista do conhecimento científico. Nos séculos XX e XXI, os filósofos da Ciência seguiram discutindo a metodologia científica, em busca de um consenso, ainda não encontrado, a respeito do que os cientistas fazem para elaborar suas teorias e avaliá-las (Woodcock, 2014). Em seu trabalho intitulado *Six Signs of Scientism*, a filósofa Susan Haack sintetiza os vários candidatos, diferentes e incompatíveis, a método científico:

“várias formas de indutivismo (de uma versão mais velha e mais forte, segundo a qual os cientistas chegam às suas hipóteses pela indução a partir de exemplos observados, a versões mais recentes e mais fracas segundo as quais os cientistas chegam às suas hipóteses por um processo melhor, descrito como imaginativo em vez de inferencial, mas então as testam indutivamente); várias formas de dedutivismo (a concepção de Popper do método científico como matéria de “conjetura e refutação”, isto é, fazer um palpite informado, deduzir suas consequências, e então tentar falseá-lo, e a distinção quase-popperiana e pós-kuhniiana de Imre Lakatos entre programas de pesquisa degenerados versus progressivos); e, mais recentemente, abordagens bayesianas, teórico-decisórias etc.” (Haack, 2012, p. 87, tradução nossa)

No domínio do ensino de Ciências, a noção de uma série comum de passos a seguir por todo investigador científico, “o método científico”, é um dos mitos mais presentes, tendo em vista a manifestação dessa lista de passos em muitos manuais escolares. Tal lista pode apresentar variações entre os textos, mas em essência é constituída por alguns passos que devem se suceder na seguinte ordem: (a) definição de um problema; (b) aquisição de fundamentação; (c) formulação de hipóteses; (d) realização de observação; (e) teste de hipóteses; e (f) elaboração de conclusões (McComas, 2002).

Quanto às variações dessa lista, alguns autores reconhecem, como ponto de partida, a definição de um problema; outros, a observação. Por outro lado, alguns atribuem a finalização dos passos aos processos de tomada de ação ou publicação, enquanto outros consideram o término em passos anteriores, como a elaboração de conclusões. Os passos (c) e (e), mencionados no parágrafo acima, constituem o núcleo da maioria das listas, particularidade

decorrente da influência do método hipotético-dedutivo nas visões sobre “o método científico”. Em contrapartida, um método científico iniciado pela observação demarca a influência do método indutivista, fazendo da observação um processo necessário ao levantamento de hipóteses, negligenciando-se, portanto, os contributos de outras vias – discussões com outros pesquisadores, palestras, leitura de artigos e livros didáticos etc. – para o levantamento de problemas científicos, no seio das diferentes disciplinas (Woodcock, 2014).

As atuais variações na composição desse método podem ser explicadas, parcialmente, pela ausência de uma declaração canônica, ao longo da história, sobre o que seria a metodologia científica e pela inexistência de considerações consensuais sobre tal metodologia, entre os filósofos da Ciência contemporâneos (Woodcock, 2014). No tocante ao ensino de Ciências, uma possível origem para a anuência frente a esse conjunto de passos a seguir, foi considerada por McComas (2002, p. 57, tradução nossa):

“A lista de múltiplos passos parece ter começado inocentemente quando Keeslar (1945a b) preparou uma lista de várias características associadas com a investigação científica, tais como estabelecer controles, manter registros precisos, realizar observações e medidas cuidadosas. Essa lista foi refinada em um questionário e submetida a investigadores para validação. Os itens que foram altamente ranqueados foram colocados em uma ordem lógica e fizeram parte da lista final de elementos associados com a investigação de problemas científicos. Tal lista foi rapidamente adotada por escritores de livros didáticos como a descrição de como a ciência é feita.”

Outra possibilidade para o surgimento dessa visão deformada de Ciência (Gil Pérez et al., 2001), no âmbito do Ensino, é a forma como os resultados das pesquisas são apresentados nos artigos submetidos às revistas científicas. O estilo padronizado de redação supõe que os pesquisadores seguem um plano ou roteiro de pesquisa padrão (McComas, 2002).

Após considerações sobre a origem desse mito do método científico universal, no contexto do ensino de Ciências, convém explicitar algumas motivações pedagógicas para a divulgação desse mito, que acaba por construir uma imagem mecânica e impessoal da atividade científica.

“Apresentações pedagógicas de ‘O Método Científico’ muitas vezes fazem este parecer uma fórmula ou uma receita para fazer ciência, incentivando assim a impressão de ciência como um processo mecânico impessoal, isto é, presumivelmente, motivado pelo desejo de apresentar a ciência como objetiva (ele também pode ter raízes pedagógicas na necessidade de um procedimento para guiar os alunos através de um projeto de ciências).” (Woodcock, 2014, p. 2076, tradução nossa)

Ora, se considerarmos que o investigador decide qual hipótese irá testar, que investigação irá conduzir ou mesmo se seu trabalho já possui “envergadura” para ser submetido a determinado periódico, pode-se inferir que a Ciência é construída por julgamentos subjetivos, no sentido de que eles dependem de uma expertise individual (Woodcock, 2014). Tal aspecto contraria a visão mecânica e impessoal da atividade científica, propagada através da noção de método científico único.

Uma análise da História da Ciência indica que métodos científicos desenvolveram-se sob as contingências do cenário epistemológico vigente (Chalmers, 1994). Tal pluralismo metodológico, presente nas diversas ciências e evidenciado pela história, pode ser exemplificado pela seguinte listagem de métodos científicos descrita em Echeverría (1995, pp. 116-118, tradução nossa):

- a) métodos dedutivos e indutivos, que foram teorizados pela primeira vez por Aristóteles;
- b) métodos de análise e de síntese, que foram utilizados pelos geômetras gregos; a partir da reaparição no Renascimento italiano das obras de Pappus, *Collectiones Mathematicae*, esta metodologia se contrapôs à silogística aristotélica e deu lugar a uma profunda renovação nos métodos científicos (Galileu, Descartes, Lógica de Port Royal, Leibniz, Newton, etc.) que afetou muitas ciências;
- c) métodos experimentais, considerados básicos por Bacon e, a partir dele, por numerosos filósofos e cientistas;
- d) método axiomático; que tem sido utilizado profusamente na matemática e na lógica, mas também tem sido aplicado em outras ciências;
- e) os diversos métodos matemáticos (computacionais, algébricos, infinitesimais, estatísticos, etc.), cuja utilização tem sido considerada por muitos como o sinal da cientificidade por excelência;
- f) os métodos de observação, particularmente problemáticos nas ciências humanas, que tem enfatizado a importância dos instrumentos na atividade científica;
- g) os métodos de medição;
- h) os métodos de classificação ou taxonomia;
- i) os métodos heurísticos, que partem de simulações, hipóteses ou conjecturas não comprovadas para tentar extrair consequências de mais fácil tratamento, e, em geral, para ampliar a problemática de uma determinada ciência;
- j) o método hipotético-dedutivo, que para Popper e outros muitos constitui o paradigma metodológico da investigação científica;
- k) os métodos computacionais, e em concreto sua aplicação para interpretar a atividade científica desde uma perspectiva cognitiva;
- l) os métodos baseados na compreensão dos fenômenos estudados, indispensável em muitas das ciências humanas;

- m) os métodos hermenêuticos e contextuais, imprescindíveis para o estudo dos fenômenos históricos, mas também para a leitura dos textos científicos clássicos;
- n) os métodos metacientíficos, que partem de uma prévia formalização das teorias científicas e estudam a partir dela as propriedades sintáticas, semânticas e mesmo algumas características pragmáticas das teorias;
- o) os métodos de implementação técnica do conhecimento científico e construção de artefatos científicos.

No horizonte vislumbrado por Echeverría (1995), os filósofos da Ciência não deveriam preocupar-se apenas com a pluralidade das ciências, mas, também, com a pluralidade metodológica de cada Ciência. Nesse sentido, o autor exemplifica que filósofos de inspiração kantiana, assim como os de orientação neopositivista, consideram que a metodologia utilizada pelos matemáticos é exclusivamente lógico-dedutiva. Entretanto, isso não corresponde à prática real dos matemáticos que recorrem, por exemplo, a métodos heurísticos e à experimentação (Echeverría, 1995), ou seja, a uma pluralidade metodológica.

Tendo em conta as ideias de Echeverría (1995), a aceitação acrítica de um suposto método científico ahistórico e universal, independente de valores sociais, éticos e culturais, necessita ser questionada, também, no âmbito do ensino de ciências. Para Gil-Pérez et al. (2001, p. 136), “se há algo de fecundo a relevar na história da construção do conhecimento científico, é precisamente o pluralismo metodológico”. A defesa desse pluralismo deveria estar presente, também, na formação dos professores de Ciências, e uma das possibilidades para tal proposição seria o uso de experiências didáticas ricas e diversificadas, capazes de promover reflexões sobre as diferentes estratégias de ensino (Paixão & Cachapuz, 1999).

Um olhar mais aproximado para esta questão do presumido método científico permite compreender que os cientistas abordam e resolvem os problemas com recurso à criatividade, imaginação, conhecimento prévio, espírito crítico e perseverança, aspectos empregados na resolução de problemas em outras áreas do conhecimento.

“Teorias não são elaboradas apenas com a matéria-prima dos fatos, mas também com a inventividade da razão humana. É a capacidade de processamento criativo que transforma sensações, percepções, observações e impressões em obras com valor estético, filosófico ou científico.” (Oliva, 2010, p. 39)

Nessa perspectiva, os métodos científicos empregados pela Ciência não diferem de outras atividades humanas voltadas à resolução de problemas (McComas, 2002). Em uma linha complementar a esses argumentos, Moreira & Ostermann (1993, p. 114) afirmam:

“O método científico não é um procedimento lógico, algorítmico, rígido. Em outras palavras, o método científico não é uma receita, uma sequência linear de passos que necessariamente conduza a uma descoberta ou, pelo menos, a uma conclusão ou a um resultado. Na prática, muitas vezes, o cientista procede por tentativas, vai numa direção, volta, mede novamente, abandona certas hipóteses porque não tem equipamento adequado, faz uso da intuição, dá chutes, se deprime, se entusiasma, se apegando a uma teoria. Enfim, fazer ciência é uma atividade humana, com todos os defeitos e virtudes que o ser humano tem, e com muita teoria que ele tem na cabeça. Conceber o método científico como uma sequência rigorosa de passos que o cientista segue disciplinadamente é conceber de maneira errônea a atividade científica.”

As considerações sobre o processo de criação científica não podem estar dissociadas do papel exercido pela comunidade científica, na validação do conhecimento científico. Na concepção de Kuhn (2000), uma comunidade científica é constituída pelos praticantes de uma especialidade científica, formados dentro de uma mesma tradição de pesquisa (paradigma) e, portanto, submetidos aos mesmos referenciais teóricos e voltados à investigação de objetos de estudo específicos àquela comunidade. Assim, os indivíduos filiados comprometem-se com regras e padrões de prática científica que garantem a continuidade de determinada tradição de pesquisa. Os membros da comunidade acabam por delimitar o que ainda não foi solucionado no âmbito do paradigma e que, portanto, merece atenção dos investigadores, além de avaliarem a pertinência de determinadas evidências, assim como definem os testes e instrumentos padrões para as investigações a serem realizadas (Kuhn, 2000). Complementando essa perspectiva (Woodcock, 2014, p. 2077, tradução nossa), afirma:

“A investigação científica sobre algum tema começa com todos os tipos de ideias especulativas sujeitas a todos os tipos de vieses e preconceitos. Ao longo do tempo, essas ideias são filtradas pela comunidade científica. A revisão por pares é o grande fator. Essa revisão por pares decide quais as propostas conseguem financiamento e quais artigos conseguem publicação.”

Depreende-se que o paradigma orienta a investigação, mas também a restringe, impedindo o desenvolvimento de ideias que extrapolem os limites da tradição, muitas vezes consideradas como má Ciência ou ideias sem sentido (McComas, 2002).

“Exemplos de ideias científicas que foram originalmente rejeitadas porque caíram fora do paradigma aceito incluem o sistema solar heliocêntrico, o sangue quente dos dinossauros, a teoria do germe da doença, e a deriva continental. Quando à ideia de continentes em movimento, foi proposta pela primeira vez no início desse século [século XX], por Alfred Wegener, e foi vigorosamente rejeitada. Os cientistas não estavam simplesmente prontos para abraçar a noção contrária aos ensinamentos tradicionais de sua disciplina. A deriva continental foi finalmente aceita na década de 1960 com a proposta de um mecanismo ou teoria para explicar como placas continentais se movem” (McComas, 2002, p. 63, tradução nossa).

A validação da teoria da tectônica de placas, fundamental para as Ciências da Terra, poderia ter ocorrido décadas antes, se a força da tradição não a impedisse. Segundo McComas (2002), Kuhn argumentaria, em uma perspectiva mais otimista, que os limites impostos pela tradição mantêm os cientistas em seus rumos, dedicando-se aos problemas de seus campos disciplinares.

### **Evolução do conhecimento científico**

“Esta dimensão refere-se ao carácter estático/dinâmico do conhecimento científico e o modelo de progresso científico.” (Coelho da Silva, 2007, p. 79)

Muitos filósofos reconhecem que uma característica essencial da Ciência é o desenvolvimento do conhecimento. Apesar disso, a forma como esse desenvolvimento ocorre é interpretada de diferentes maneiras, pelas várias correntes de pensamento. Uma das perspectivas, a visão de crescimento acumulativo, considera que o avanço científico ocorre por meio de um processo em que antigas teorias são subsumidas a outras mais recentes. Portanto, essa visão acumulativa do desenvolvimento científico negligencia os conflitos entre teorias rivais, as controvérsias científicas e os complexos processos de mudança (Gil-Pérez et al., 2001). De acordo a interpretação acumulativa, o desenvolvimento científico não ocorre por abandono das teorias antigas, ao invés disso, essas seriam sofisticadas, tornando-se capazes de responder a mais questões, ou integradas a outras teorias de maior complexidade. Em sentido contrário, alguns filósofos da Ciência, como Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos e Larry Laudan, acreditam que o desenvolvimento do conhecimento está sujeito a processos de outra natureza (Coelho da Silva, 2007).

Segundo Popper, a questão do progresso do conhecimento científico seria um dos temas mais fascinantes da teoria do conhecimento; para ele, o problema do aumento do saber seria o tópico central da epistemologia. A ideia de progresso científico, em Popper, concatena-se com a sua concepção de que a meta da Ciência seria a busca da verdade, algo jamais atingido (Dias, 2015).

Os limites do conhecimento empírico, na perspectiva popperiana, são traçados por um critério negativo, o da falseabilidade, “significando, por assim dizer, que as teorias científicas são passíveis de serem falseadas” (Dias, 2015, p. 165), ou seja, que existe a possibilidade de se excluir um conjunto de proposições de observação logicamente possíveis para que determinada teoria seja informativa (Chalmers, 1993).

“Daí que o critério neopositivista de demarcação, baseado na verificação ou na confirmação, mas de facto sustentado pela significatividade empírica e pelo método indutivo como marca de cientificidade, deve ser radicalmente modificado.” (Echeverría, 2003, p. 96)

Na concepção falsificacionista de Popper, as teorias, também consideradas conjecturas especulativas ou suposições criadas para resolver problemas encontrados em teorias anteriores, devem ser rigorosamente testadas por observações e experimentos. As teorias que não sobreviverem aos testes devem ser substituídas por outras teorias, e assim, através da tentativa e do erro, a Ciência evolui. De acordo com a perspectiva popperiana, uma boa teoria deve ser mais falsificável que sua rival, além de prever um novo tipo de fenômeno não vislumbrado por essa (Chalmers, 1993).

“Uma boa lei ou teoria científica é falsificável porque faz afirmações decisivas sobre o mundo. Para o falsificacionista, quanto mais falsificável for uma teoria melhor ela será, num sentido bem elástico. Quanto mais uma teoria afirma, mais oportunidade potencial haverá para mostrar que o mundo de fato não se comporta da maneira como mostrado pela teoria. Uma teoria muito boa será aquela que faz afirmações bastante amplas a respeito do mundo, e que, em consequência, é altamente falsificável, e resiste à falsificação toda vez que é testada” (Chalmers, 1993, p. 69).

O progresso do conhecimento, para Popper, não se manifesta pela adição de novas ideias ao conhecimento já existente – uma visão cumulativa – pelo contrário, consiste na substituição de teorias antigas por outras com maior conteúdo empírico e poder, explicativo e preditivo (Dias, 2015). A nova teoria, portanto, seria capaz de resolver o problema proposto pela teoria anterior, o que faz surgir, conseqüentemente, outros problemas, diferentes dos anteriormente colocados,

que suscitam a formulação de novas hipóteses e a consequente execução de testes rigorosos; processo que segue de forma indefinida (Chalmers, 1993).

“Essa forma de definir o progresso, levando-se em conta o processo dedutivo de testes, gera o problema da susceptibilidade de teste *ad infinita* e a ausência de sistemas teóricos últimos que não requeiram testes. Popper, ao se defrontar com essa dificuldade, admite que os testes não podem se prolongar *ad infinitum* e que, mais cedo ou mais tarde, teremos de interrompê-los. Popper não discute esse problema, no âmbito de sua obra *A Lógica da pesquisa científica*, mas simplesmente procura ressaltar que o fato de os testes não poderem se prolongar indefinidamente não conflita com a exigência de que todo enunciado seja susceptível, em última instância, de teste.” (Dias, 2015, p. 167)

O problema do prolongamento dos testes *ad infinitum* começa a ser solucionado quando Popper passa a operar com o conceito de verdade, em sentido absoluto, como princípio regulador no processo de conhecimento. Ao assumir essa posição, Popper considerou que o conhecimento progrediria em sentido ao ideal, de plena correspondência com os fatos, apesar de reconhecer a impossibilidade de atingir uma verdade irrefutável. Portanto, nessa fase, Popper sustentou que uma teoria poderia corresponder melhor aos fatos do que outra e associou esse ponto de vista ao conceito de falseabilidade, com o intuito de estabelecer um critério racional para comparar duas teorias rivais (Dias, 2015).

“Para definir que teorias seriam melhores que outras, levando em conta sua correspondência com os fatos, Popper utiliza-se do conceito de verossimilhança ou de aproximação da verdade, que pressupõe as noções de conteúdo de verdade e de falsidade. Ele sustenta que as consequências lógicas de uma teoria podem ser divididas entre as que são verdadeiras (o conteúdo de verdade da teoria) e as que são falsas (o conteúdo de falsidade). A diferença entre os dois conjuntos de consequências indica-nos a “verossimilhança” da teoria, ou quão perto ela se encontra da verdade. Dadas duas teorias rivais, A e B, podemos conjecturar que A possui maior verossimilhança, se acarreta todas as consequências verdadeiras de B e mais algumas, e se não tiver mais consequências falsas do que B.” (Dias, 2015, p. 171).

O conceito de verossimilhança sofreu algumas críticas, entre elas: a impossibilidade de aplicá-lo no caso de teorias incomensuráveis<sup>57</sup>, a ausência de critérios para medir a proximidade da verdade (Echeverría, 2003) e a incapacidade de se atribuir graus de verdade aquando da definição do conteúdo de verdade da teoria. Apesar dessas críticas, Popper continuou

---

<sup>57</sup> Segundo Kuhn (2000), teorias incomensuráveis pertencem a diferentes comunidades de linguagem, entre si incompatíveis.

sustentando o conceito de aproximação da verdade, fundamental para a sua definição de progresso científico, baseada na realização de julgamentos comparativos entre duas teorias rivais (Dias, 2015).

O filósofo Thomas Kuhn foi um dos responsáveis pelo giro historicista dentro da filosofia da Ciência<sup>58</sup>, viragem analítica que sustentou que “nenhuma filosofia da ciência é digna de crédito se não enfrentar o escrutínio empírico com base na prática científica” (Laudan et al., 1993, p.12). Apesar das críticas referentes à fundamentação histórica e à consistência filosófica de suas teses, Kuhn ainda exerce grande influência sobre o pensamento relacionado ao progresso científico (Mendonça & Videira, 2007). Em linhas gerais, Kuhn (2000) considerou que a Ciência progrediria ao passar por fases integradas e sequenciais – pré-paradigmática, ciência normal, crise e revolução – que culminam no surgimento de nova ciência normal ou novo paradigma. Na fase pré-paradigmática não há consenso soberano sobre o paradigma. Um cientista na fase de ciência normal trabalha dentro dos ditames de determinado paradigma com seus respectivos problemas de investigação, métodos e técnicas de trabalho. Tal paradigma pode começar a apresentar uma série de fracassos ou anomalias, no processo de resolução das questões científicas colocadas, ao ponto de minar ou colocar em descrédito suas premissas, fase conhecida como crise. Tais fracassos forneceriam subsídios para os cientistas aderirem a outro paradigma – com base em argumentos nem sempre racionais – incompatível com o anterior, iniciando a investigação de fatos considerados, muitas vezes, irrelevantes à luz do paradigma em que se encontravam (Kuhn, 2000). Uma consideração mais específica sobre a fase de ciência normal pode elucidar seu papel no crescimento do conhecimento científico:

“a ciência normal, ou pesquisa especializada, emerge por ocasião da posse de um paradigma. Por seu turno, o paradigma assegura que as questões acerca dos fundamentos da pesquisa são decididas de modo consensual. Na visão de Kuhn, o fato de que os cientistas estão de acordo sobre os princípios basilares de sua prática permite que eles se dediquem com exclusividade aos problemas mais técnicos e pontuais. Em outras palavras, como os pesquisadores quase não precisam travar debates acirrados concernentes aos fundamentos, dispõem de grande parte do tempo para atenderem-se a problemas mais específicos.” (Mendonça & Videira, 2007, p. 171)

---

<sup>58</sup> “As concepções historicistas da racionalidade científica são produtos bastante recentes da filosofia da ciência. Sua apresentação inicial por Kuhn e seus desdobramentos posteriores nas obras de Lakatos, Laudan e outros se fizeram em oposição às concepções da ciência que predominaram na primeira metade do século vinte, em particular, as concepções indutivistas devidas ao positivismo lógico e a concepção falseacionista devida a Popper.” (Dal Magro, 2013, p. 177)

Pode-se afirmar que a especialização, produto exclusivo das comunidades científicas altamente homogeneizadas, é responsável pelo crescimento cumulativo do conhecimento científico decorrente da fase de ciência normal. Uma avaliação dos congressos, dos artigos publicados em periódicos especializados e das estruturas departamentais de diversas universidades torna patente o grau de homogeneização das comunidades científicas (Mendonça & Videira, 2007)

“devido ao consenso instaurado pelo paradigma, a pesquisa especializada empreendida por uma dada comunidade científica engendra o crescimento contínuo e eficaz do conhecimento, visto que os pesquisadores não precisam dispendir tempo em questões “filosóficas” ou disputas atinentes aos fundamentos da pesquisa.” (Mendonça & Videira, 2007, p. 172)

Na perspectiva adotada por Kuhn, o progresso do conhecimento científico ocorre, também, por outra via, a revolução científica, marcada por um crescimento não cumulativo, forjado em uma prática de pesquisa, como dito anteriormente, incompatível com o paradigma anterior. Trata-se do surgimento de uma nova ciência normal (Mendonça & Videira, 2007).

“Uma vez que um domínio do saber tenha começado a funcionar cientificamente, quer dizer, através de paradigmas, já não pode deixar de o fazer. Se uma ciência não gerar novas ideias e novos paradigmas, tornar-se-á ancilosa. Daí que, nas épocas de crise, os cientistas proponham uma e outra vez novas hipóteses e novas teorias, o que faz com que se inicie a etapa chamada de *proliferação de teorias*. O paradigma em crise engendra na sua decadência uma multiplicidade de saídas possíveis contrárias a alguns de seus postulados fundamentais (...) A substituição de um paradigma por outro supõe uma *revolução científica*. (Echeverría, 2003, p. 123, supressão nossa)

Segundo Kuhn (2000), devido às incompatibilidades ontológicas, metodológicas e epistemológicas, torna-se impossível estabelecer um fundamento neutro para comparar os paradigmas “novo” e “velho”, ou seja, eles seriam incomensuráveis. O conceito de incomensurabilidade – utilizado para afirmar que a concorrência entre paradigmas não poderia ser definida, apenas, com base em argumentos lógico-empíricos – foi duramente criticado (Echeverría, 2003; Mendonça & Vieira, 2007). Entre os críticos figurou-se Lakatos, que afirmou:

“Não existe nenhuma causa racional determinada para o aparecimento de uma ‘crise’ kuhniana. ‘Crise’ é um conceito psicológico; é um pânico contagioso. Emerge então um novo ‘paradigma’, incomensurável com o seu predecessor. Não existem padrões racionais para a sua comparação. Cada paradigma contém seus próprios padrões. A crise leva embora não só as velhas teorias e

regras, mas também os padrões que nos fizeram respeitá-las. O novo paradigma traz uma racionalidade totalmente nova. Não há padrões superparadigmáticos. A mudança é um efeito de adesão de última hora. Assim sendo, de acordo com a concepção de Kuhn, a revolução científica é irracional, uma questão de psicologia das multidões.” (Lakatos, 1979, p.221)

Embora tenha reformulado o conceito de incomensurabilidade por diversas vezes, após os sucessivos ataques, Kuhn não abandonou o mesmo, declarando a sua importância para o progresso científico, tendo como base uma criticada perspectiva linguística<sup>59</sup> (Echeverría, 2003; Mendonça & Vieira, 2007).

“Kuhn procurou chamar a atenção para o fato de surgirem, após uma revolução científica, sempre novas linhas especializadas de pesquisa, de forma que o choque de linguagem produzido pela incomensurabilidade é, no fundo, salutar para a proliferação de novas maneiras de abordagem da natureza. Nesse sentido, segundo Kuhn, a incomensurabilidade está longe de ser uma ameaça à racionalidade; ao contrário, ela é justamente a condição necessária para que haja progresso científico, no sentido de ampliação do conhecimento.” (Mendonça & Videira, 2007, p. 176)

Para Lakatos, o crescimento científico deveria ser avaliado por meio de mudanças caracterizadas como progressivas ou regressivas, nas teorias científicas que compõem um programa de pesquisa. Surge, então, o conceito de metodologia dos programas de pesquisa científica. Tais programas poderiam ser caracterizados por três componentes, “núcleo firme”, heurística negativa e heurística positiva (Silveira, 1996).

“Todos os programas de pesquisa científica podem ser caracterizados pelo ‘núcleo’. A heurística negativa do programa nos proíbe dirigir o *modus tollens*<sup>60</sup> para esse ‘núcleo’. Ao invés disso, precisamos utilizar nosso engenho para articular ou mesmo inventar ‘hipóteses auxiliares’, que formam um cinto de proteção em torno do núcleo, e precisamos redirecionar o *modus tollens* para elas. E esse cinto de proteção de hipóteses auxiliares que tem de suportar o impacto dos testes e ir se ajustando e reajustando, ou mesmo ser completamente substituído, para defender o núcleo assim fortalecido. O programa de pesquisa será bem-sucedido se tudo isso conduzir a uma transferência progressiva de problemas, porém mal sucedido se conduzir a uma transferência degenerativa de problemas.” (Lakatos, 1965, p. 163)

---

<sup>59</sup> Kuhn passa a defender a existência de uma intraduzibilidade parcial, na qual alguns termos fulcrais de uma teoria são intraduzíveis para o repertório linguístico das teorias que compõem outro paradigma (Dal Magro, 2013).

<sup>60</sup> O *modus tollens* é negação do consequente: “Quando alguma consequência lógica de um conjunto de hipóteses é dada como falsa, a lógica dedutiva permite afiançar a falsidade de alguma(s) da(s) hipótese(s); essa é a ‘retransmissão da falsidade’.” (Silveira, 1996, p. 221)

O núcleo do programa é considerado “irrefutável” por decisão metodológica dos protagonistas das teorias, portanto, as anomalias encontradas devem promover as modificações no cinto de proteção composto por hipóteses auxiliares (Dal Magro, 2013).

“O que Lakatos afirma é que a ‘heurística negativa’ do programa proíbe que, frente a qualquer caso problemático, ‘refutação’ ou anomalia, seja declarado falso o ‘núcleo firme’; a falsidade incidirá sobre alguma(s) hipótese (s) auxiliar(es) do ‘cinturão protetor’.” (Silveira, 1996, p. 221)

Essas hipóteses, quando bem sucedidas na resolução das anomalias, possibilitariam avaliar o programa como teoricamente progressivo, quando promove novas e inesperadas predições e, empiricamente progressivo, quando há corroboração de, ao menos, algumas das novas predições, ou seja, “se cada teoria nova nos conduzir à descoberta real de algum fato novo” (Lakatos, 1979, p. 144). Dessa forma, manifesta-se a “heurística negativa” de um programa de pesquisa científica, isto é, a capacidade de se evitar que refutações transmitam falsidade ao núcleo, ao mesmo tempo em que há o aumento do conteúdo empírico da teoria, em virtude das alterações do cinto protetor de hipóteses auxiliares (Lakatos, 1979).

“Poucos cientistas teóricos empenhados num programa de pesquisa dão indevida atenção a ‘refutações’. Eles têm uma política de pesquisa a longo prazo que as antecipa. Essa política, ou ordem, de pesquisa é exposta — com maiores ou menores minúcias — na heurística positiva do programa de pesquisa. A heurística negativa especifica o ‘núcleo’ do programa, que é ‘irrefutável’ por decisão metodológica dos seus protagonistas; a heurística positiva consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões ou palpites sobre como mudar e desenvolver as ‘variantes refutáveis’ do programa de pesquisa, e sobre como modificar e sofisticar o cinto de proteção ‘refutável’.” (Lakatos, 1965, p. 165)

Portanto, a heurística positiva, “indica como o núcleo deve ser suplementado para explicar e prever fenômenos reais” (Chalmers, 1993, p. 115) e “impede que o cientista se confunda no oceano de anomalias” (Lakatos, 1979, p. 165). Programas sem a capacidade de apresentar novas explicações ou efetuar novas previsões entrariam em um processo de degeneração, recebendo a alcunha de programas regressivos. Tais programas poderiam ser substituídos por programas progressivos, com maior poder explicativo e preditivo (Chalmers, 1993). Além disso, deve-se destacar que o posicionamento de Lakatos não perspectivou a regressão ou degeneração completa de um programa de pesquisa. Nas palavras de Chalmers (1993, p. 120):

“Por causa da incerteza do resultado de tentativas futuras de desenvolver e testar um programa de pesquisas, não se pode nunca dizer, de programa algum, que ele degenerou para além de toda a esperança. Sempre é possível que alguma modificação engenhosa de seu cinturão protetor conduza a alguma descoberta espetacular, que trará o programa de volta à vida e o colocará numa fase progressiva.”

Esse ponto de vista de Lakatos, sobre a possibilidade de “retorno” de uma teoria, coaduna com a defesa de uma visão não linear do progresso científico, que considera os avanços e recuos inerentes à progressão do conhecimento científico – tese defendida por vários epistemólogos, como manifesto no trabalho de Gil Pérez et al. (2001). Lakatos também pontuou, em tom de crítica, as diferenças entre a sua concepção sobre o progresso científico, assentada na ideia de programas de pesquisa, e a perspectiva defendida por Kuhn, alicerçada na ideia de revolução científica, na qual o conceito de incomensurabilidade é a pedra angular:

“A reconstrução do progresso científico como proliferação de programas rivais de pesquisa e transferências progressivas e degenerativas de problemas fornece uma imagem da atividade científica que é de muitas maneiras diferente da imagem proporcionada pela sua reconstrução como uma sucessão de teorias ousadas e seus dramáticos derrubamentos.” (Lakatos, 1979, p. 222)

Lakatos considerou que a passagem de um programa ao outro não seria algo vertiginoso, como as revoluções, e que durante esse processo os cientistas poderiam trabalhar em qualquer um dos programas, ou em ambos. Essa possibilidade seria mais destacada no período em que um programa ainda não está claramente estruturado, momento em que seus opositores almejam que o programa adquira uma forma mais sistematizada, para, então, expor suas limitações. O fato de os cientistas poderem trabalhar em dois programas rivais, ao mesmo tempo, abalou o conceito de incomensurabilidade defendido por Kuhn e considerado irracional por Lakatos (Silveira, 1996).

Uma das críticas às posições defendidas por Lakatos advém da incapacidade do autor fornecer um relato racionalista da Ciência, como era a sua intenção, ao afirmar que a metodologia dos programas de pesquisa científica poderia orientar a escolha entre teorias rivais.

“Laudan critica Lakatos explicitamente por este não oferecer um critério sobre quando é irracional prosseguir com um programa degenerativo. O critério de racionalidade proposto por Lakatos fica dessa maneira comprometido, pois diz que é racional optar por um programa de pesquisa progressivo, mas não diz que é irracional prosseguir com um programa degenerativo enquanto se tem a esperança de que ele irá tornar-se progressivo no futuro.” (Dal Magro, 2013, p. 186)

Em sentido complementar, os críticos de Lakatos afirmam que sua metodologia serviria apenas para avaliar casos da história da Ciência, ou seja, aspectos retrospectivos e não a tomada de decisão de um cientista, em plena atividade, no que tange à escolha entre programas de pesquisa rivais (Chalmers, 1993).

Larry Laudan, considerado o último racionalista (racionalismo epistemológico) do século XX, defende a existência de critérios racionais para a escolha de tradições de pesquisa<sup>61</sup>. Este filósofo se opõe à Kuhn, ao questionar a tese de incomensurabilidade entre paradigmas<sup>62</sup>, e à Lakatos, ao afirmar que as mudanças não estão centradas, apenas, em aspectos empíricos, pois compreenderiam, também, aspectos conceituais (Pesa & Ostermann, 2002).

Para Laudan a Ciência é uma atividade que tem como objetivo, essencial, a resolução de problemas intelectuais. A capacidade das teorias e tradições de pesquisa na resolução de problemas é o que define sua superioridade em relação às demais (Laudan, 1977).

“A ideia de Laudan é que entender a ciência como um sistema de resolução de problemas contribui para a compreensão de seus aspectos mais característicos e fornece um marco mais frutífero do que outro marco alternativo. A partir desta perspectiva, a racionalidade e o carácter progressivo da ciência estariam vinculados intimamente, não com a confirmação ou refutação de suas teorias, mas, fundamentalmente, com sua efetividade na resolução de problemas.” (Pesa & Ostermann, 2002, p. 84, tradução nossa)

Os problemas para Laudan (1977) seriam de duas ordens: empíricos e conceituais. Os problemas empíricos são “de modo mais geral, qualquer coisa sobre o mundo natural que nos parece estranho, e que precisa de uma explicação” (Laudan, 1977, p. 15, tradução nossa). Em função do papel que os problemas empíricos podem assumir na avaliação de uma teoria, os mesmo podem ser classificados em três tipos, de acordo com Laudan (1977, p. 17, tradução nossa):

---

<sup>61</sup> As tradições de pesquisa seriam as unidades correspondentes aos *paradigmas*, em Thomas Kuhn, e aos *programas de pesquisa*, em Imre Lakatos, ou seja, as estruturas conceituais de grande escala e de vida relativamente longa, fundamentais para a compreensão da mudança científica (Laudan et al., 1993).

<sup>62</sup> De acordo com Laudan as revoluções sempre ocorrem de forma gradual e não precisam envolver incomensurabilidades globais que prendem-se, simultaneamente, à aspectos como metodologia, ontologia, objetivos etc. Segundo Laudan et al. (1993, p. 72): “pode acontecer de os cientistas descobrirem que os métodos anteriormente adotados não promovem seus objetivos, ou que as teorias anteriormente mantidas não satisfazem suas exigências metodológicas. Eles podem ainda descobrir que os objetivos que antes eram centrais a sua tradição não mais são viáveis, pois não podem ser alcançados. É através desse processo reticulado que uma série de mudanças graduais chega a produzir grandes mudanças nas crenças centrais da comunidade científica. Muito raramente, ou nunca, acontece de os cientistas mudarem suas teorias, métodos e objetivos ao mesmo tempo.”

- (1) Problemas não resolvidos – aqueles problemas empíricos que ainda não tem sido resolvidos por qualquer teoria;
- (2) Problemas resolvidos – aqueles problemas empíricos que tem sido resolvidos satisfatoriamente por uma teoria;
- (3) Problemas anômalos – aqueles problemas empíricos que uma teoria particular não tem resolvido, mas que uma ou mais de suas competidoras resolveram.

Considerando-se esses três tipos de tipos de problemas empíricos pode-se afirmar que uma característica distintiva do progresso científico é a transformação de problemas empíricos, não resolvido e anômalos, em problemas resolvidos. Deve-se questionar, no caso de qualquer teoria, quantos problemas ela tem resolvido e quantas anomalias ela vem enfrentando. Esta questão torna-se uma das ferramentas fundamentais para a avaliação comparativa das teorias científicas (Laudan, 1977).

Laudan (1977) afirma que seria um erro avaliar o progresso científico apenas em termos de resolução de problemas empíricos negligenciando-se, desta forma, uma segunda categoria de problemas, os conceituais. De acordo com esse filósofo, além da capacidade de resolução de problemas empíricos, os críticos e os proponentes de uma teoria frequentemente evocam critérios de avaliação teórica que nada tem a ver com a capacidade de determinada teoria para resolver problemas empíricos de um campo científico. Ademais, Laudan (1977) cita uma série de exemplos de controvérsias científicas em que o apoio empírico para as teorias rivais era o mesmo, e, portanto, os problemas conceituais que as distinguiam. Tais problemas “referem-se a inconsistências internas ou lacunas nas teorias, ou seja, a seus conflitos teóricos” (Pesa & Ostermann, 2002, p. 86, tradução nossa). Laudan (1977, p. 48, tradução nossa) classificou os problemas conceituais em dois tipos:

- (1) Internos – quando a teoria possui certas inconsistências internas, ou quando suas categorias básicas de análise são vagas e confusas;
- (2) Externos – quando a teoria T está em conflito com outra teoria T' e os proponentes de T acreditam estar racionalmente bem fundamentados.

Os diferentes tipos de problemas mencionados compõem a base sobre a qual Laudan elaborou seu modelo de progresso científico. Neste sentido, “quanto mais problemas empíricos (presentes, passados e futuros) resolve uma teoria e quanto mais problemas conceituais contorna, mais progressiva será a teoria” (Pesa & Ostermann, 2002, p. 87, tradução nossa). De

outra forma, quando uma teoria torna-se incapaz de resolver problemas empíricos, ou enfrenta dificuldades para resolver problemas conceituais, passa a ser considerada degenerativa (Pesa & Ostermann, 2002).

Assim como as teorias de Popper, Kuhn e Lakatos, a teoria defendida por Laudan sofreu críticas no que tange a racionalidade das escolhas entre tradições de pesquisas, aspecto diretamente associado ao próprio progresso da Ciência.

“Primeiramente, como determinamos qual tradição de pesquisa tem resolvido mais problemas? Há razões para acreditar que a enumeração e ponderação de problemas são relativas à tradição de pesquisa. Sem um esquema comum de enumeração e ponderação, a teoria de Laudan pode levar a resultados ambíguos. Parece então, em última instância, que a decisão sobre qual tradição deve ser buscada ou aceita depende de quem está fazendo a contagem dos problemas. Nesse sentido, o critério de decisão estabelecido por Laudan parece se mostrar arbitrário.” (Dal Magro, 2013, p. 187)

As quatro teorias apresentadas, popperiana, kuhniana, lakotosiana e laudiana fazem parte de um quadro teórico constituído ao longo do século XX, que, dentre outros aspectos, rechaça a visão acumulativa do crescimento científico, embora, como descrito, apresentem inconsistências que ainda alimentam debates no âmbito da filosofia da Ciência.

### **Contexto da Atividade Científica**

Esta dimensão focaliza-se nos contextos profissional e social em que o cientista exerce a sua atividade. O isolamento intelectual do cientista e o intercâmbio de opiniões são aspectos contemplados. É, ainda, referida a influência de fatores de ordem sociológica, económica e política na atividade de investigação. (Coelho da Silva, 2007, p. 79)

Um dos mitos mais difundidos com respeito à Ciência refere-se à crença de que a mesma é um empreendimento, apenas, individual. Embora muitos indivíduos reconheçam que o desenvolvimento científico depende do trabalho efetuado por cientistas do passado (Chade Vergara, 2014), ainda persiste a ideia de que as grandes descobertas científicas são frutos do trabalho, solitário e individual, efetuado pelos grandes cientistas. Nessa linha, pode-se afirmar que mesmo o Prêmio Nobel fortalece tal ponto de vista, ao certificar cientistas individualmente e não as equipes de investigadores (McComas, 2002).

“Os sociólogos da ciência que estudam os cientistas no local de trabalho têm mostrado que raramente uma ideia científica surge na mente de um indivíduo solitário, para depois ser validada por esse indivíduo solitário e aceita pela comunidade científica. O processo é muito mais como uma negociação do que a revelação da verdade. Cientistas trabalham em equipes de investigação dentro de uma comunidade de investigadores que pensam de forma parecida.” (McComas, 2002, p.68, tradução nossa).

Nesse sentido, a resolução dos problemas científicos, em função da sua complexidade, necessita de um vasto e diversificado capital intelectual, além de recursos financeiros e dispêndio de tempo. Tais requerimentos não poderiam ser preenchidos por um indivíduo (McComas, 2002), ou mesmo por uma única equipe de pesquisadores (Chade Vergara, 2014), sendo necessário, portanto, o intercâmbio entre equipes constituídas por diversos pesquisadores, muitas vezes, de especialidades/disciplinas diferentes. O Ano Internacional da Geofísica (1957-1958), por exemplo, foi um projeto global que representou, em grande escala, o trabalho de equipe desenvolvido pelos cientistas. Nesse projeto de milhares de milhões de dólares, participaram cerca de 60000 cientistas, de 67 nacionalidades (Fara, 2012), com o objetivo comum de:

“investigar a Terra na sua totalidade – não apenas as suas características superficiais, mas também a sua atmosfera e os seus oceanos, as suas condições atmosféricas, e os seus vulcões, as suas camadas de magnetismo solar e de radiação cósmica.” (Fara, 2012, p. 359)

A partir do entendimento de que a Ciência é uma empreitada individual e coletiva, sócio historicamente situada, como qualquer outro empreendimento humano, serão tecidas algumas considerações sobre as perspectivas elaboradas por alguns filósofos e sociólogos da Ciência sobre as relações, entre os cientistas, e entre esses e os atores “exteriores” ao mundo científico. Segundo Hochman (1994, p. 199):

“Uma parte da bibliografia no campo da sociologia da ciência, descartando as proposições da epistemologia sobre verdades científicas imanentes, propõe uma abordagem que relaciona intimamente os mundos social e científico, remetendo-se, obrigatoriamente, à análise do relacionamento entre os cientistas, e destes com o mundo exterior, enfim, sobre qual é a base de organização e interação dos praticantes da ciência.”

Para Kuhn, os membros de uma comunidade científica, ou seja, os indivíduos que trabalham dentro de um determinado paradigma, estão empenhados na resolução de problemas específicos relacionados ao comportamento da natureza. Ademais, as proposições para solucionar tais problemas devem ser aceitas por muitos membros da comunidade científica, excluindo-se, portanto, a possibilidade de resolvê-los, apenas, com base em critérios pessoais (Kuhn, 2000). Segundo Hochman (1994), a perspectiva kuhniana de comunidades científicas assenta em um isolamento – fundamental para focalização nos problemas científicos – entre os cientistas, os não especialistas e as demandas do mundo exterior. Nas palavras de Kuhn (2000, p. 211), “Uma das leis mais fortes, ainda que não escrita, da vida científica é a proibição de apelar a chefes de Estado ou ao povo em geral, quando está em jogo um assunto relativo à ciência.”

Em oposição à ideia de comunidade científica – neutra, autônoma, enclausurada, autorreprodutora e preocupada apenas com o progresso de seu campo disciplinar –, proclamada por Kuhn, Pierre Bourdieu adota a noção de campo científico, baseada no pressuposto de que a autonomia da comunidade científica deve ser analisada segundo a sociedade na qual está inserida. Nesse sentido, Bourdieu compreende que a Ciência deve ser compreendida, apenas, através da determinação social de seu conteúdo (Hochman, 1994).

“O campo científico é um campo de lutas, estruturalmente determinado pelas batalhas passadas, no qual agentes/cientistas buscam o monopólio da autoridade/competência científica. Os conflitos que ocorrem no e pelo domínio desse campo são entre agentes que têm lugares socialmente prefixados no mesmo, assim como qualquer agente na sociedade, e são fundamentalmente interessados, isto é, desejam maximizar, e se puderem, monopolizar, a competência/autoridade científica - reconhecida pelos pares. O campo científico instaura-se com um conflito pelo crédito científico. Portanto, o campo científico como *locus* de análise se distancia muito da comunidade de especialistas que cooperam para o avanço do conhecimento.” (Hochman, 1994, p. 209)

Os créditos científicos referidos por Bourdieu, em uma analogia à economia de mercado do sistema capitalista<sup>63</sup> (Hochman, 1994), seriam provenientes do acúmulo pelos cientistas de dois tipos de capital – em função das lutas travadas entre os mesmos –, o capital científico puro e o capital científico da instituição. O capital científico puro, capaz de empoderar os cientistas frente aos seus pares, adviria de descobertas, inovações e publicações que possam contribuir

---

<sup>63</sup> “Bourdieu não faz apenas uma analogia do campo científico com o mercado capitalista, mas, indo além, propõe que esse é mais um mercado particular dentro da ordem econômica capitalista.” (Hochman, 1994, p. 210)

para o progresso da Ciência. Por outro lado, o capital científico da instituição, que agregaria poder temporal ou político, decorreria da ocupação de cargos nas instituições científicas, departamentos e comissões, aspecto que garantiria acesso e interferência sobre os meios de produção e reprodução dentro do campo científico, como contratos, financiamentos e nomeações (Teixeira et al., 2012).

A análise de Bourdieu revela que o cientista, como um homem no/do mercado, faz suas escolhas tendo em vista o acúmulo desses dois tipos de capital, científico puro e institucional. Tal análise pretende “eliminar qualquer tentativa de discriminação entre interesse/determinação científica e interesse/determinação social” (Hochman, 1994, p. 210), ou seja, extinguir os limites entre uma abordagem internalista e epistemológica e outra externalista<sup>64</sup> e sociológica, de Ciência.

“Duas concepções opostas da história das ciências: a primeira (internalista) procura estudar a evolução das ‘ideias’ científicas, o desenvolvimento dos conceitos e das teorias, enquanto a segunda (externalista) enfatiza a inserção social da ciência, especialmente as influências ou determinações das ‘necessidades sociais’. De um lado, situam-se aqueles que defendem uma concepção segundo a qual a ciência constitui uma realidade autônoma e racional, sendo desnecessário o estudo das origens e dos diversos desenvolvimentos de ‘a ciência’: ela se constituiria sem referências a contextos históricos bem determinados e às ‘necessidades’ próprias de certos meios. Do outro, situam-se os partidários de uma concepção segundo a qual a ciência constitui uma atividade que, apesar das aparências, é socialmente condicionada, só manifestando uma racionalidade relativa, porque o segredo da ciência encontra-se em uma espécie de ativismo social e econômico.” (Japiassú & Marcondes, 2001, p. 106)

Segundo Bourdieu, na lógica da sociedade capitalista os indivíduos que mais acumulam o referido capital (leia-se: reconhecimento pelos pares/concorrentes), seriam as autoridades científicas capazes de impor suas visões sobre a Ciência que praticam (Hochman, 1994).

“O reconhecimento dos pares/concorrentes se faz pelo valor distintivo do produto e pela originalidade que traz aos recursos científicos acumulados. É por isso - e não ‘em nome do progresso’ - que existe a prioridade nas descobertas, nas invenções que geram produtos diferentes e originais, escassos no mercado científico, valorizando o nome do cientista, que procurará manter e incrementar seu capital. Daí, por exemplo, a estratégia dos autores de artigos coletivos de ordenar

---

<sup>64</sup> O externalismo e o internalismo foram duas das mais fortes correntes da historiografia da Ciência entre as décadas de 1930 e 1960, entretanto, elas foram incapazes de oferecer uma resposta à perspectiva epistemológica defendida pelos neopositivistas do Círculo de Viena, que caracterizavam a Ciência como uma empreitada a-histórica, guiada por padrões metodológicos rígidos e capaz de revelar uma forma lógica universal para tratar as questões da natureza e explicar a realidade (Ávila, 2013).

os seus nomes em um artigo tendo em vista o capital científico acumulado, procurando minimizar qualquer perda de 'valor distintivo'." (Hochman, 1994, p. 209)

Embora Bourdieu tenha reagido àqueles que atribuíram um estatuto diferenciado ao conhecimento científico e, por consequência, à comunidade científica, ao analisar sociologicamente o conhecimento científico, este acabou por dar mais ênfase à sociologia dos cientistas e não à prática da Ciência, efetuada nos dias atuais. Em reação a estas duas perspectivas – de Bourdieu e daqueles criticados por ele –, Bruno Latour propôs uma metodologia para descrição da Ciência, “da forma como esta acontece”, por meio de um relato etnográfico do dia a dia da vida de laboratório (Hochman, 1994). Tais análises permitiram que Latour desenvolvesse alguns pontos de vista sobre a relação entre os cientistas e o mundo externo ao laboratório:

“Latour condena tanto os “internalistas” quanto os “externalistas”. A crítica que faz aos internalistas relaciona-se ao fato de pretenderem analisar o processo de produção científica como sendo exclusivamente fruto do trabalho de pesquisadores, construindo uma imagem idílica, pura e desinteressada da atividade científica. (...) A crítica que faz aos externalistas vincula-se ao fato de conceberem o trabalho científico como sendo fruto exclusivo das determinações sociais, políticas e econômicas que sofre durante sua elaboração. Os externalistas, no seu entender, erram quando cuidadosamente negligenciam a análise dos conteúdos das disciplinas e a realidade dos laboratórios.” (Pereira Neto, 1997, p. 115, supressão nossa)

Latour faz menções aos papéis do diretor de um laboratório, que procura a captação de recursos e o reconhecimento da Ciência que produz, e dos investigadores, que permanecem nas “bancadas” do laboratório; ocupações que traduzem os aspectos internalistas e externalistas envolvidos na empreitada científica. De acordo com esse autor, muitos dos trabalhos desenvolvidos no laboratório dependem de equipamentos, insumos, corpo técnico e outros elementos adquiridos através de financiamentos, captados pelo diretor. Por outro lado, as agências financiadoras liberam os recursos de acordo com o desenvolvimento da pesquisa e com os argumentos de quem pleiteia o financiamento – trabalho dos cientistas de “bancada” (Pereira Neto, 1997).

“No seu entender [de Latour], é necessário muito mais gente no exterior para tornar possível o trabalho daqueles que acham que fazem ‘ciência pura’. Seguindo a ‘lógica da tradução’<sup>65</sup>, proposta pelo autor, podemos concluir que os que contribuem para a definição, a difusão, a divulgação, o convencimento da utilidade, a negociação, a gestão, a regulamentação, a inspeção, o ensino, a venda e a manutenção dos produtos gerados no laboratório, apesar de não permanecerem no interior deste, são parte integrante da pesquisa.” (Pereira Neto, 1997, p. 116, parênteses retos nossos)

Destaca-se que a separação entre as análises “externas” ao conhecimento científico – “o saber legitimado sobre a relação entre a sociedade e a produção do conhecimento” (Silva, 2009, p. 64) –, e as análises “internas” – filosóficas, fundadas nas concepções neopositivistas – se manifestou no início do século XX juntamente com a dicotomia de Reichenbach, que indicava a separação entre “contexto da descoberta” e “contexto da justificativa” (Ávila, 2013).

“O “contexto da descoberta” seria a forma como o cientista chega a sua teoria, lei, ou descoberta (como indica o nome). O contexto da descoberta, segundo os neopositivistas, estaria ligado a questões psicológicas, ideológicas, metafísicas e uma infinidade de argumentos que não diriam respeito à ciência “asséptica.” (Silva, 2009, p. 62)

Em contrapartida, o *contexto da justificação*, ou da prova, relaciona-se às formas de validação do conhecimento e assenta em uma análise lógica efetuada pelos epistemólogos (Japiassú & Marcondes, 2001). A viragem historicista promovida por Kuhn, nos anos de 1970, orientou-se no sentido de negar a clássica separação entre os dois contextos (Echeverría, 2003). Apesar disso, esse filósofo manteve-se partidário de uma pauta internalista sobre o desenvolvimento científico (Mendonça & Videira, 2007), aspecto patente nas considerações de Kuhn sobre as relações entre comunidade científica e o mundo exterior a ela.

“Segundo Kuhn, ainda que os fatores externos possam influenciar o desenvolvimento da ciência, as comunidades científicas são relativamente independentes da esfera sócio-política mais ampla. Nesse sentido, ele foi um defensor de uma explicação internalista da ciência, conquanto tenha renegado a clássica distinção entre o contexto da justificação e o contexto da descoberta” (Mendonça & Videira, 2007, p. 172).

---

<sup>65</sup> “Utilizando o método que denominou “lógica da tradução”, Latour se propõe a contar uma única história, qualquer que seja o ponto de entrada. Se você seguir o pesquisador na bancada, chegará ao diretor do laboratório que negocia financiamento. Se você acompanhar o dia a dia do diretor, chegará ao laboratório, sua bancada, microscópios, lentes e todos os utensílios necessários. Para ele, a capacidade de trabalhar em um laboratório depende do sucesso obtido por outros pesquisadores na coleta de recursos e vice e versa.” (Pereira Neto, 1997, p. 115)

A visão puramente internalista, ou socialmente neutra da Ciência, deriva, em grande medida, de um tradicionalismo científico que argumenta que a Ciência “procura em silêncio” verdades eternas acerca da Natureza, utilizando procedimentos incorruptíveis como experimentos desinteressados e a matemática. De acordo com esse olhar, as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) poderiam colocar em perigo a Ciência pura que herdamos dos cientistas do passado (Solomon, 1993). A falácia, de uma Ciência neutra, desapegada de ideologias e produtora de conhecimentos puros, através de um método objetivo e imparcial, ainda encontra-se patente nas concepções de professores de Ciências (Gil Pérez et al., 2001). Entretanto, como já mencionado, a história da Ciência revela uma série de exemplos que contradizem tal perspectiva. Segundo Chade Vergara (2014, p. 50, tradução nossa):

“A história nos ensina que a ciência é uma atividade humana e, portanto, é feita por homens, por seres humanos, que não podem ser removidos de seu contexto social, suas crenças, sua religião, suas ideias políticas ou a sua situação econômica.”

A relação entre o desenvolvimento científico ocidental e as questões militares e econômicas que permeiam os governos e as grandes corporações internacionais, é uma das grandes questões que evidenciam como a Ciência não está desprezada de interesses e valores, muitas vezes, pouco nobres (Chalmers, 1994). A migração de cientistas da Europa para Los Alamos (Estados Unidos), durante a Segunda Guerra Mundial, com o propósito de participar do projeto para a construção da bomba atômica, demonstra o grau de responsabilidade dos cientistas pela tragédia japonesa e como a Ciência está impregnada de interesses. Um exemplo mais remoto trata-se da história de Galileu Galilei (1564-1642), que ofereceu ao governante de Veneza seu recém-construído telescópio, considerado por aquele um poderoso instrumento para identificar navios de guerra inimigos. Em troca, Galileu recebeu recursos financeiros que o auxiliaram na manutenção de sua família (Solomon, 1993).

A influência dos aspectos religiosos nas questões científicas é outro elemento digno de nota quando se considera a importância dos contextos socioculturais no desenvolvimento da Ciência. No campo biomédico, observa-se, na contemporaneidade, a resistência e os embates promovidos por grupos religiosos, principalmente católicos, no que se refere à utilização de células-tronco embrionárias, em pesquisas com seres humanos (Luna, 2008).

“A Igreja Católica, em declaração emitida pela Pontifícia Academia para a Vida, em agosto de 2000, posicionou-se contra a produção de células-tronco embrionárias, sua aquisição ou a manipulação

dessas células através da técnica de transferência nuclear para produção de tecidos compatíveis com o doador, a chamada clonagem terapêutica. Em todos esses casos se estaria lesionando um “indivíduo humano” com direito à vida desde a concepção. A finalidade boa não justifica uma ação ruim, por isso, a Igreja aponta a alternativa do uso das células-tronco adultas contidas na medula óssea, no cérebro, no mesênquima (sic) de vários órgãos e no sangue do cordão umbilical.” (Luna, 2008, p. 157)

Com a descrição dessa dimensão, *contexto da atividade científica*, buscou-se tornar manifesto o caráter coletivo da empreitada científica e as indissociáveis relações entre a mesma e a sociedade. Em certa medida, esta seção representou um “contraponto externalista”, aos aspectos mencionados na seção anterior que tratou da dimensão da natureza da Ciência intitulada *evolução do conhecimento científico*, seção focalizada, principalmente, em questões internalistas.

## Imagem do Cientista

“Esta dimensão refere-se ao perfil do cientista e à influência de convicções e ideologias pessoais na actividade de investigação.” (Coelho da Silva, 2007, p. 79)

As considerações sobre a *imagem do cientista* – diretamente associada às visões sobre a Natureza da Ciência (Kosminsky & Giordan, 2002) – não poderiam ser efetuadas sem referências aos estereótipos de cientista, socialmente aceites. As diversas imagens estereotipadas dos cientistas, transmitidas/construídas através do cinema (Cunha & Giordan, 2007), dos desenhos animados (Mesquita & Soares, 2008), dos noticiários (Gutiérrez Julián, Gómez Crespo & Martín-Díaz, 2001), das revistas em quadrinhos (Gallego Torres, 2007), dos livros de ficção (Mead & Métraux, 1957) e das práticas educacionais (Gil-Pérez et al., 2001), poderiam ser sintetizadas através da seguinte descrição elaborada por Coelho da Silva (2007, p. 82):

“um ser “bizarro”, que vive à margem do mundo real, isto é, descontextualizado de um meio familiar, cultural, económico e político. É um indivíduo intelectualmente superior. É um génio, um sábio. Procura, constantemente, o novo e o insólito em permanentes trabalhos de invenção. É um obstinado colector de factos. É um indivíduo do sexo masculino, de raça branca e ocidental, geralmente integrado num laboratório.”

A imagem de cientista, sustentada na presente investigação, está assentada em atributos diametralmente opostos aos contemplados na descrição mencionada acima. Portanto, o desenvolvimento desta seção será direcionado às críticas e problemáticas decorrentes da instauração dessa imagem estereotipada de cientista. Convém explicitar que os aspectos vinculados à patente integração entre cientistas e os contextos cultural, econômico e político, em que estão inseridos, foram mencionados na seção anterior, referente à dimensão da natureza da Ciência *contexto da atividade científica*. Assim, reitera-se a posição de que “o trabalho dos homens e mulheres de ciência - como qualquer outra atividade humana - não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico” (Gil-Pérez et al., 2001, p. 137).

Acredita-se que a descrição do contexto familiar dos cientistas, quesito negligenciado em diversos manuais escolares de Ciências Naturais e Biologia e Geologia (Coelho da Silva, 2007), possibilitaria a construção de imagens mais humanizadas desses indivíduos, contribuindo, assim, para a mudança de concepções dos alunos sobre a Ciência (Scherz & Oren, 2006). Ademais, a inserção desse contexto, em ações no âmbito do ensino de Ciências, poderia desnudar as eventuais influências que os cientistas recebem de seus parentes, particularidades estas que poderiam aproximar o mundo dos cientistas do mundo vivenciado pelos alunos, no qual os familiares exercem variadas formas de influência, inclusive na escolha profissional.

Com recurso à História da Ciência, poderiam ser enumeradas diversas situações para ilustrar tais influências familiares; aqui serão citadas apenas duas, relacionadas à presente investigação. A escolha profissional do cientista grego Cláudio Galeno (129-199 d.C.), por exemplo, foi fortemente influenciada por seu pai, o arquiteto Nico de Pérgamo, que insistiu que aquele deveria ser médico (Bynum, 2013). Também na Grécia Antiga, Erasítrato de Quios (250-310 a.C.) seguiu a profissão exercida pelo pai, tio e irmão, tornando-se, assim, médico (Magner, 2005). Corroborando com esses dados históricos, uma recente pesquisa evidenciou a influência das famílias no interesse inicial de indivíduos na Ciência. Os investigadores identificaram que as ocupações dos parentes, seus modos de diversão e *hobbies*, e o encorajamento para seguir a carreira, foram elementos substanciais para a adesão dos sujeitos ao trabalho de investigação científica (Dabney, Chakraverty & Tai, 2013).

Segundo Gallego Torres & Gallego Badillo (2007), a apresentação de biografias muito sucintas dos cientistas, no âmbito do ensino de Ciências, poderia suprimir traços de humanidade e supervalorizar qualidades científicas, prática que ocultaria as debilidades dos

investigadores ou comportamentos que permitam identificá-los como indivíduos pertencentes à espécie humana. Além disso, a simplificação da vida e obra dos cientistas poderia obscurecer o papel das convicções e ideologias pessoais na tomada de decisões científicas (Coelho da Silva, 2007), a exemplo das decisões motivadas por aspectos religiosos – não necessariamente explícitos (Luna, 2008).

A descrição da Ciência como um empreendimento limitado a minorias dotadas de uma capacidade intelectual “diferenciada” – indivíduos de classes sociais mais abastadas, brancos ou do gênero masculino – é mais uma problemática associada à visão individualista e elitista de Ciência (Gil-Pérez et al., 2001). De acordo com Losh (2010), a caracterização da Ciência como uma atividade produzida eminentemente por homens, por exemplo, poderia limitar o engajamento de muitas alunas em profissões relacionadas à pesquisa científica.

Em sentido contrário, a História da Ciência aponta uma série de importantes contributos fornecidos pelas mulheres, que poderiam ser utilizados, inclusive, em atividade de ensino. Alguns exemplos no campo da física foram: a) Hipátia de Alexandria (370-416), que lutou pela defesa das Ciências contra a irracionalidade religiosa; b) Lise Meitner (1878-1968), que desenvolveu trabalhos essenciais na equipe que descobriu a fusão nuclear; c) Marie-Sophie Germain (1776-1831), que forneceu contributos à teoria da elasticidade; d) Amalie Emmy Noether (1882-1935), que desenvolveu a teoria dos anéis, grupos e campos, contribuindo, assim, para o desenvolvimento da física teórica; e) Marie Salomea Sklodowska Curie (1867-1934), que dedicou sua vida ao estudo da radioatividade e foi a primeira pessoa a ganhar dois prêmios Nobel (Chade Vergara, 2014, p. 48, tradução nossa). No campo da química, pode-se destacar o trabalho que Marie Anne Pierrette Paulze (1758-1836) desenvolveu na divulgação da teoria da oxidação (Gallego Torres & Gallego Badillo, 2007).

O recurso à História também se fez necessário para expor as origens do branqueamento da Ciência, questão associada ao desenvolvimento do eurocentrismo. Devido ao poderio político-financeiro, os europeus passaram a se considerar o centro de tudo e, portanto, construíram uma história que confirmava a superioridade europeia, apesar da existência de elementos que mostrassem o contrário. De acordo com o olhar eurocêntrico, a Ciência originou-se na Grécia, foi preservada pelo Império Islâmico durante o declínio europeu (“Idade das Trevas”) e retornou à Europa no século XII, através da Espanha, propagando-se para o norte (Fara, 2012).

“Metaforicamente, a expressão ‘Idade das Trevas’ estava repleta de significados, sugerindo não só que o brilho da iluminação intelectual fora obscurecido (afinal, ver é saber), mas também que uma

nuvem sombria de superstição descera para abafar a racionalidade e a originalidade. Enquanto a Europa jazia na Idade das Trevas – pelo menos, era essa a história convencional – os intelectuais árabes eram considerados transmissores neutros da perícia europeia, muito embora fossem experimentadores e teóricos por direito próprio, tendo transformado ativamente as técnicas e crenças que tinham recolhido de culturas diversas. Da mesma forma, a China era vista como um lugar remoto e esotérico, e o impacto de do seu sucesso agrícola e industrial na Europa não foi reconhecido.” (Fara, 2012, p. 59)

Dos aspectos mencionados pode-se inferir porque a História da Ciência, até relativamente pouco tempo, foi dominada por um olhar eurocêntrico, que se traduziu na supervalorização de cientistas europeus (brancos) e no descrédito das realizações de cientistas provenientes de outras origens, como a africana (negros) e a chinesa (amarelos).

Em síntese, para sustentar uma imagem de cientista – no âmbito do ensino de Ciências – consoante com a História, Filosofia e Sociologia da Ciência, contemporâneas, é necessário recorrer a estratégias de ensino e aprendizagem que permitam a superação de estereótipos, contribuindo, assim, para a construção de visões de Ciência mais aceitas.

### III – METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA E DE INVESTIGAÇÃO

#### Introdução

Inicia-se este capítulo expondo-se uma visão global do presente estudo. Na segunda seção apresenta-se a estratégia de intervenção pedagógica – cerne da presente investigação – idealizada, concebida e implementada com o intuito de promover uma aprendizagem significativa, que perpassa pela (re)construção de conhecimentos científicos, relacionados à morfofunção do sistema circulatório humano, e epistemológicos, associados à dimensões da Natureza da Ciência. Essa seção compreende a caracterização do contexto educativo de intervenção pedagógica e a descrição da estratégia de intervenção pedagógica. Por fim, na terceira seção, são apontadas as opções metodológicas de investigação que possibilitaram a efetuação da análise da estratégia de intervenção pedagógica.

#### 3.1. Plano geral do estudo

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso que pode ser definido como uma “investigação de uma unidade específica, situada em seu contexto, selecionada segundo critérios predeterminados e utilizando múltiplas fontes de dados, que se propõe a oferecer uma visão holística do fenômeno estudado” (Alves-Mazzotti, 2006, p. 650). Para Lüdke & André (1986) os estudos de caso visam à descoberta – ancorada em um quadro teórico inicial –, retratam a realidade de forma completa e profunda – considerando-se as múltiplas dimensões de determinada situação ou problema –, e revelam experiência vicária permitindo generalizações naturalísticas, ou seja, generalizações que ficarão à cabo do leitor e aos casos que prendem-se ao interesse do mesmo.

O presente estudo de caso trata-se da idealização, concepção, implementação e avaliação de uma estratégia de intervenção pedagógica na disciplina de Anatomia Humana, pertencente ao segundo semestre de um curso de Licenciatura em Biologia. Esta intervenção pedagógica assentou-se, fundamentalmente, na integração educativa da História da Ciência, no contexto do ensino da temática *Sistema Circulatório Humano*, tendo-se como base dois princípios pedagógicos: socioconstrutivismo e metacognição. A integração educativa da História da Ciência foi utilizada com o propósito de contribuir para a (re)construção das concepções dos alunos

sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência. No que tange à morfofunção do sistema circulatório humano seis conteúdos científicos foram trabalhados através da abordagem histórica: *produção do sangue; vasos sanguíneos: morfofunção, morfologia interna do coração; circulação do sangue; derivação Blalock-Taussig e transfusão de sangue*. Quanto à Natureza da Ciência, a abordagem histórica do sistema circulatório humano possibilitou discussões em torno de quatro dimensões: *imagem do cientista, contexto da atividade científica, processo de criação científica e evolução do conhecimento científico*.

A estratégia de intervenção pedagógica foi composta por doze atividades de aprendizagem: (a) quatro atividades de reflexão, assentadas no princípio pedagógico metacognição; (b) uma atividade de síntese, empregada com o intuito de sistematizar os conhecimentos construídos; (c) sete atividades focalizadas na exploração da História da Ciência, elaboradas à partir de diferentes tipos de fontes de informação – (1) excertos de livros de História da Ciência e de artigos científicos, (2) texto autêntico, (3) experimento histórico: replicação; (4) artigo científico, (5) texto de divulgação científica.

A avaliação da intervenção pedagógica compreendeu a análise do impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, a identificação das representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano e a identificação dos constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano. Nessa avaliação foram utilizados quatro instrumentos de investigação: atividades de aprendizagem, guião da entrevista dos grupos focais, questionário final de avaliação global e diário do professor-investigador. A interpretação dos dados recolhidos a partir destes instrumentos ocorreu através da conjugação de procedimentos qualitativos e quantitativos. Os procedimentos qualitativos prendem-se à análise de conteúdo (ver Bardin, 2009) dos dados recolhidos a partir dos diferentes instrumentos investigação, enquanto os aspectos quantitativos associam-se ao cálculo de frequências aplicado à informação recolhida através de dois instrumentos – atividades de aprendizagem e questionário final de avaliação global. Os procedimento quantitativos foram aplicados com a finalidade de determinar tendências e regularidades.

## **3.2. Estratégia de intervenção pedagógica**

A presente seção é iniciada com a caracterização do contexto educativo de intervenção pedagógica e finalizada com a descrição da estratégia de intervenção pedagógica.

### **3.2.1. Caracterização do contexto educativo de intervenção pedagógica**

A estratégia de intervenção pedagógica implementada na presente investigação foi desenvolvida no âmbito do componente curricular Anatomia Humana, que compõe o elenco de componentes curriculares obrigatórios do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – instituição de ensino brasileira, localizada no estado da Bahia. O referido curso de Licenciatura em Ciências Biológicas foi criado no ano de 2008, com o intuito maior de suprir a carência de professores de Ciências e Biologia nas cidades do Recôncavo da Bahia. Em termos específicos, os objetivos desse curso de formação de professores são (UFRB, 2008, p. 11):

- (1) Formar profissionais que exerçam a atividade docente na educação básica em Ciências Naturais e Biologia, conscientes da sua responsabilidade social, com visão crítica e espírito solidário, preparados para desenvolver ideias inovadoras e ações estratégicas, capazes de atuar com responsabilidade e qualidade em prol da conservação da biodiversidade, políticas de saúde, meio ambiente, bioprospecção, biossegurança e gestão ambiental, tanto nos aspectos educacionais quanto técnico-científicos.
- (2) Formar profissionais comprometidos com os resultados de sua atuação, pautando sua conduta profissional por critérios humanísticos; compromisso com a cidadania e rigor científico, bem como por referências éticas e legais, com capacidade de se tornar agente transformador da realidade presente, na busca da melhoria da qualidade de vida e apto a atuar na multi e interdisciplinaridade, adaptável a dinâmica do mercado de trabalho e às mudanças contínuas do mesmo.

De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, espera-se que o egresso desse curso desenvolva diversas competências, algumas destas, em especial, serviram de mote para a concepção da estratégia de intervenção pedagógica desenvolvida na presente investigação:

“e) compreender o processo histórico de produção do conhecimento das ciências biológicas referente a conceitos/princípios/teorias” (UFRB, 2008, p. 13)

“f) estabelecer relações entre ciência, tecnologia e sociedade” (*op. cit.*, p. 13)

O referido curso de Licenciatura em Ciências Biológicas foi concebido com as seguintes características: (a) modalidade presencial; (b) funcionamento no turno noturno; (c) carga horária total de 2818 horas, distribuídas entre componentes curriculares obrigatórios (1972 horas), componentes curriculares optativos (238 horas), estágio supervisionado (408 horas), atividades complementares (200 horas) (UFRB, 2008). O componente curricular Anatomia Humana, disciplina em que foi realizada a presente investigação, é ofertado no segundo semestre do curso. A carga horária deste componente curricular é de 68 horas-aula de 45 minutos, distribuídas em 17 semanas letivas, compostas por dois encontros de 90 minutos. No programa do componente curricular Anatomia Humana estão elencados os seguintes objetivos de aprendizagem: (a) (re)construir conhecimentos sobre aspectos morfofuncionais relacionados a alguns sistemas que integram o corpo humano; (b) (re)construir visões sobre algumas dimensões da Natureza da Ciência; (c) conceber o uso da História da Ciência como possibilidade metodológica para o ensino do corpo humano; (d) discutir possibilidades metodológicas para o ensino do corpo humano.

A estratégia de intervenção pedagógica implementada no presente estudo focalizou-se na temática *Sistema Circulatório Humano*. A opção por essa temática baseou-se nos seguintes aspectos:

- (a) A compreensão da circulação do sangue é considerada uma revolução científica no âmbito da História da Biologia (Agutter & Wheatley, 2008) e um dos eventos mais importantes da História da Medicina (Key, Keys & Callahan, 1979). Neste sentido, julgou-se relevante que os licenciandos em Biologia, futuros professores, compreendessem esse episódio fundamental da Ciência que ensinarão;
- (b) O sistema circulatório humano é um conteúdo central no currículo de Biologia (Alkhawaldeh, 2012);
- (c) O entendimento do sistema circulatório humano influencia a compreensão do conceito de homeostase, pois a circulação de sangue é essencial para o equilíbrio dinâmico do funcionamento corporal (Sungur, Tekkaya & Geban, 2001; Alkhawaldeh, 2007). Tendo em conta que a homeostase é um conceito central da fisiologia (Modell, Cliff, Michael, McFarland, Wenderoth & Wright, 2015), disciplina que efetua um papel integrador no currículo de Biologia (Silverthorn, 2003), considerou-se pertinente que os licenciandos em Biologia (re)construíssem concepções cientificamente aceitas sobre o sistema circulatório humano;

- (d) O entendimento do sistema circulatório humano é fundamental para a aprendizagem de outros conceitos biológicos como transporte e troca de materiais no corpo humano, hematose e sistema linfático. Além disso, a compreensão das doenças cardiovasculares e do seu tratamento é, também, baseada em conceitos vinculados ao sistema circulatório humano (Cheng & Gilbert, 2015);
- (e) Trabalhos voltados ao ensino de Ciências (Núñez & Banet, 1996; Clément, 2003; Alkhaldeh, 2007; Carvalho & Clément, 2007; Ribeiro, Oliveira & Silva, 2011) indicam que a construção de visões integradas do corpo humano perpassa, também, pela compreensão do sistema circulatório e das relações que o mesmo estabelece com outros sistemas do corpo. Neste sentido, pode-se considerar o sistema circulatório como um conteúdo estruturante essencial para a construção de concepções mais integradas da morfofunção humana, aspecto primordial para o desenvolvimento de visões mais holísticas e menos fragmentadas do corpo humano;
- (f) Investigações no âmbito do ensino de Ciências evidenciam que alunos de diferentes níveis de escolaridade, inclusive universitários, perfilham concepções alternativas sobre o sistema circulatório humano (Arnaudin & Mintzes, 1985; Pelaez, Boyd, Rojas & Hoover, 2005; Özgür, 2013). Tais concepções sobre o sistema circulatório não são manifestas apenas pelos alunos, mas, também, por professores de Ciências (Pelaez, Boyd, Rojas & Hoover, 2005) e de Biologia (Yip, 1998a e Yip, 1998b). Tendo-se em conta os déficits apresentados por alunos e professores, quanto ao conhecimento no âmbito do sistema circulatório humano, pressupõe-se a relevância da implementação de estratégias de intervenção pedagógica destinadas à aprendizagem desse conteúdo, no contexto da formação de professores de Ciências e Biologia.

Destaca-se que a estratégia de intervenção pedagógica foi desenvolvida no primeiro semestre do ano de 2015, mas devido a um desajuste no calendário acadêmico o período de realização correspondeu ao segundo semestre letivo do ano de 2014. Antes de iniciar a intervenção pedagógica, as linhas gerais do projeto de pesquisa foram apresentadas aos alunos para que compreendessem a relação entre as atividades de aprendizagem que viriam a realizar e a investigação. Para que os dados recolhidos ao longo da implementação da estratégia de intervenção pedagógica pudessem ser utilizados com finalidades de pesquisa foi solicitado que os 33 alunos matriculados no componente curricular avaliassem o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 16). Todos os 33 alunos consentiram em participar da pesquisa, assinando o referido termo, mas apenas 22 foram incluídos na investigação, pois onze alunos desistiram de cursar o componente curricular ou não participaram de todas as atividades de aprendizagem.

O grupo de participantes do estudo foi constituído por um quantitativo igual de cada gênero, onze homens e onze mulheres, divergindo da tendência nacional de feminização da docência (Gatti, 2010). Os alunos estavam distribuídos entre sete grupos de idade, estabelecidos de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010): (a) 15-19 anos – 1

aluno; (b) 20-24 anos – 4 alunos; (c) 25-29 anos – 8 alunos; (d) 30-34 – 3 alunos; (e) 35-39 – 2 alunos; (f) 45-49 – 3 alunos; (g) 50-54 – 1 aluno. Esses dados mostram que o grupo de participantes apresentou uma grande heterogeneidade quanto à faixa etária e que menos de 25% dos alunos (5 alunos) encontrava-se na faixa etária regular (18 a 24), isto é, dando continuidade, sem interrupção, aos estudos concluídos na educação básica. Esse aspecto difere da média nacional, de 51%, para alunos das licenciaturas em Ciências (Gatti, 2010). O aluno mais novo possuía 18 anos e o mais velho 52 anos. A média de idade do grupo foi de 30,4 anos (com desvio padrão de 9,4).

### 3.2.2 Descrição da estratégia de intervenção pedagógica

A estratégia de intervenção pedagógica caracteriza-se sumariamente pela implementação de atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência em articulação com atividades de aprendizagem centradas na reflexão metacognitiva sobre o processo de aprendizagem, exploradas num cenário educativo de cariz dialógico e cooperativo em que se potencia o papel das interações alunos-alunos e alunos-professor na (re)construção dos saberes. Incidiu na abordagem da temática *Sistema Circulatório Humano*, no âmbito da disciplina de Anatomia Humana do curso de Licenciatura em Biologia, lecionado no *campus* de Cruz das Almas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, uma universidade pública situada no Estado da Bahia (Brasil). A intervenção pedagógica foi desenvolvida no ano de 2015, tendo envolvido um grupo de 22 alunos.

O Quadro 3.1 apresenta a estrutura global da intervenção pedagógica, evidenciando os tipos de atividades de aprendizagem implementadas – atividades de História da Ciência, atividades de reflexão e atividade de síntese - e algumas características que lhes conferem identidade. Está assinalado o tipo de fontes de informação mobilizadas, característica que diferencia as várias atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência. Assinalam-se os cientistas cujas ideias serão abordadas e localizam-se cronologicamente. Estão ainda referidos os conteúdos científicos abordados, o modo de resolução adotado e o número de aulas dedicado a cada uma das atividades de aprendizagem.

**Quadro 3.1: Estrutura global da intervenção pedagógica**

Atividades de Aprendizagem			Conteúdo científico	Modo de resolução	Nº de aulas (45 min)
Fonte de informação	Cientista	Época (séc)			
REFLEXÃO			—————	Individual Grupo turma	2
Excertos de livros de História da Ciência e de artigos científicos	Erasístrato	II a.C.	Vasos sanguíneos: morfofunção Produção do sangue	Pequeno grupo Grupo turma Individual	8
	Galeno	II			
	Fabricius	XVII			
	Erasístrato	II a.C.	Morfologia interna do coração Circulação do sangue	Pequeno grupo Grupo turma Individual	
	Galeno	II			
	Colombo	XVI			
REFLEXÃO			—————	Individual	2
Texto autêntico	William Harvey	XVII	Circulação do sangue Produção do sangue	Pequeno grupo Grupo turma Individual	4
Experimento histórico: replicação	William Harvey	XVII	Circulação do sangue Vasos sanguíneos: morfofunção	Pequeno grupo Grupo turma Individual	4
REFLEXÃO			—————	Individual	2
Artigo científico	Giulio Bizzozero	XIX	Produção do sangue	Pequeno grupo Grupo turma Individual	8
Artigo científico	Alfred Blalock	XX	Derivação Blalock-Taussig	Pequeno grupo Grupo turma Individual	
	Helen Taussig	XX			
	Vivien Thomas	XX			
Texto de divulgação científica	Charles Drew	XX	Transfusão sanguínea	Pequeno grupo Grupo turma Individual	4
SÍNTESE			Conteúdos anteriores	Pequeno grupo Grupo turma	4
REFLEXÃO			—————	Individual	5

**Legenda** – séc: século; a.C.: antes de Cristo; min: minutos.

A intervenção pedagógica foi desenvolvida durante 43 aulas, cada uma constituída por um período de 45 minutos. É corporizada por três tipos de atividades de aprendizagem: 1) atividades de História da Ciência; 2) atividades de reflexão e 3) atividade de síntese.

As atividades de aprendizagem de História da Ciência foram mobilizadas com a finalidade de contribuir para que os alunos (re)construíssem conhecimentos científicos, associados à morfofunção do sistema circulatório humano, e conhecimentos epistemológicos, relacionados às dimensões da Natureza da Ciência consideradas. As atividades de reflexão, de cariz metacognitivo, pretenderam auxiliar os alunos na tomada de consciência acerca de seus conhecimentos, científicos e epistemológicos, em três momentos: o antes, o durante e o após ensino. A atividade de síntese teve o propósito de contribuir para que os alunos sistematizassem os referidos conhecimentos, construídos ao longo da estratégia de intervenção pedagógica. Passa-se, agora, a descrição pormenorizada destes três tipos de atividade de aprendizagem.

As *atividades de reflexão* que integram a intervenção pedagógica são seguintes, enumeradas de acordo com a ordem de implementação:

1. AtAp-R1: As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência (Anexo 1);
2. AtAp-R2: Em que medida os fragmentos de texto da História da Ciência contribuíram para o meu aprendizado? (Anexo 4);
3. AtAp-R3: Discussões em torno das ideias de William Harvey: o que ficou pra mim? (Anexo 7);
4. AtAp-R4: As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica (Anexo 12).

A primeira atividade de aprendizagem de reflexão, intitulada *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1), é constituída por duas fases. A primeira fase é composta por 10 questões, de resposta individual, e a segunda fase é constituída por uma única questão que é objeto de debate no grupo turma. As questões da primeira fase estão orientadas para a explicitação e tomada de consciência dos alunos sobre as ideias prévias que perfilham sobre o conhecimento científico, relativo à morfofunção do sistema circulatório humano, e sobre o conhecimento epistemológico, associado às dimensões da Natureza da Ciência consideradas. A questão da segunda fase, que despoletou um debate no grupo turma, proporcionou o primeiro momento de conflito cognitivo, baseado na consciencialização por cada aluno das ideias manifestas por seus pares, em relação aos conteúdos científicos e epistemológicos mencionados:

“A ideia de conflito sociocognoscitivo deve ser entendida pela existência de pontos de vista diferentes ao tentar coordenar as próprias ações ou ideias. (...) Embora nem sempre o conflito conduza a um

avanço na reorganização do próprio conhecimento, pode desempenhar a função de fazer os alunos refletirem sobre as próprias concepções, tornando-as explícitas.” (Mauri, 1998, p. 100)

Em caráter ilustrativo seguem duas questões pertencentes a esta primeira atividade de reflexão:

2. Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano.
  - a) Tente legendá-lo.
  - b) Indique, com setas, o sentido de circulação do sangue no interior do coração.
  
5. Indique, justificando, se concorda ou discorda com a seguinte afirmação: “A atividade dos cientistas é um trabalho individual, isolado, solitário, independente uns dos outros e dos restantes cidadãos”.

Segundo Baviskar, Hartle & Whitney (2009), a elicitación dos conhecimentos prévios e a criação do conflito cognitivo são dois, dos quatro critérios<sup>66</sup> que caracterizam o ensino construtivista. Neste sentido, acredita-se que “grande parte da atividade mental construtiva dos alunos deve consistir em mobilizar e atualizar seus esquemas anteriores para entender sua relação ou relações com o novo conteúdo” (Miras, 1998, p. 61). Portanto, ao introduzir uma atividade de reflexão focalizada na exploração dos conhecimentos prévios assumiu-se que os alunos (re)constróem pessoalmente um significado a partir de significados construídos previamente, e estes últimos possibilitam atribuir um primeiro nível de significado, e sentido, ao novo conteúdo, e iniciar o processo de aprendizagem (Miras, 1998).

A segunda atividade de reflexão, denominada *Em que medida os fragmentos de texto da História da Ciência contribuíram para o meu aprendizado?* (AtAp-R2 - Anexo 4), foi constituída por duas questões, uma relacionada aos conteúdos científicos e outra aos conteúdos epistemológicos. Esta atividade teve a intenção de oportunizar aos alunos a tomada de consciência sobre o que já sabiam em relação aos conteúdos científicos e epistemológicos trabalhados nas duas primeiras atividades de aprendizagem de História da Ciência. Esta atividade também teve a finalidade de oportunizar aos alunos a reflexão sobre os contributos – e eventuais constrangimentos – destas duas atividades de História da Ciência, para a

---

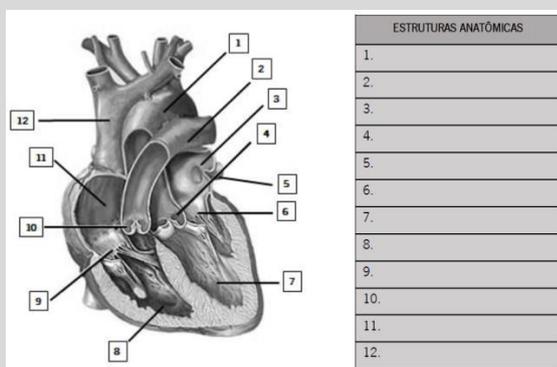
<sup>66</sup> Os outros dois critérios que caracterizam o ensino construtivista, também adotados na presente intervenção, seriam:

(1) *Aplicação do conhecimento com feedback.* Esta aplicação possibilita que os alunos (re)construam seus conhecimentos prévios à luz do conhecimento novo e pode ser estimulada por estratégias que possibilitem aos alunos a comparação entre suas construções pessoais e as de seus colegas, como as discussões em grupo. Para Baviskar, Hartle & Whitney (2009), a aplicação do conhecimento com feedback permite, também, que o aluno estabeleça interconexões entre os novos conhecimentos e variados contextos, contribuindo, assim, para a integração permanente do novo conhecimento.

(2) *Reflexão sobre a aprendizagem.* A reflexão permite que o aluno tome consciência sobre as aprendizagens. De acordo com Baviskar, Hartle & Whitney (2009), as atividades construtivistas oportunizam aos alunos expressarem o que eles aprenderam, aspecto que pode ser garantido através da utilização de questões que fomentem a reflexão sobre o processo de aprendizagem.

(re)construção dos conhecimentos relacionados aos conteúdos referidos. Segue abaixo a questão, relacionada ao conteúdo científico, que corporificou essa atividade de reflexão:

1. Analise a imagem abaixo e preencha o quadro. Em seguida, indique, com setas, o sentido da circulação do sangue no interior do coração.



- 1.1 Em que medida as atividades de aprendizagem, até agora realizadas, contribuíram para a resolução dessa questão?
- 1.2 Em que medida as atividades de aprendizagem, até agora realizadas, dificultaram a resolução dessa questão?
- 1.3 Você considera que aprendeu o conteúdo necessário para responder essa questão? Por quê?

Considera-se que essa segunda atividade de reflexão, assim como a terceira (descrita à seguir), caracterizam-se como atividades de monitorização, definidas como: “operações que permitem acompanhar e ir monitorizando o desenvolvimento da actividade, as dificuldades experimentadas, suas causas e possíveis soluções, e que podem envolver tarefas de replanificação” (Alonso, Roldão & Vieira 2006, p. 3111).

A terceira atividade de reflexão, intitulada *As ideias de William Harvey: o que ficou pra mim?* (AtAp-R3 - Anexo 7), foi constituída por três questões, duas relacionadas aos conteúdos epistemológicos e uma associada aos conteúdos científicos. Esta atividade teve a intenção de oportunizar aos alunos a tomada de consciência sobre o que já sabiam em relação aos conteúdos, científicos e epistemológicos, trabalhados em duas atividades de aprendizagem de História da Ciência, focalizadas na exploração das ideias do cientista William Harvey. Segue abaixo um exemplo ilustrativo de questão, relacionada ao conteúdo epistemológico, que corporificou essa atividade de reflexão:

2. Analise a seguinte frase: “Avanços científicos acontecem por meio de um processo acumulativo, portanto, a velha teoria é preservada”.
  - 2.1 Você concorda com essa afirmação? Justifique.
  - 2.2 Em que medida a atividade de aprendizagem “Interpretação de um texto original de William Harvey” lhe auxiliou a responder essa questão?

No momento de resolução da quarta e última atividade de reflexão, intitulada *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12), os alunos receberam as respostas que deram às questões da atividade aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1). De posse desses materiais, os alunos foram convidados a refletir sobre a necessidade de efetuar possíveis modificações em suas respostas. Segundo Miras (1998, p. 72):

“os instrumentos que permitem conservar por escrito, ou por outro meios, as respostas iniciais dos alunos (questionários, mapas, etc.) podem ser úteis para se levar a cabo uma reflexão conjunta sobre o processo de aprendizagem em desenvolvimento. Na perspectiva dos alunos, voltar-se a debruçar-se, em determinados momentos, sobre suas respostas iniciais pode ajudá-los a tomar consciência das mudanças que ocorreram. De forma semelhante, na perspectiva do professor, este voltar atrás pode ser útil para avaliar o caminho percorrido pelos alunos”

Na mesma direção Coelho da Silva, Gonçalves & Poças (2012) afirmam que os registros realizados pelos alunos são: “fulcrais para a análise comparativa necessária à tomada de consciência das transformações operadas no modo de interpretação das situações em estudo e do trajeto percorrido na construção do conhecimento científico” (p. 546). Neste sentido, acredita-se que a última atividade de reflexão foi um momento importante de consciencialização sobre os processos de aprendizagem construídos ao longo da intervenção pedagógica. Segue abaixo um exemplo de questão que corporificou essa atividade de reflexão:

1. Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1?
  - 1.1 Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu.

As quatro atividades de reflexão, de cariz metacognitivo, que integraram a estratégia de intervenção pedagógica fundamentam-se em algumas ideias sobre nossa estrutura cognitiva, e sobre a situação de aprendizagem, sintetizadas através do excerto que se segue:

“pressupõe-se que nossa estrutura cognitiva está configurada por uma rede de esquemas de conhecimento. Estes esquemas se definem como as representações que uma pessoa possui, num momento dado de sua existência, sobre algum objeto de conhecimento. Ao longo da vida, estes esquemas são revisados, modificados, tornam-se mais complexos e adaptados à realidade, mais ricos em relações. A natureza dos esquemas de conhecimento de um aluno depende de seu nível de desenvolvimento e dos conhecimentos prévios que pôde construir; a situação de aprendizagem pode

ser concebida como um processo de comparação, de revisão e de construção de esquemas de conhecimento sobre conteúdos escolares.” (Zabala, 1998, p. 37)

Os processos de comparação, revisão e construção de esquemas de conhecimento, mencionados acima, foram mobilizados nas quatro atividades de reflexão, baseadas na metacognição<sup>67</sup>. Para Campanario (2000), determinadas atividades ou recursos têm caráter metacognitivo quando seus desenvolvimentos são compatíveis ou incidem sobre alguns dos seguintes aspectos:

- (1) Conhecimento ou controle do próprio conhecimento (ideias prévias) ou processos cognitivos (estratégias de pensamento e estratégias de aprendizagem);
- (2) Autorregulação cognitiva, incluindo o controle do estado atual da própria compreensão;
- (3) Ideias adequadas sobre a estrutura, produção e organização do conhecimento, incluindo as relações entre partes aparentemente diferenciadas de uma área determinada e, no caso do conhecimento científico, ideias adequadas sobre o caráter muitas vezes contra intuitivo deste conhecimento e sobre o papel dos conhecimentos prévios, da observação ou da experimentação na criação de novos conhecimentos. (Campanario, 2000, p. 370, tradução nossa)

A análise das quatro atividades de aprendizagem de reflexão descritas acima possibilita inferir que as mesmas contemplaram um ou mais aspectos considerados por Campanario (2000) para definir atividades metacognitivas. A primeira atividade de reflexão (AtAp-R1), por exemplo, relacionada a exploração do conhecimento prévio, incide fundamentalmente sobre o primeiro aspecto. A segunda (AtAp-R2) e a terceira (AtAp-R3) atividades de reflexão, orientadas para a monitorização do processo de aprendizagem e associadas a história do sistema circulatório humano, contemplam os aspectos dois e três. Finalmente, a quarta atividade de reflexão prende-se, também, ao segundo aspecto descrito por Campanario (2000).

As atividades de reflexão ainda contemplaram uma dimensão adicional da metacognição, existente na aprendizagem das Ciências, o metaconhecimento ou conhecimento acerca da Natureza da Ciência. Segundo Campanario & Otero (2000), este metaconhecimento em interação com o próprio conhecimento e capacidades cognitivas pode influenciar substancialmente no trabalho em Ciências. Nas palavras destes autores, tal influência manifesta-se, usualmente:

---

<sup>67</sup> A metacognição ou cognição acerca da cognição foi definida por Flavell (1976), pesquisador que cunhou este termo na década de 1970, das seguintes formas: “A metacognição refere-se ao conhecimento a respeito de seus próprios processos e produtos cognitivos ou qualquer coisa relacionada a eles.” (...). “A metacognição refere-se, entre outras coisas, à monitorização ativa e conseqüente regulação e orquestração desses processos, em relação aos objetos cognitivos ou dados sobre os quais versam, geralmente, a serviço de alguma meta concreta ou objetivo.” (p. 232, tradução nossa)

“na eleição e orientação dos enfoques na aprendizagem e nos métodos de estudo. Assim, para uma atuação efetiva na área de ciências experimentais, tão importante resulta dispor dos conhecimentos necessários sobre procedimentos e conteúdos como dos conhecimentos sobre os objetivos das ciências e das formas de pensamento e explicação aceitáveis neste domínio.” (Campanario & Otero, 2000, p. 164, tradução nossa)

A *atividade de síntese* (Anexo 11) foi estruturada como o objetivo de contribuir para a organização e sistematização das ideias discutidas nas sete atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência. Esta atividade foi constituída por duas partes, a primeira focalizada no conhecimento científico, relacionado à morfofunção do sistema circulatório humano, e a segunda voltada ao conhecimento epistemológico, associado às dimensões da Natureza da Ciência consideradas. Seguem abaixo as questões que corporificaram a atividade de síntese:

- a) O conteúdo sistema circulatório faz parte dos temas discutidos na disciplina Anatomia Humana. Nesta intervenção pedagógica, optei por desenvolver esse tema a partir de elementos da História da Ciência. O que vocês aprenderam acerca da morfofunção (estrutura e função) do sistema circulatório humano, a partir da abordagem histórica?
- Respondam a essa questão de forma textual e, quando julgarem necessário, elaborem desenhos que possam contribuir com a resposta.
- b) O que vocês aprenderam sobre Natureza da Ciência nesta intervenção pedagógica?
- Respondam a essa questão apresentando as concepções sobre Natureza da Ciência (re)construídas a partir desta intervenção pedagógica. Sempre que possível, utilizem exemplos, extraídos das atividades de aprendizagem, que representem essas concepções.

Após um período de resolução destas questões no seio do pequeno grupo, ocorreu um debate no grupo turma, mediado pelo professor-investigador. A relevância das atividades de síntese é reconhecida por Mauri (1998) ao afirmar que:

“Os professores devem planejar atividades de resumo e síntese ao longo do processo de aprendizagem e ensino. (...). Síntese na qual seja integrada a informação aprendida e os conhecimentos anteriores, que agora modificaram-se. Essas atividades são úteis para que os alunos apreciem claramente a diferenciação com que progressivamente vão representando os conceitos aprendidos e integrem conceitos de um grau de abstração parecido em um nível de ordem formal superior.” (1998, pp. 109-110, supressão nossa)

No âmbito da didática das Ciências Naturais, Gil Pérez (1993) considera que os trabalhos de síntese (esquemas, memórias, mapas conceituais, etc.) figuram entre os aspectos que devem ser incluídos no currículo de Ciências, no intuito de favorecer a construção de conhecimentos científicos.

As *atividades de História da Ciência* incidem na abordagem dos conteúdos científicos que corporizam a temática *Sistema Circulatório Humano* – morfofunção dos vasos sanguíneos, morfologia interna do coração, circulação do sangue, produção do sangue, derivação Blalock-Taussig e transfusão sanguínea - e distinguem-se pelo tipo de fontes de informação mobilizadas (excertos de livros de História da Ciência e de artigos científicos, texto autêntico, replicação de experimento histórico, artigo científico e texto de divulgação científica). Foram criadas as seguintes atividades de aprendizagem, indicadas de acordo com a ordem de implementação:

1. **AtAp-HC1:** Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue (Anexo 2);
2. **AtAp-HC2:** Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação (Anexo 3);
3. **AtAp-HC3:** Interpretação de um texto autêntico de William Harvey (Anexo 5);
4. **AtAp-HC4:** Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey (Anexo 6);
5. **AtAp-HC5:** Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero (Anexo 8);
6. **AtAp-HC6:** Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig (Anexo 9);
7. **AtAp-HC7:** Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew (Anexo 10).

Estas atividades de aprendizagem incidem na exploração do contributo de vários cientistas<sup>68</sup>, pertencentes a diversas épocas (século III a.C. ao século XX), na construção dos conhecimentos científicos referentes ao sistema circulatório humano e na exploração de aspetos de ordem pessoal, profissional e social que veiculam uma imagem do cientista e do empreendimento científico. Nesse sentido, evitou-se a mera apresentação dos produtos da Ciência, no âmbito da temática explorada, *Sistema Circulatório Humano*, tendo em perspectiva a integração entre a aprendizagem *das* ciências e a aprendizagem *sobre* as ciências, ou seja, sobre Natureza da Ciência (v. Matthews, 1994).

---

<sup>68</sup> Embora o termo cientista tenha sido cunhado no século XIX, mais precisamente no terceiro encontro anual da Associação Britânica para o Avanço da Ciência, em 1833 (Fara, 2012), optou-se por utilizar essa palavra em referência às personalidades históricas que viveram em períodos anteriores.

A articulação de excertos de livros da História da Ciência e de excertos de artigos científicos constitui a fonte de informação que corporiza as duas primeiras atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência: *Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2); *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3). Os excertos de livros da História da Ciência foram selecionados dos livros da autoria de Charles Singer (1922; 1996), John Gribbin (2005), Lois Magner (2005), Richard Westfall (2001) e William Bynum (2013). Os artigos científicos mobilizados para a seleção de excertos foram recuperados em bases de dados como Medline e Scielo. Os excertos da História da Ciência correspondem a textos que exploram os factos num determinado contexto:

“fatos históricos sobre momentos vivenciados no âmbito da ciência, levando em consideração a forma de pensar e de agir das pessoas que fazem a ciência, esses fatos históricos estão inseridos em um ou mais contextos, sejam eles: científico, tecnológico, político, social, econômico ou religioso.” (Batista, 2007, p. 60)

Um texto autêntico da História da Ciência, também conhecido como trabalho original (McComas, 2011), configurou-se como a fonte de informação utilizada na estruturação da atividade de aprendizagem intitulada *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5). Este texto é o nono capítulo do livro *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais*, publicado no ano de 1628, e da autoria do médico inglês William Harvey (1578-1657). A opção por este livro assenta também no valor científico que lhe é atribuído pois é considerado a base que contribuiu para se atingir o nível atual de compreensão do coração e do sistema cardiovascular e apontado como uma das publicações essenciais da História da Biologia e da Medicina (Gerald & Gerald, 2015, p. 106). No nono capítulo desse livro Harvey apresenta um pressuposto reconhecido como *argumento quantitativo* ou *prova quantitativa* da circulação (Rebollo, 2002). No excerto abaixo Ramos (1992) explica didaticamente o argumento quantitativo:

“[Harvey] postula que a quantidade de sangue que é expelida pelo ventrículo esquerdo é muito superior àquela que poderia ser garantida pelos alimentos. Para demonstrar esta conjectura, deita mão de um recurso que terá sido o primeiro ou um dos primeiros a utilizar: a quantificação de um fenómeno biológico. E as contas são simples. O sangue que sai do ventrículo esquerdo não pode voltar para trás devido ao mecanismo valvular existente entre a aorta e o coração. Harvey mediu, em cadáveres, a massa de sangue contida neste ventrículo (cerca de 2 onças, aproximadamente igual a

57 g) e admitiu que, no mínimo, 1/8 daquela, ou seja, 1 dracma (cerca de 1,78 g), seria expulsa em cada sístole (...). Considerando que, em 1/2 hora, o coração bateria pelo menos 1000 vezes (o que dá uma frequência cardíaca baixa - 33 p.p.m.), sairiam, num dia, cerca de 85 kg de sangue do ventrículo esquerdo. Este valor corresponde a uma massa manifestamente maior do que aquela que um indivíduo ingere em alimentos, matéria-prima do sangue, pelo que este teria forçosamente de recircular.” (p. 560, supressão nossa).

A integração deste capítulo na estratégia de intervenção pedagógica implicou uma adaptação que consistiu na eliminação de alguns parágrafos relativos à explicitação do modo como os cálculos matemáticos levaram Harvey a propor que os alimentos não seriam responsáveis pela produção do sangue, aspecto que fortaleceu a sua tese de que o sangue circula no corpo humano. Esta adaptação foi necessária para incrementar, nesta atividade de aprendizagem, a relação dialética entre os alunos e o objeto de aprendizagem, através da incorporação de um momento de análise que permitisse aos alunos a exploração dos cálculos matemáticos efetuados por Harvey e a sua mobilização na produção de argumentos a favor ou contra a produção do sangue a partir dos alimentos. O processo de supressão não comprometeu a continuidade do texto nem as discussões referentes aos conteúdos científicos *circulação do sangue e produção do sangue*.

A *replicação de um experimento histórico* constitui a fonte para a obtenção de informação na atividade de aprendizagem intitulada *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* (AtAp-HC4 – Anexo 6). A replicação deste experimento de Harvey foi explicitamente enquadrada num contexto histórico, sendo associado a pessoas específicas ou eventos implicados na história da descoberta, em consonância com as orientações propostas por McComas (2011). Assim, foi considerada a sua relevância na construção de argumentos contra pressupostos do médico grego trabalhados nas duas primeiras atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência.

Além dos aspectos associados a aprendizagem dos conteúdos científicos, *circulação do sangue e vasos sanguíneos: morfofunção*, a opção por utilizar a replicação de um experimento histórico assentou-se, também, em outros possíveis contributos deste recurso. Segundo Chang (2011), a replicação de experimentos históricos pode ampliar a compreensão sobre a Ciência praticada no passado, através da exploração de dimensões do trabalho científico que não estão

disponíveis nas descrições desses experimentos. Por exemplo, os conhecimentos tácitos<sup>69</sup> – associados às habilidades e técnicas empregadas pelos cientistas durante a realização de um experimento –, não poderiam ser registrados completamente em descrições textuais, ou desenhos, porque foram inconscientes, ou muito complexos, mas, por outro lado, poderiam ser compreendidos por meio das replicações históricas (Höttecke, 2000). Ou seja, ao replicarem um experimento os alunos poderiam ter os mesmos “insights” dos cientistas e, assim, de alguma maneira, ter acesso a esses conhecimentos tácitos. Outro contributo da replicação de experimentos históricos prende-se ao fato de que esta fonte de informação pode proporcionar o alargamento das concepções sobre Natureza da Ciência, ao “ensinar aos alunos (e professores) que as coisas são mais complicadas do que tinham sido levados a acreditar, mais especificamente, as experiências históricas os ajudarão a superar as grandes simplificações” (Chang, 2011, p. 322, tradução nossa), patentes, em grande medida, na educação científica.

O recurso a artigos científicos constituiu a fonte de informação das atividades de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* (AtAp-HC5 – Anexo 8) e *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9). A fonte de informação mobilizada na atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* é constituída pela seleção de alguns trechos do artigo científico *Giulio Bizzozero: a pioneer of cell biology*, publicado por Paolo Mazzarello, Alessandro Calligaro e Alberto Calligaro no periódico *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, no ano de 2001. Esta seleção incidu na focalização do texto na vida e obra do cientista Giulio Bizzozero (1846–1901), um histopatologista italiano, permitindo enfatizar um de seus contributos para a Ciência e, assim, contribuir para a compreensão da temática em estudo: a identificação da medula óssea como local de produção de sangue. Na atividade de aprendizagem intitulada *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* é explorado o artigo científico *Has the time come to rename the Blalock-Taussig shunt?*, publicado por Thomas Brogan e Alfieris George no periódico *Pediatric Critical Care Medicine*, no ano de 2003. É relatada a história de um procedimento cirúrgico - *a derivação Blalock-Taussig* - desenvolvido por Vivien Thomas (1910-1985), Alfred Blalock (1899-1964) e Helen Taussig (1898-1986), para tratar uma malformação cardíaca denominada tetralogia de Fallot.

---

<sup>69</sup> O conhecimento tácito é uma compreensão implícita, que existe, porém, sem constatação. Ou seja, é algo que se sabe mesmo sem a capacidade para explicá-lo. É um conhecimento socialmente construído que se funde com a experiência pessoal, por isto, difícil de ser formalizado, comunicado ou partilhado (Polanyi, 2009).

A última atividade de aprendizagem focalizada na exploração da História da Ciência, intitulada *Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew* (AtAp-HC7 – Anexo 10), consiste na interpretação de uma fonte informação de natureza distinta das usadas nas atividades de aprendizagem anteriores. É explorado um capítulo do livro *Inventores y científicos negros*, de autoria de Yves Antoine (2014), no qual é efetuada uma narrativa da vida e a obra do cientista Charles Richard Drew (1904-1950), com destaque para as suas investigações no campo da transfusão sanguínea. Este texto é classificado como um texto de divulgação científica que, embora seja um gênero textual relacionado com o discurso científico, não é considerado uma reelaboração direta desse discurso (Nascimento & Cassiani, 2009). O recurso a textos de divulgação científica, em atividades de ensino mediadas pelo professor, justifica-se pelo contributo educativo que proporciona: “aprendizagem de determinados conteúdos e como elemento motivador para posteriores desenvolvimentos, em um processo gradativo de formação de uma visão mais ampla sobre a ciência” (Zanotello & Almeida, 2013, p. 115). Os resultados do impacto educativo de uma intervenção pedagógica realizada por esses investigadores com alunos universitários, evidenciaram as potencialidades da exploração de um texto de divulgação, sobre termodinâmica, na construção das concepções dos alunos sobre o modo de evolução do conhecimento científico e a influência dos contextos científico, tecnológico e social na atividade científica.

A caracterização das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência incide agora nas principais ideias científicas abordadas em cada uma destas atividades, sumariamente registadas no Quadro 3.2, discriminado na página seguinte.

A abordagem da temática *Sistema Circulatorio Humano* conjuga a exploração de seis conteúdos científicos - morfofunção dos vasos sanguíneos, morfologia interna do coração, circulação do sangue, produção do sangue, derivação Blalock-Taussig e transfusão sanguínea - através de um enfoque morfofuncional, ou seja, efetuando-se a articulação entre a morfologia das estruturas anatómicas e seu funcionamento. O Quadro 3.2 mostra que estes conteúdos científicos foram trabalhados à luz das ideias de indivíduos que viveram em diferentes épocas – séculos III a.C., II, XVI, XVII, XIX e XX. Este tratamento dos conteúdos teve a intenção de evidenciar o processo gradual e lento de construção dos conceitos científicos, desde os primeiros estudos até o atual estado de desenvolvimento, para que os alunos percebessem, também, que algumas de suas dúvidas, ou inquietações, são aceitáveis quando se avalia o período de tempo

necessário à construção de determinado conceito. Para Martins (1998), a adoção desta perspectiva pode facilitar o aprendizado dos conteúdos científicos.

**Quadro 3.2: Principais ideias científicas abordadas nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência**

Conteúdo Científico	AtAp HC	Principais Ideias	Cientista/ Época (séc)	
Produção do sangue	1	- no fígado, a partir dos alimentos	Erasístrato (III a.C.) Galeno (II)	
	3	- não é a partir dos nutrientes	Harvey (XVII)	
	5	- na medula óssea	Giulio Bizzozero (XIX)	
Vasos sanguíneos: morfofunção	1	Artérias	- transportam ar	Erasístrato (III a.C.)
			- transportam sangue - as paredes são mais espessas do que as das veias	Galeno (II)
	Veias	- transportam sangue	Erasístrato (III a.C.) Galeno (II)	
		- possuem válvulas, retardam o fluxo sanguíneo para periferia	Fabricius (XVII)	
	4	Artérias	- transportam o sangue do coração para todas as partes do corpo	Harvey (XVII)
		Veias	- transportam o sangue em direção ao coração	
Morfologia interna do coração	2	Comunicação entre as cavidades	Ausência de comunicação entre os ventrículos	Erasístrato (III a.C.)
			Presença de poros no septo interventricular, permitindo a comunicação entre os ventrículos, necessária à formação do espírito vital	Galeno (II)
			- ausência de poros no septo interventricular	Colombo (XVI)
	Válvulas	- presentes no coração e nos grandes vasos da base	Erasístrato (III a.C.)	
	Contração	- Síncrona com a expansão arterial	Erasístrato (III a.C.) Colombo (XVI)	
		- Síncrona com a contração arterial	Galeno (II)	
Circulação do sangue	1	- movimento de fluxo e refluxo como as marés	Galeno (II)	
	2	- existência de uma circulação coração-pulmões-coração	Colombo (XVI)	
	3	- em todo o corpo humano	Harvey (XVII)	
	4	- sentido único, dentro dos vasos sanguíneos	Harvey (XVII)	
Derivação Blalock-Taussig	6	- um desvio de sangue da artéria subclávia para a artéria pulmonar pode tratar a Tetralogia de Fallot	Alfred Blalock (XX) Helen Taussig (XX) Vivien Thomas (XX)	
Transfusão de sangue	7	- uso do plasma em transfusões sanguíneas	Charles Drew (XX)	

**Legenda** – AtAp HC: Atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência; séc: século.

Além dos aspectos mencionados, considera-se que o trabalho com conteúdos científicos produzidos por indivíduos que viveram em diferentes épocas também forjou a perspectiva de Ciência em aberto, ou em desenvolvimento, que deve ser construída através da educação científica, de acordo com ponto de vista de investigadores como El-Hani (2006). Na continuidade, descreve-se como cada um desses conteúdos científicos foi explorado.

A abordagem da temática *Sistema Circulatorio Humano* conjuga a exploração de seis conteúdos científicos - morfofunção dos vasos sanguíneos, morfologia interna do coração, circulação do sangue, produção do sangue, derivação Blalock-Taussig e transfusão sanguínea - através de um enfoque morfofuncional, ou seja, efetuando-se a articulação entre a morfologia das estruturas anatômicas e seu funcionamento. O Quadro 3.2 mostra que estes conteúdos científicos foram trabalhados à luz das ideias de indivíduos que viveram em diferentes épocas – séculos III a.C., II, XVI, XVII, XIX e XX. Este tratamento dos conteúdos teve a intenção de evidenciar o processo gradual e lento de construção dos conceitos científicos, desde os primeiros estudos até o atual estado de desenvolvimento, para que os alunos percebessem, também, que algumas de suas dúvidas, ou inquietações, são aceitáveis quando se avalia o período de tempo necessário à construção de determinado conceito. Para Martins (1998), a adoção desta perspectiva pode facilitar o aprendizado dos conteúdos científicos. Acredita-se que essa estruturação também forjou a perspectiva de Ciência em aberto, ou em desenvolvimento, que deve ser construída através da educação científica, de acordo com ponto de vista de investigadores como El-Hani (2006). Na continuidade, descreve-se como cada um desses conteúdos científicos foi explorado.

O conteúdo científico *produção do sangue* foi explorado em três momentos diferentes, correspondendo a três atividades de aprendizagem - AtAp-HC1 (Anexo 2): *Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue*, AtAp-HC3 (Anexo 5): *Interpretação de um texto autêntico de William Harvey* e AtAp-HC5 (Anexo 8): *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* - que contemplam o contributo de Galeno (séc. II), Harvey (séc. XVII) e Giulio Bizzozero (séc. XIX). Este conteúdo foi, na atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto autêntico de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5), abordado através da exploração do principal argumento utilizado por Harvey para afirmar que o sangue não seria produzido no fígado através dos alimentos que chegam a este órgão, refutando as visões de Erasítrato e Galeno, exploradas na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 –

Anexo 2). Segundo Harvey, a massa de sangue ejetada pelo coração, em determinado período de tempo, seria muito superior à massa de alimentos ingeridos por um indivíduo. Neste sentido, salienta-se que nessa atividade os alunos foram, em certa medida, provocados a raciocinar como Harvey<sup>70</sup>, pois, como dito anteriormente nesta seção, alguns segmentos do texto original deste cientista foram retirados, propositadamente, para encorajar os alunos a construir seus próprios argumentos, durante a resolução de questões orientadoras. Na atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* (AtAp-HC5 – Anexo 8) é explorado o contributo das observações histológicas da medula óssea, efetuadas por Giulio Bizzozero, em conjugação com a realização de experimentos controlados, recorrendo a galinhas e pombos, na identificação do local e na interpretação do modo de produção do sangue.

O conteúdo científico *vasos sanguíneos: morfofunção* está contemplado em duas atividades de aprendizagem – AtAp-HC1 (Anexo 2): *Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* e AtAp-HC4 (Anexo 6): *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* – que contemplam o contributo de Erasístrato (III a.C.), Galeno (séc. II), Fabricius (séc. XVII) e Harvey (séc. XVII). Na atividade *Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2) foram trabalhadas ideias científicas que prendem-se ao tipo de substância transportada por artérias e veias e, também, aspectos morfológicos associados a estes vasos sanguíneos. Após a leitura dos fragmentos da História da Ciência, os alunos responderam questões como a que se segue:

6. Identifiquem cada um dos vasos sanguíneos esquematicamente representados na figura 1, registrando abaixo as afirmações dos textos que justificam a sua classificação.

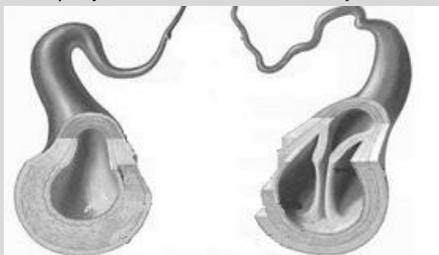


Fig. 1: Vasos sanguíneos

Na atividade *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* (AtAp-HC4 – Anexo 6), o conteúdo científico *vasos sanguíneos: morfofunção* foi trabalhado através da

<sup>70</sup> A utilização de estratégias que possibilitem aos alunos recapitular o raciocínio de cientistas do passado fundamenta-se em pesquisas realizadas no âmbito do ensino de Ciências, como as desenvolvidas por Howe & Rudge (2005) e Rudge et al. (2013).

replicação de um experimento de Harvey. Esta replicação foi efetuada pelos alunos com base em um conjunto de procedimentos descritos no guião dessa atividade e exemplificados abaixo:

#### PROCEDIMENTO E REGISTRO DE RESULTADOS

- i. A realização desta atividade implica recorrerem a um colega mais musculoso. Decidam, em conjunto com o seu professor, o colega que reúne esse requisito.
1. Façam um garrote na extremidade distal do braço do seu colega como a figura abaixo, devendo manter o braço ao nível do coração. Desenhem as estruturas anatómicas que observam.



- 1.1. Descrevam as estruturas anatómicas que observam no antebraço e tentem legendá-las.
2. Relatem e comparem a sua observação com as observações dos outros grupos. Registrem o que concluem.

Após a efetuação do conjunto de procedimentos, composto por seis questões, os alunos foram instados a analisar os resultados encontrados através da resolução de questões norteadoras, como a que se segue:

- I. De que forma os resultados dessa experiência podem ser considerados uma evidência:
  - I.I. contra a ideia do deslocamento do sangue no organismo como um movimento de fluxo e refluxo, para cima e para baixo, como as marés?

Essa questão pretendeu, entre outros aspectos, proporcionar discussões sobre as funções das veias, no transporte de sangue em direção ao coração, e das artérias, no transporte de sangue do coração para todas as partes do corpo.

O conteúdo científico *morfologia interna do coração* está contemplado na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3). Por meio dos fragmentos de texto da História da Ciência foram trabalhados elementos da morfologia interna do coração, a exemplo do septo cardíaco e das válvulas cardíacas. Questões, como as destacadas abaixo, foram utilizadas para despoletar discussões em torno desse conteúdo científico:

5. Indiquem a importância dos poros no septo interventricular para o modelo explicativo de Galeno.
8. Elaborem um desenho, da anatomia interna do coração, que represente as estruturas anatómicas descritas nos trabalhos dos 'cientistas' estudados nesta atividade. Utilizem legendas nesse desenho.

A questão cinco, mencionada acima, foi utilizada com a intenção de trabalhar um aspecto da *morfologia interna do coração* – o septo cardíaco. Em termos específicos, o emprego desta questão teve o objetivo de fazer com que os alunos compreendessem que a presença de poros no septo cardíaco era uma ideia coerente dentro do modelo explicativo galênico, acerca do sistema vascular, pois este cientista precisava esclarecer a presença de sangue no ventrículo esquerdo, na ausência da pequena circulação (Aird, 2011), condição necessária para a formação do espírito vital. O uso da questão nove, destacada acima, pretendeu fazer com que os alunos sistematizassem, em formato imagético, alguns aspectos da morfologia interna do coração – como o septo cardíaco e as válvulas cardíacas.

O conteúdo científico *circulação do sangue* está explorado em quatro atividades de aprendizagem: AtAp-HC1 (Anexo 2): *Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue*; AtAp-HC2 (Anexo 3): *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação*; AtAp-HC3 (Anexo 5): *Interpretação de um texto autêntico de William Harvey*, e AtAp-HC4 (Anexo 6): *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* –, que contemplam os contributos de Galeno (séc. II), Colombo (séc. XVI) e Harvey (séc. XVII).

Na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2) foram mobilizadas as ideias de Galeno, que considerava que o sangue movimentava-se, de acordo com as necessidades das partes do corpo, como o fluxo e refluxo das marés (Rebollo, 2002). Para trabalhar este conteúdo na atividade *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3) os alunos interpretaram questões norteadoras, como a seguinte:

7. Refiram os argumentos que Colombo utilizou para criticar o modelo de pensamento galênico, quanto ao movimento de sangue no corpo desenho.
  - 7.1 Indiquem, justificando, o conhecimento produzido por Erasístrato, que foi fundamental na argumentação de Colombo.

A elaboração da questão sete partiu do pressuposto de que os argumentos utilizados por Colombo relacionam-se a existência de uma pequena circulação, ou seja, uma circulação coração-pulmões-coração, não contemplada pelo modelo de pensamento galênico sobre o movimento de sangue no corpo humano. Na construção destes argumentos Colombo recorreu à um conhecimento produzido por Erasístrato – o funcionamento da válvula cardíaca mitral (bicúspide) que restringe o retorno de sangue do ventrículo esquerdo para o átrio esquerdo e,

consequentemente, para os pulmões –, que fortaleceu sua ideia de que os pulmões só poderiam receber sangue através do circuito pulmonar (Aird, 2011).

Na atividade *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5) o conteúdo científico *circulação do sangue* foi explorado com recurso ao argumento que Harvey utilizou para sustentar que o sangue não seria produzido no fígado. Tal argumento, descrito anteriormente, fortaleceu sua tese de que o sangue circulava em todo o corpo humano, pois, de acordo com Harvey, a quantidade de alimentos ingeridos por um ser humano não seria capaz de produzir a massa de sangue ejetada pelo ventrículo esquerdo, em determinada fração de tempo. Neste sentido, seria razoável acreditar que o sangue circulava por todo o corpo. Após a leitura do texto original os alunos responderam questões orientadoras, como a que se segue:

3. Em que medida o experimento conduzido por Harvey fornece elementos que suportam a ideia de que o sangue circula no corpo humano?

Além do trabalho efetuado nessas três atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência, o conteúdo *circulação do sangue* também foi contemplado na atividade *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* (AtAp-HC4 – Anexo 6). Como já foram efetuadas algumas considerações sobre o desenvolvimento dessa atividade, no que tange à replicação do experimento histórico, segue abaixo, a título de exemplo, uma das questões norteadoras utilizadas para despoletar discussões em torno do conteúdo científico *circulação do sangue*:

II. De que forma os resultados dessa experiência podem ser considerados uma evidência:  
I.II. a favor de um movimento circular do sangue no organismo?

Os dois últimos conteúdos científicos trabalhados na intervenção pedagógica - *Derivação Blalock-Taussig e Transfusão de sangue*<sup>71</sup> - foram selecionados a partir de um conjunto de descobertas realizadas no século XX com o intuito de promover a imagem acerca da investigação do sistema circulatório humano como um processo não finalizado, ainda em desenvolvimento, mas que se situa em aspetos distintos dos anteriores, envolvendo a criação de tecnologias capazes de contribuir para a saúde do ser humano. A escolha desses dois conteúdos, em detrimento de outros associados a descobertas do século XX, fundamentou-se, principalmente, no potencial que as fontes de informação mobilizadas possuíam para a

<sup>71</sup> Embora os estudos sobre transfusão sanguínea tenham se iniciado no século XVII, a partir de trabalhos de cientistas como Richard Lower (1631-1691) e Jean Denis (1643-1704), as discussões na atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew* (AtAp-HC7) focalizaram-se em um aspecto contemporâneo, a utilização do plasma na transfusão de sangue.

exploração do contexto da atividade científica. Em termos específicos, o trabalho com esses conteúdos, a partir das fontes de informação utilizadas, torna patente que a construção de conhecimentos científicos é um processo condicionado por fatores científicos, econômicos e sociais.

O conteúdo científico *Derivação Blalock-Taussig* está contemplado na atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9). A *Derivação Blalock-Taussig* trata-se de um procedimento cirúrgico desenvolvido para tratar pacientes portadores de uma doença congênita conhecida como Tetralogia de Fallot, caracterizada por quatro alterações da morfologia do coração: (1) origem da artéria aorta no septo interventricular ou no ventrículo direito; (2) obstrução da artéria pulmonar; (3) comunicação interventricular - CIV e (4) hipertrofia do ventrículo direito. Tais alterações morfológicas provocam um quadro de cianose, em função do hipofluxo pulmonar e, conseqüentemente, da falta de oxigênio no sangue arterial dos pacientes acometidos (Hall, 2012). Para diminuir o sofrimento destes pacientes, três cientistas estadunidenses desenvolveram um procedimento cirúrgico, aplicado em seres humanos pela primeira vez no ano de 1944, que consiste no desvio de sangue da artéria subclávia para a artéria pulmonar. Este desvio provoca o aumento da perfusão pulmonar e a diminuição dos sintomas, até a correção cirúrgica definitiva que incide sobre as alterações morfológicas do coração dos pacientes com a Tetralogia de Fallot (Vricella, Jacobs & Cameron, 2013).

O último conteúdo científico trabalhado na intervenção pedagógica - *Transfusão de sangue* - está contemplado na atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew* (AtAp-HC7 – Anexo 10). O cientista Charles Drew desenvolveu uma série de estudos relacionados a conservação do sangue, tendo em consideração os diferentes aspectos que poderiam alterar a constituição desse líquido durante o processo de armazenamento (Bull & Drew, 1940). A fonte de informação mobilizada no presente estudo focaliza-se em um de seus principais contributos para a Ciência, a compreensão do potencial do plasma para transfusões de sangue (v. Parks, 1979). Para promover discussões em torno desse conteúdo científico foram elaboradas questões orientadoras, como a seguinte: “1. Expliquem a relevância da descoberta de Charles Drew para a época e para a atualidade.”

A intervenção pedagógica caracteriza-se também pela imagem de Cientista veiculada através do conjunto de atividades de aprendizagem que a corporizam. Essa imagem é dada

pelos elementos registrados no Quadro 3.3, que se reportam a atributos que identificam o Cientista como indivíduo e que o situam num contexto familiar, e pelos elementos anotados no Quadro 3.4 acerca das atividades que, em articulação com a atividade de investigação, caracterizam o trabalho dos Cientistas. Apresenta-se, em seguida, o Quadro 3.3.

**Quadro 3.3: Atributos do/associados ao Cientista patentes nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência**

AtAp HC		Atributos do/associados ao Cientista			
Cientistas	nº	Origem	Sexo	Contexto familiar	Episódios/Aspetos particulares
Erasístrato	1	Branco	Masc	- Família de médicos (Pai: médico; Mãe: irmã de um médico; Cleophantus, Irmão: médico)	- Sofria de cancro - Cometeu suicido
Galeno				- Pai: arquiteto	- Estudos realizados incluíram Filosofia e Matemática - Formação em Medicina por determinação do pai
Fabricius					- Assinalava a atividade de ensinar como limitativa da atividade de pesquisa - Reformou-se por motivos de saúde
Galeno	2	Branco	Masc		- Monoteísta, embora não fosse Cristão
Colombo				Pai: boticário	- Críticas públicas a Vesálio determinaram o fim da amizade entre eles
William Harvey	3	Branco	Masc		- Médico de dois reis ingleses: James I e Charles I - Francis Bacon: paciente de Harvey
Giulio Bizzozero	5	Branco	Masc	- Família de classe média (Pai: pequeno industrial) - Família envolvida em atividades sociais e políticas - Mãe: voluntária como enfermeira - Cesare, irmão mais velho: lutava contra a Áustria	- Imagem de herói para muitos estudantes e jovens médicos - Capacidades inatas de liderança - Doença ocular pôs fim à atividade de microscopia - Morte por pneumonia
Alfred Blalock	6	Branco	Masc		
Helen Taussig		Branco	Fem		Doenças: sofria de dislexia, sofreu perda auditiva após um quadro de coqueluche
Vivien Thomas		Negro	Masc	- Pai: carpinteiro - Dificuldades financeiras levaram ao abandono do curso de medicina	- Atividade de carpinteiro durante os anos de colégio
Charles Drew	7	Negro	Masc	- Pai: estofador - Mãe: professora - O mais velho de cinco filhos - Situação económica precária	- Vendia jornais, aos doze anos, para ajudar os pais - Morte por hemorragia causada por um acidente de viação - Atleta, Diretor de atletismo

A imagem de Cientista veiculada na intervenção pedagógica, através do contributo conjunto das sete atividades de aprendizagem que a compuseram, é caracterizada por indivíduos de origem diversificada (brancos e negros) e de ambos os sexos (masculino e feminino). É também mostrado o cientista como um indivíduo que tem um contexto familiar, tal como o cidadão dito comum, que sofre as influências desse contexto e que vivencia situações de maior ou menor felicidade, próprias do percurso de vida de qualquer cidadão. Pretende-se com esta abordagem promover a reconstrução de visões estereotipadas de cientista que o apontam como um indivíduo branco, do sexo masculino e desprovido de um meio familiar (Finson, Beaver & Cramond, 1995; Zanon & Machado, 2013). O desequilíbrio entre o número de cientistas brancos e negros, de cientistas homens e mulheres prende-se a dificuldade em se encontrar na literatura contributos de cientistas mulheres e de cientistas negros, no âmbito da temática *Sistema Circulatório Humano*. Esta dificuldade poderá estar relacionada com a limitada participação de negros e mulheres na construção de conhecimentos científicos sobre a temática em questão e na atividade científica nas respetivas épocas.

O contexto familiar dos cientistas está evidenciado na descrição das atividades laborais desenvolvidas pelos parentes mais próximos, como, por exemplo, os progenitores (pai e/ou mãe) e/ou os irmãos (nos casos de Erasítrato, de Galeno e de Giulio Bizzozero), na exposição da situação económica das famílias (no caso de Charles Drew), na referência ao envolvimento de familiares em atividades políticas (no caso de Giulio Bizzozero), e no modo como estes fatores influenciaram as suas opções profissionais:

“Erasítrato nasceu em uma família de médicos. Seu pai, Cleombrotus, era médico, e sua mãe, Cretoxene, era a irmã do médico Medios. Assim como seu irmão Cleophantus, Erasítrato entrou na profissão da família. Ele estudou medicina, em primeiro lugar, em Atenas. (...) Por volta de 280 aC, ele entrou na universidade em Cos, onde a escola médica de Praxágoras florescia.” (AtAp-HC1, sublinhado nosso)

“Galeno (...) nasceu em Pérgamo, que hoje faz parte da Turquia, mas que na época se situava nos limites do Império Romano. O pai [Nico de Pérgamo] foi um arquiteto próspero que se dedicou ao filho dotado, proporcionando-lhe uma educação estável (em grego), que incluiu a filosofia e a matemática. Quem sabe o que teria acontecido se o pai não houvesse perseguido um sonho tão poderoso, ao dizer ao filho que ele tinha de ser médico?” (AtAp-HC1, sublinhado nosso)

“Giulio Bizzozero (1846–1901), filho de Felice Bizzozero, um industrial de pequeno porte, e de Carolina Veratti, nasceu em Varese, não muito longe de Milão, em uma família de classe média que estava profundamente envolvida no Risorgimento – atividades sociais e políticas voltadas à libertação da Itália do domínio austríaco. Em 1859, enquanto seu irmão mais velho Cesare lutava contra a Áustria, sua mãe se ofereceu como enfermeira no Hospital de Varese, que estava cheio de pacientes feridos da guerra.” (AtAp-HC5, sublinhado nosso)

“Nascido no gueto, em Washington D.C., Charles R. Drew [1904-1950] era o mais velho de uma família de cinco filhos. O seu pai era estofador e a sua mãe professora. A precária situação econômica da família pressionou Drew, que tinha, então, doze anos, a ajudar os pais vendendo jornais.” (AtAp-HC7, sublinhado nosso)

Os episódios/aspectos particulares da vida dos cientistas estão evidenciados na descrição dos problemas de saúde enfrentados pelos mesmos (como no caso de Erasístrato), na exposição das relações sociais vivenciadas (como no caso Giulio Bizzozero), na referência a aspectos religiosos (no caso de Galeno), na alusão a atividades laborais executadas durante o período infante-juvenil (no caso de Vivien Thomas), e na consideração à atividade esportiva (no caso de Charles Drew):

“De acordo com a tradição biográfica, quando Erasístrato diagnosticou sua própria doença como um câncer incurável, ele cometeu suicídio em vez de sofrer declínio inexorável.” (AtAp-HC1, sublinhado nosso)

“Bizzozero tornou-se um herói para muitos estudantes e jovens médicos, muitas vezes mais velhos que ele, que estavam começando suas carreiras científicas sob sua direção. Sua autoridade nunca foi imposta, mas sempre foi aceita como uma consequência de sua personalidade magnética, que lhe deu a marca de um líder natural.” (AtAp-HC5, sublinhado nosso)

“Galeno não era cristão, mas acreditava num só deus, e foi muito fácil para os primeiros comentadores cristãos incluí-lo na comunidade cristã.” (AtAp-HC2)

“No outono de 1929, Thomas, que aspirava uma carreira médica, tinha se inscrito no Tennessee State College, que era então limitado a estudantes afro-americanos. No entanto, o dinheiro que tinha guardado, enquanto trabalhava como carpinteiro durante seus anos de colégio, foi perdido quando o banco com o qual operava faliu naquele mesmo ano.” (AtAp-HC6, sublinhado nosso)

“Nesse mesmo ano, [Drew] ingressou no Amherst College, onde se destacou notavelmente no futebol americano. Ele se tornou a estrela de sua equipe e lhe entregaram o troféu Howard Hill

Mossman, que recompensa os esforços daqueles que obtiveram os melhores resultados no atletismo, de todo o centro.” (AtAp-HC7)

O Quadro 3.4 complementa a imagem de Cientista veiculada através dos atributos enumerados no Quadro 3.3 com a enumeração de outras atividades realizadas pelos cientistas para além do âmbito da investigação científica.

**Quadro 3.4: Atividades de disseminação da Ciência, sociais e políticas dos Cientistas, patentes nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência**

AtAp HC		Atividades do Cientista		
Cientistas	nº	Disseminação científica		Ação social e/ou política
		Ensino	Publicações, Sessões de divulgação	
Fabricius	1	- Professor particular de Anatomia e professor na Universidade de Pádua - Contributo para o ensino da anatomia com a construção do primeiro teatro permanente adequado à realização de disseções anatómicas públicas	- Demonstrações públicas das válvulas das veias - Publicação do livro <i>Sobre as válvulas das veias</i>	
Galeno	2	- Professor de Anatomia		
Colombo		- Professor de Anatomia no ano de 1542 em substituição de Vesálio	- Publicação do livro <i>De re anatomia</i>	
William Harvey	3 e 4	- Professor do <i>Royal College of Physicians</i> -(apresentação de um artigo sobre o movimento do coração e do sangue)	- Publicação do livro <i>Exercitatio Anatomica De Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus</i> <sup>a</sup>	
Giulio Bizzozero	5	- Professor de Patologia Geral e Histologia	- Publicação de vários artigos científicos - Publicação de artigos na imprensa popular - Interventor público na promoção de uma visão benéfica de Ciência - Contributo como ilustrador científico	- Presidente de sociedades médicas - Membro de comissões de saúde pública - Senador do parlamento italiano - Defensor de medidas sociais e políticas contra a propagação de doenças infecciosas - Médico militar
Alfred Blalock Helen Taussig Vivien Thomas	6		- Publicações sobre choque traumático e hipertensão - Relatório publicado no <i>Journal of the Medical Association</i> - Publicação de artigos de jornal - Publicação de um artigo de Rollins Hanlon & Blalock - Outros artigos publicados <sup>b</sup>	

Quadro 3.4 (continuação): Atividades de disseminação da Ciência, sociais e políticas dos Cientistas, patentes nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência

AtAp HC		Atividades do Cientista		
		Disseminação científica		Ação social e/ou política
Cientistas	nº	Ensino	Publicações, Sessões de divulgação	
Charles Drew	7	- Professor de Biologia no Morgan State College - Professor universitário de Patologia e Cirurgia		- Diretor de um programa nacional de coleta de sangue destinado às forças armadas

A intervenção pedagógica veicula uma imagem da atividade dos cientistas que se caracteriza pela pluralidade de atividades. Mostra uma atividade que não está restrita à investigação científica mas que abarca atividades de outra natureza. São salientadas as atividades de disseminação do conhecimento e de participação social e política. A atividade de disseminação do conhecimento está patente na referência ao papel de professor assumido pelos cientistas enumerados, sendo salientadas as áreas de Anatomia, Histologia, Patologia e Cirurgia. Neste âmbito, destaca-se a referência ao papel do cientista italiano Fabricius na inovação do ensino da Anatomia, mediante a criação de um espaço próprio para a realização de dissecações:

“Os anatomistas de Pádua influenciaram fortemente a revitalização da anatomia, tomando dos autores clássicos o que tinha sido doutrina e usando suas próprias observações de dissecação para fundar o estudo da anatomia moderna. (...) Em 1594 ele [Fabricius] construiu o primeiro teatro permanente já projetado para dissecações anatômicas públicas, revolucionando, assim, o ensino de anatomia.” (AtAp- HC1, sublinhado nosso)

A disseminação científica está também patente na indicação da publicação de livros, de relatórios, de artigos científicos e de artigos na imprensa escrita. Destaca-se a publicação dos livros *De re anatomia* de Colombo (AtAp-HC2 – Anexo 3) e *Exercitatio Anatomica De Motu Cordis et Sanguinis in Animabulis*, em 1628, de William Harvey (AtAp-HC3 – Anexo 5). A relevância deste último livro para a compreensão atual do coração e do sistema cardiovascular e o seu valor no campo da História da Biologia e da Medicina foi já assinalado aquando da descrição das fontes de informação mobilizadas na estratégia de intervenção pedagógica. Evidencia-se, também, a publicação do artigo - *The surgical treatment of malformations of the heart in which there is pulmonary stenosis or pulmonary atresia* de Alfred Blalock e Helen Taussig (AtAp-HC6 – Anexo 9) - no *Journal of the American Medical Association* em maio de 1945. Está, ainda, mencionada na referência à dinamização pelos cientistas de sessões de divulgação das descobertas científicas.

A participação dos cientistas na sociedade através de intervenções de caráter social e /ou político estão patentes na abordagem dos cientistas Giulio Bizzozero (séc. XIX) e Charles Drew (séc. XX). Destaca-se o papel exercido por Giulio Bizzozero na promoção da saúde pública, através da publicação de artigos na imprensa escrita e, certamente, da participação em comissões de saúde pública, e na promoção de uma visão positiva de Ciência, sensibilizando a sociedade para os seus benefícios:

“Através de seus artigos na imprensa popular, ele [Giulio Bizzozero] tornou-se um defensor preeminente de medidas sociais e políticas contra a propagação de doenças infecciosas, e um promotor ativo do entendimento público dos benefícios da ciência. Por sua competência, ele foi eleito presidente de um número de sociedades médicas e membro de várias comissões de saúde pública. Em 1890, ele foi nomeado Senador – membro do parlamento italiano.” (AtAp-HC5, sublinhado nosso)

Este excerto assinala ainda a relevância de Giulio Bizzozero na sociedade da época através da referência aos cargos por ele exercidos: senador, presidente de sociedades médicas e membro de comissões de saúde pública.

A intervenção pedagógica contribui assim para a reconstrução de imagens que dissociam a investigação científica da disseminação do conhecimento científico construído e que apontam o cientista como um indivíduo isolado de um contexto familiar e social, desconectado do mundo real e encerrado num laboratório em dedicação exclusiva à atividade que lhe permitirá efetuar as descobertas científicas.

A intervenção pedagógica caracteriza-se, ainda, pela imagem veiculada acerca da Natureza da Ciência, em particular, acerca do processo de criação científico, do contexto da atividade científica e da evolução do conhecimento científico.

No Quadro 3.5 estão registrados os atributos presentes nas várias atividades de aprendizagem que se prendem ao processo de criação e ao contexto da atividade científica e que contribuem para a construção dessa imagem sobre a Natureza da Ciência.

Quadro 3.5: Atributos do processo de criação científica e do contexto da atividade científica presentes nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência

AtAp HC		Atributos da Ciência	
Enfoque Científico/ Cientistas	nº	Processo de Criação Científica	Contexto da Atividade Científica
Erásistrato	1	- Dissecção de cabras recém-nascidas - Visseções de criminosos condenados	- A visseção de seres humanos era autorizada pelos governantes de Alexandria
Galeno		- Observação do corpo humano aquando do tratamento cirúrgico de gladiadores (Galeno é medico dos gladiadores) - Dissecção de animais mortos (ex.: porcos, macacos) - Exame de esqueletos/ cadáveres humanos - Realização de uma experiência para mostrar que as artérias não continham ar.	- A dissecção de seres humanos era reprovada pelas sociedades antigas
Fabricius		- Dissecções	- Orientador dos estudos de William Harvey durante algum tempo, em Pádua
Galeno	2		- A conciliação das ideias de Galeno com a Religião Cristã contribuiu para a sua perpetuação - A tradução das obras de Galeno permitiu a disseminação das suas ideias, repercutindo-se no desenvolvimento da medicina
Colombo		- Dissecção de seres humanos - Visseção de animais vivos	- Auxiliar de Vesálio - Vesálio estava escrevendo a obra <i>De humani corporis fabrica libri septum</i>
William Harvey	3	- Dissecção de animais	- Fações opostas ao Rei Charles I destruíram manuscritos e coleções de Harvey por este o ter acompanhado no campo de batalha durante a guerra civil inglesa
William Harvey	4	- Experiência concebida para compreender o movimento de sangue no corpo humano.	
Giulio Bizzozero	5	- Observação da medula óssea - Realização de experimentos controlados com galinhas e pombos	- Paolo Mantegazza fundou o Laboratório de Patologia Experimental em 1861 - Predomínio de atitudes de resistência à investigação com o uso do microscópio - Predomínio de visões da Ciência como dogmas, verdades absolutas, não partilhadas por Bizzozero - Contato com outros cientistas (Visita aos laboratórios de Heinrich Frey em Zurique e a Rudolf Virchow em Berlim) - Descoberta da coloração de Golgi

Quadro 3.5 (continuação): Atributos do processo de criação científica e do contexto da atividade científica patentes nas atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência

AtAp HC		Atributos da Ciência	
Enfoque Científico/ Cientistas	nº	Processo de Criação Científica	Contexto da Atividade Científica
Alfred Blalock Helen Taussig Vivien Thomas	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de um modelo de coelho para estudar choque traumático</li> <li>- Experimentação para o alívio do estreitamento da aorta</li> <li>- Experimentação com cães (inclui contagem do hematócrito)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vivien Thomas: técnico de laboratório de Blalock</li> <li>- Interação entre Blalock e Vivien Thomas na discussão de resultados experimentais obtidos por este último</li> <li>- Valorização das ideias de Vivien Thomas por Blalock</li> <li>- Improvisação de técnicas de laboratório por Thomas para a consecução das experiências</li> <li>- Realização do primeiro fechamento de uma persistência do canal arterial por Robert Gross, revelando a capacidade de tolerância de crianças a grandes operações torácicas</li> <li>- A Faculdade de Medicina de Harvard não concedeu acesso às mulheres até 1945</li> </ul>
Charles Drew	7		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Financiamento da investigação através de uma bolsa concedida pela Fundação Rockefeller</li> <li>- Segunda Guerra Mundial: maior necessidade de transfusões sanguíneas para tratar feridos de guerra</li> <li>- Criação em 1939 do banco de sangue do Presbyterian Hospital em Nova Iorque</li> <li>- Criação do projeto 'Sangue para a Grã-Bretanha'</li> <li>- Programa nacional de coleta de sangue criado pela Cruz Vermelha Americana e destinado às forças armadas americanas</li> <li>- Declaração de rejeição do sangue de negros pelas forças armadas</li> <li>- Mitos associados à transfusão de sangue de negros: possibilidade de transmissão de traços de personalidade e da cor da pele</li> <li>- Ideologias Hitlerianas</li> <li>- Definido o sistema de grupos sanguíneos ABO por Karl Landsteiner</li> </ul>

**Legenda – AtAp HC:** Atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência.

A imagem acerca do processo de criação científica, veiculada através da intervenção pedagógica, caracteriza-se pela pluralidade de processos e pela possibilidade de alteração dos processos mobilizados em função da época. A observação e a experimentação são os principais processos mencionados. A observação está associada a procedimentos diversificados: vivisseção e dissecação de animais, dissecação de seres humanos, exame de

esqueletos/cadáveres humanos e observação do corpo humano durante tratamentos cirúrgicos. A assunção de princípios éticos é um fator que, em determinada época conduza, à alteração dos procedimentos usados, nomeadamente, na proibição da vivissecção de seres humanos. A experimentação é apresentada como um processo que permite a obtenção de evidências que contribuem para a interpretação dos fenómenos científicos:

“Harvey foi ensinar no Royal College of Physicians, onde ele apresentou seu artigo sobre como o coração atua e como o sangue se move. Ele não publicou sua teoria completa até 1628, pois foi necessário prover evidência experimental suficiente para apoiá-la.” (AtAp-HC3, sublinhado nosso)

A sétima atividade de aprendizagem não contemplou os processos de criação científica utilizados pelo cientista Charles Richard Drew, pois foi formatada, propositadamente, a partir de uma fonte de informação focalizada em uma perspectiva mais externalista sobre a História da Ciência que, segundo Ávila (2013), tende a valorizar aspectos como relações institucionais, financiamentos, filiações políticas e condicionantes sociais.

O contexto da época, veiculado no conjunto das atividades de aprendizagem exploradas, mostra a influência de fatores não só de ordem científica, mas também de ordem social, econômica, religiosa e política no desenvolvimento da atividade dos cientistas. Os fatores de ordem científica prendem-se, entre outros aspectos, à exposição da atividade científica como uma empreitada individual, mas também coletiva:

“Fabricius reformou-se em 1613 devido à má saúde, e morreu em 1619. No entanto, por essa altura, William Harvey, que estudou durante algum tempo sob a orientação de Fabricius em Pádua, (...), estava já bem encaminhado” (AtAp-HC1, sublinhado nosso)

“Bizzozero participou como médico militar na Terceira Guerra de Independência contra a Áustria. Logo em seguida, ele viajou para o exterior para expandir seu conhecimento científico, visitando os laboratórios do histologista Heinrich Frey, em Zurique, e o fundador da patologia celular, Rudolf Virchow, em Berlim.” (AtAp-HC5, sublinhado nosso)

“Blalock, normalmente, ficava no laboratório à tarde quando os dois discutiam os resultados de Thomas. Blalock definia o tom para essas discussões e escolhia a direção de cada conjunto de estudos, mas, muitas vezes, solicitava as opiniões de Thomas.” (AtAp-HC6, sublinhado nosso)

A influência dos *fatores de ordem científica* é evidenciada, também, através da exposição do momento científico vivenciado pelos investigadores, aspecto que pode constituir-se como um

fator de constrangimento à adoção de determinados processos/métodos científicos, como a observação através do microscópio no contexto vivenciado por Giulio Bizzozero:

“Em um ambiente acadêmico que era dominado na época por doutrinas antiquadas e ensino dogmático, que apresentava os assuntos científicos como verdade oficiais e zombava de qualquer um que ‘olhava para o buraco’ (isto é, usava um microscópio), Bizzozero pregou que a ciência era um ‘conhecimento em progresso’ que deveria remover seu véu de mistério e autoritarismo” (AtAp-HC5, sublinhado nosso)

Por fim, a influência dos *fatores de ordem científica* é manifesta por meio da exposição dos conhecimentos científicos que atuaram como agentes condicionantes das descobertas relacionadas ao sistema circulatório humano. No caso da cirurgia intitulada Derivação Blalock-Taussig, por exemplo, foi fundamental que os cientistas implicados em seu desenvolvimento soubessem que as crianças poderiam ser submetidas a um procedimento cirúrgico de grande porte, como aquele que eles pretendiam implementar:

“Em 1938, antes da sua partida para Hopkins, Dr. Robert E. Gross corajosamente realizou o primeiro fechamento de uma persistência do canal arterial, pouco depois de completar a sua residência principal no Hospital das Crianças, em Boston. Este relatório mostrou, pela primeira vez, que as crianças poderiam tolerar uma grande operação torácica.” (AtAp-HC6, sublinhado nosso).

A influência dos *fatores de ordem social* está patente nos valores éticos que presidiam ao repúdio e/ou à determinação da proibição da realização vivisseções de seres humanos, conforme se verifica na Grécia, por volta do século I a.C., contrariamente à ocorrência desta prática no Egito, por volta do século III a.C:

“O enciclopedista romano Celsus acusou Herófilo e Erasítrato de execuções de vivisseção [dissecação de seres vivos] de criminosos condenados, a eles concedidos pelos governantes de Alexandria. Enquanto esses acusadores não foram, obviamente, testemunhas oculares, alguns historiadores têm aceitado suas alegações, outros permaneceram céticos.” (AtAp-HC1, sublinhado nosso)

“[Galeno] dissecava animais mortos e examinava esqueletos humanos sempre que podia. Dissecar corpos era mal visto nas sociedades antigas, portanto Galeno não podia fazê-lo embora admitisse que alguns médicos anteriores tivessem sido autorizados a examinar os corpos de criminosos condenados ainda em vida.” (AtAp-HC1, sublinhado nosso)

A influência dos *fatores de ordem social* está patente, também, nos valores morais que cercavam a atividade científica e que estiveram associados à discriminações de gênero e cor de pele:

“A Faculdade de Medicina de Harvard não concedeu acesso às mulheres até 1945. A Universidade Johns Hopkins foi a primeira Faculdade de Medicina a inscrever mulheres no corpo estudantil de medicina.” (AtAp-HC6, sublinhado nosso)

“No entanto, na época de Charles R. Drew, se acreditava erroneamente que o sangue de uma pessoa de raça negra continha seus traços de personalidade e que podia, inclusive, até mesmo alterar a cor da pele de uma pessoa transfundida de raça branca. Encontrávamo-nos, naquele momento, na primeira metade do século XX, em pleno conflito global. Recordemos que é o momento em que Adolf Hitler, em seu livro *Mein Kampf*, reivindica o mito do sangue para criar uma nova ordem: «O mesmo sangue pertence ao mesmo império».” (AtAp-HC7, sublinhado nosso).

A influência dos *fatores de ordem econômica* na atividade científica está patente na referência à importância do financiamento no desenvolvimento de pesquisas:

“Também temos de reconhecer que se Charles R. Drew conseguiu levar adiante suas investigações sobre o sangue, foi graças a uma bolsa concedida pelo Conselho Geral de Educação da Fundação Rockefeller.” (AtAp-HC7, sublinhado nosso).

A influência dos *fatores de ordem religiosa* está manifesta na aceitação de determinadas ideias científicas por parte da Religião Cristã, aspecto que repercutiu na preservação dessas ideias, em detrimento de outras consideradas pagãs:

“De fato, o pensamento de Galeno tinha uma atração especial para o ponto de vista cristão, e essa é sem dúvida a razão porque uma proporção muito maior dos seus trabalhos tenha sido preservada do que os de qualquer outro escritor pagão” (AtAp-HC2, sublinhado nosso).

A influência dos *fatores de ordem política* na empreitada científica é contemplada por meio da exploração do impacto de determinadas alianças políticas sobre os produtos da Ciência, como no caso de William Harvey, e da influência do momento político sobre a atividade científica, aspecto patente na II Guerra Mundial:

“Alguns anos após a publicação de sua teoria, ele foi nomeado médico do rei Charles I. Harvey acompanhou o rei no campo de batalha durante a guerra civil. Devido a isso, sua casa foi arrombada

e seus manuscritos e coleções foram destruídos pelos opositores do rei.” (AtAp-HC3, sublinhado nosso).

“A importância da descoberta de Drew é dada pela urgente necessidade de transfusões sanguíneas, devido à II Guerra Mundial. Os principais países beligerantes (França, Reino Unido, Estados Unidos e Canadá) tinham uma necessidade crucial de sangue. Assim, não só fazia falta transfundir, mas, acima de tudo, preservar o sangue.” (AtAp-HC7, sublinhado nosso).

O contexto da atividade científica foi vinculado às atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência, pois se reconhece que a Ciência é uma atividade desenvolvida por homens que não podem ser destacados dos contextos científico, social, econômico, religioso e político, em que vivem (Echeverría, 2003; Ávila, 2013).

Como referido anteriormente, a imagem acerca da Natureza da Ciência, veiculada na intervenção pedagógica, associou-se, também, às considerações referentes à evolução do conhecimento científico sobre o sistema circulatório humano. Portanto, pretendeu-se contribuir para que os alunos compreendessem o conhecimento científico como algo aberto, em constante construção e não acumulativo. A figura 3.1 evidencia a evolução de algumas das ideias científicas trabalhadas na estratégia de intervenção pedagógica.

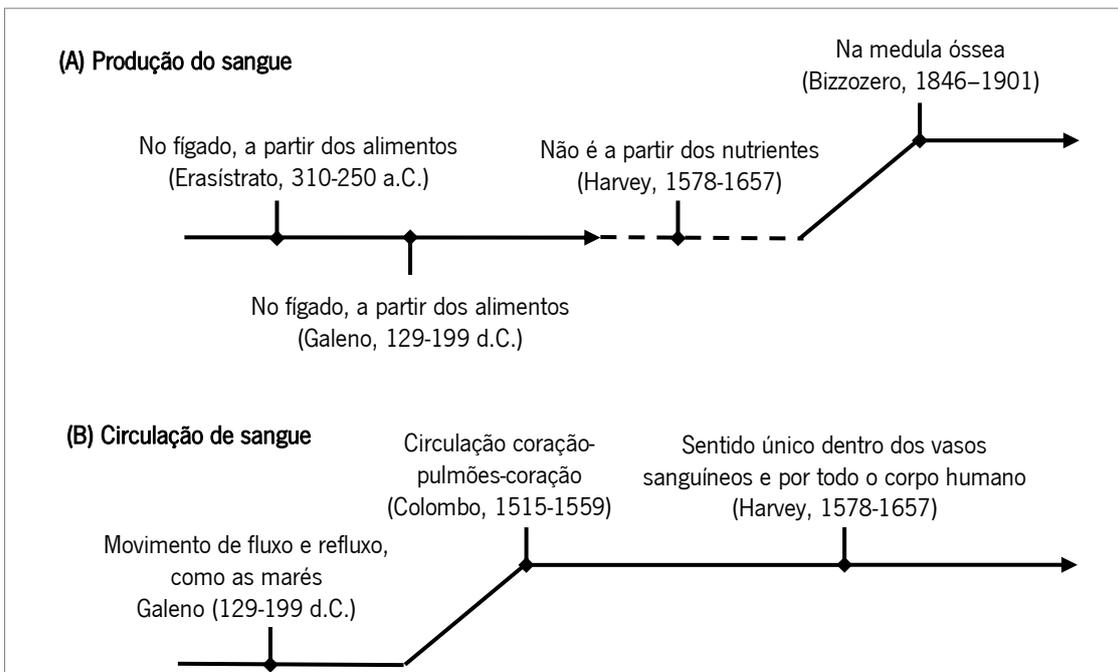


Figura 3.1: Representação da evolução das ideias científicas sobre (A) produção do sangue e (B) circulação do sangue, de acordo com o trabalho efetuado na estratégia de intervenção pedagógica.

A figura 3.1 representa a evolução das ideias científicas sobre dois conteúdos científicos, *produção do sangue* e *circulação do sangue*. Quanto ao conteúdo *produção do sangue*, trabalharam-se, inicialmente, as ideias de Erasítrato e Galeno, cientistas que consideravam que tal produção ocorria no fígado, a partir dos alimentos. Posteriormente, discutiu-se a perspectiva defendida por Harvey, de que os alimentos não seriam os responsáveis pela produção de sangue, aspecto sustentado com base em seu *argumento quantitativo* ou *prova quantitativa* da circulação (Rebollo, 2002), já discutida nesta subseção. Portanto, buscou-se mostrar para os alunos um momento de ruptura no processo de evolução das ideias científicas sobre o conteúdo *produção do sangue*. Nesse momento de ruptura Harvey utiliza argumentos racionais – baseados em elementos empíricos (*argumento quantitativo*) –, na defesa de suas ideias, comparando-as com as de Galeno e evidenciando que estas não são capazes de explicar o fenômeno da produção de sangue. Entretanto, torna-se patente para os alunos que o pesquisador inglês não propõem uma explicação alternativa para o referido fenômeno, explicado posteriormente por Giulio Bizzozero, cientista que identificou a medula óssea como o local da produção do sangue. Bizzozero, assim como Harvey, recorreu a argumentos racionais, que lhe permitiram sustentar a sua hipótese perante as ideias existentes até aquele momento:

“Naquela época, havia dois principais pontos de vista sobre as funções desse tecido, que remontavam ao tempo antigo de Hipócrates e Aristóteles. De acordo com esses pontos de vista, a medula óssea seria constituída por um “excremento” do osso (excrementum ossium), ou, ao contrário, representava sua “matriz” nutricional. Bizzozero descobriu um tipo particular de célula vermelha nucleada nesse tecido e considerou essas células como as precursoras das células vermelhas maduras do sangue em circulação (...). As conclusões de Bizzozero foram confirmadas por experimentos de hemorragia em condições controladas, realizados em galinhas e pombos, que amplificaram o fenômeno de formação de células sanguíneas na medula óssea.” (AtAp-HC5, supressão nossa)

Com base no exposto, argumenta-se que a evolução do conhecimento científico sobre a produção do sangue não foi tratada como um processo acumulativo, uma mera justaposição de fatos, mas, sim, como um processo racional de escolhas entre teorias capazes de explicar melhor determinado fenômeno. Aspecto similar ocorreu no tratamento do conteúdo científico *circulação do sangue* – trabalhado através das ideias de Galeno, Colombo e Harvey. No modelo explicativo de Galeno o sangue deslocava-se no corpo humano através de um movimento de fluxo e refluxo, como as marés, orientado pelas necessidades nutricionais das várias regiões

corporais. Posteriormente, discutiu-se a perspectiva defendida por Colombo – baseada em disseções de seres humanos e vivisseções de animais vivos – de que o sangue movimenta-se através de uma pequena circulação, ou circulação coração-pulmões-corção. Por fim, consideraram-se as ideias de Harvey, cientista que utilizou cálculos matemáticos e experimentos com ligaduras em seres humanos para sustentar que o sangue circula por todo o corpo humano e em um único sentido, dentro dos vasos sanguíneos. Esta descoberta de Harvey, considerada uma revolução científica (Agutter & Wheatley, 2008) e um dos eventos mais significativos da História da Medicina (Key, Keys & Callahan, 1979), elucidada como o processo de evolução das ideias científicas sobre o conteúdo *circulação do sangue* foi tratado como um processo não cumulativo, marcado por rupturas, momentos em que a racionalidade científica é empregada para elucidar a maior capacidade explicativa de determinadas ideias científicas, no que tange a resolução de problemas. Neste sentido, considera-se que a estratégia de intervenção pedagógica, no que tange a evolução do conhecimento científico, alinha-se mais a perspectiva de progresso científico em termos de capacidade de resolução de problemas (Pesa & Ostermann, 2002).

Dando-se seguimento a descrição da estratégia de intervenção pedagógica, considera-se fundamental explicitar alguns aspectos sobre o modo de resolução das atividades de aprendizagem, dividido em momentos de resolução: individual, no pequeno grupo e no grupo turma. Segundo Coelho da Silva, Gonçalves & Poças (2012):

“Os momentos de resolução individual permitem ao aluno a tomada de consciência das ideias que possui acerca da temática em estudo e das aprendizagens efetuadas. Os momentos de resolução em grupo possibilitam a cada aluno, através da confrontação, reformulação e conjugação das várias ideias, a (re)construção do conhecimento científico.” (p. 546)

Durante as atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência os alunos analisaram as diferentes fontes de informação fornecidas e responderam questões orientadoras relacionadas aos conteúdos, científico e epistemológico, no seio do pequeno grupo. No total foram constituídos cinco pequenos grupos, três compostos por quatro alunos e dois por cinco alunos. A constituição destes grupos foi a mesma durante toda a intervenção pedagógica, aspecto que permite classificá-los como grupos fixos. De acordo com Zabala (1998, p. 125):

“as equipes fixas oferecem numerosas oportunidades para trabalhar importantes conteúdos atitudinais. Sua estrutura também é apropriada para a criação de situações que promovam o debate

e os correspondentes conflitos cognitivos e pela possibilidade de receber e dar ajuda, o que facilita a compreensão de conceitos e procedimentos complexos. Comprometem os alunos na gestão e no controle da aula e constituem um bom instrumento para promover a cooperação e a solidariedade”

Colomina & Onrubia (2004) afirmam que o trabalho de grupo é capaz de potencializar a aprendizagem dos alunos, em função de três processos interpsicológicos: (a) *conflito entre pontos de vista moderadamente divergentes*, capaz de promover a revisão e reestruturação dos próprios pontos de vista; (b) *regulação mútua mediante a linguagem*, capaz de possibilitar a mediação de processos de construção compartilhada do conhecimento; (c) *apoio à atribuição de sentido à aprendizagem*, decorrente da interdependência de objetivos, recursos e recompensas e do desenvolvimento de relações psicossociais. Para favorecer a interdependência de recursos foi disponibilizado um número menor de guiões das atividades de aprendizagem de História da Ciência, em comparação ao número de alunos que compôs cada grupo de trabalho. Ademais, para contribuir com o desenvolvimento de relações interpessoais e das aprendizagens, foi solicitado que os membros de cada grupo assumissem diferentes papéis – (a) o que gere o tempo, os recursos e os ruídos; (b) o que coordena o grupo; (c) o que recolhe a informação; (d) encorajador; (e) registador/annotador – em cada das atividades de aprendizagem de História da Ciência. Os alunos também deveriam explicitar, no início de cada atividade: (1) as razões que presidiram à atribuição de cada um dos papéis aos respetivos alunos; (2) o modo como chegaram a um consenso na distribuição dos papéis. Esses elementos foram preenchidos no guião intitulado *A experimentação de papéis nos trabalhos de grupo* (Anexo 13).

Os trabalhos efetuados nos pequenos grupos, durante a realização das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência, foram monitorados pelo professor-investigador com a intenção de oferecer ajudas contingentes aos alunos, ou seja, apoios em suas construções, incentivo aos progressos experimentados e contributos para a superação de obstáculos identificados. Após o estabelecimento de consensos no processo de resolução das questões orientadoras, no seio do pequeno grupo, os alunos socializaram suas respostas no grupo turma, processo que promoveu discussões. Estas discussões foram mediadas pelo professor-investigador que orientou o processo dialógico entre professor-alunos e alunos-alunos, aspecto que possibilitou a partilha de informações, o confronto de opiniões e a desconstrução de ideias, elementos essenciais para a (re)construção dos conhecimentos científicos e epistemológicos, trabalhados em cada atividade de aprendizagem. Tais discussões

foram despoletadas, em todas as atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência, pela seguinte questão:

Discutam as suas respostas com os seus colegas e o seu professor e registrem as alterações necessárias face à resposta consensualizada no grupo turma.

Por fim, as atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência foram compostas por um momento de reflexão individual, em que os alunos responderam questões relacionadas aos trabalhos desenvolvidos na atividade, a exemplo das que se seguem:

- a) Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem. (AtAp-HC1)
- a) Explique o modo como esse texto contribui para a:
  - a.1) (re)construção de uma imagem acerca de quem são os cidadãos (cientistas) envolvidos na criação/investigação científica;
  - a.2) compreensão dos fatores que influenciam na atividade de investigação. (AtAp-HC6)

A inserção de momentos de reflexão individual baseia-se na seguinte premissa: “a aprendizagem, por mais que se apoie num processo interpessoal e compartilhado, é sempre, em última instância, uma apropriação pessoal, uma questão individual” (Zabala, 1998, p. 127).

Evidentemente, os elementos teóricos que fundamentam os modos de resolução das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência (individual, pequeno grupo e grupo turma) também alicerçam o modo de resolução das atividades de síntese e de atividades de reflexão, pois trata-se dos mesmos modos.

Com base nos aspectos mencionados nesta subseção, considera-se que a concepção de ensino e aprendizagem implementada na presente intervenção pedagógica concebeu os conteúdos de aprendizagem como produtos socioculturais; o professor, como agente mediador entre os indivíduos e a sociedade; e os alunos, como aprendizes sociais (Solé & Coll, 1998).

Em suma, reafirma-se que a estratégia de intervenção pedagógica focalizada na temática *Sistema Circulatorio Humano* foi idealizada, concebida e implementada com o intuito de favorecer a aprendizagem conjunta de conteúdos científicos – *vasos sanguíneos: morfofunção, morfologia interna do coração, circulação do sangue, produção do sangue, derivação Blalock-Taussig e transfusão sanguínea* – e epistemológicos relacionados às seguintes dimensões da Natureza da Ciência: *imagem de cientista, processo de criação científico, contexto da atividade científica e evolução do conhecimento científico*. Portanto, pretendeu-se acompanhar a tendência atual na Educação em Ciências de explorar não apenas o conhecimento científico das disciplinas, mas também outros conhecimentos, como o epistemológico, tendo em vista o

desenvolvimento de aprendizagens mais significativas. Para atingir as pretensões manifestas, a estratégia de intervenção pedagógica é composta por atividades de aprendizagem de História da Ciência, de reflexão e de síntese. As atividades de História da Ciência, configuradas a partir de diferentes fontes de informação – excertos de livros de História da Ciência e de artigos científicos, texto autêntico, replicação de experimento histórico, artigo científico e texto de divulgação científica – contemplam conteúdos científicos e epistemológicos, através da promoção de discussões em torno dos trabalhos de cientistas que viveram em diferentes épocas – Erasístrato (III a.C.), Galeno (séc. II), Colombo (séc.XVI), Fabricius (séc. XVII), Harvey (séc. XVII), Giulio Bizzozero (séc. XIX), Alfred Blalock (séc. XX), Helen Taussig (séc. XX), Vivien Thomas (séc. XX) e Charles Drew (séc. XX) – e que ofertaram contributos substantivos para a construção de conhecimentos sobre a temática em questão. As atividades reflexão, baseadas na metacognição, estão orientadas para que os alunos tomem consciência dos seus conhecimentos e processos de aprendizagem. Por fim, a atividade de síntese pretende propiciar um momento para a sistematização dos conhecimentos construídos ao longo da intervenção pedagógica.

### 3.3. Opções metodológicas de investigação

A avaliação da estratégia de intervenção pedagógica foi desenvolvida em função dos seguintes objetivos de investigação:

- Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções<sup>72</sup> dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano;
- Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência;
- Identificar as representações<sup>73</sup> dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano;
- Identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano.

---

<sup>72</sup> O termo *concepção* foi utilizado em seu sentido filosófico, ou seja, “operação pela qual o sujeito forma, a partir de uma experiência física, moral, psicológica ou social, a representação de um objetivo de pensamento ou conceito” (Japiassú & Marcondes, 2001, p. 39).

<sup>73</sup> O termo *representação* foi tomado em seu sentido filosófico, isto é, “operação pela qual a mente tem presente em si mesma uma imagem mental, uma ideia ou um conceito correspondendo a um objeto externo” (Japiassú & Marcondes, 2001, p. 166).

A consecução dos objetivos elencados acima processou-se por meio da análise de dados recolhidos a partir dos seguintes instrumentos de investigação:

- (a) Atividades de aprendizagem - As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência (AtAp-R1 - Anexo 1) e As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e natureza da ciência, ao final da intervenção pedagógica (AtAp-R4 - Anexo 12);
- (b) Guião da entrevista dos grupos focais (Anexo 14);
- (c) Questionário final de avaliação global (Anexo 15);
- (d) Diário do professor-investigador.

Na sequência serão tecidas algumas considerações sobre cada um destes quatro instrumentos de investigação.

As atividades de aprendizagem foram constituídas por questões que serviram a dois propósitos, contribuir com as aprendizagens dos alunos e corporificar um dos instrumentos de investigação da pesquisa, estratégia comumente utilizada em pesquisas na área de Educação em Ciências, em âmbito universitário (ver Oki & Moradillo, 2008; Almeida & Sorpreso, 2010; Zanotello, 2011). As questões das atividades de aprendizagem, utilizadas com finalidade investigativa, podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com a forma (Marconi & Lakatos, 2007): (a) *abertas*, pois permitiram que os alunos as respondessem de forma livre, utilizando linguagem própria, por meio de produções textuais ou desenhos; (b) *combinadas*, uma vez que conjugaram questões fechadas do tipo múltipla escolha, ou do tipo dicotômicas, com questões abertas. O processo de elaboração das questões contidas nas atividades de aprendizagem foi composto pelas seguintes etapas: (1) elaboração da primeira versão das questões pelo professor-investigador; (2) sujeição desta primeira versão a um especialista da área de Ensino de Ciências; (3) revisão/reelaboração das questões; (4) sujeição da segunda versão ao professor-orientador da tese de doutoramento e (5) redação final das questões, de acordo com as considerações/sugestões do professor-orientador da tese de doutoramento.

O guião da entrevista dos grupos focais, outro instrumento de investigação, foi empregado nas entrevistas do tipo grupo focal. Pode-se definir esse tipo de entrevista como uma técnica de pesquisa utilizada para recolher dados, através da interação de um grupo em torno de um tópico determinado pelo investigador, coordenador ou moderador do grupo (Morgan, 1996). Segundo Gondim (2002, p. 301): “O foco de análise são as opiniões surgidas a partir do jogo de influências mútuas que emergem e se desenvolvem no contexto dos grupos humanos”. A opção

por esta técnica de entrevista prendeu-se à intenção de recolher as opiniões dos alunos sobre alguns aspectos relacionados à implementação da intervenção pedagógica focalizada na temática *Sistema Circulatório Humano*. O processo de elaboração das questões do guião da entrevista dos grupos focais seguiu as mesmas cinco etapas empregadas na formulação das questões das atividades de aprendizagem.

Quanto à composição, os grupos focais foram constituídos por cinco alunos devido à intenção de alocar, em todas as entrevistas, membros de cada um dos cinco grupos de trabalho estabelecidos na intervenção pedagógica. Tal medida pretendeu enriquecer as entrevistas por meio da partilha de experiências e impressões provenientes das situações vivenciadas em cada grupo de trabalho. Na totalidade foram conduzidas três entrevistas do tipo grupo focal, com duração média de 90 minutos. A realização das três entrevistas seguiu o princípio da saturação dos dados (Morgan, 1997), ou seja, o pesquisador percebeu, durante a realização da terceira entrevista, que as informações recolhidas começaram a se repetir, sendo desnecessário prosseguir com outras entrevistas. Deve-se mencionar que a flexibilidade desta técnica de entrevista (ver Trad, 2009) possibilitou a inserção de outras questões, além das previstas no guião da entrevista dos grupos focais, de acordo com o andamento de cada grupo focal. Outro registro relevante, atrelado à flexibilidade desta técnica de entrevista, refere-se ao direcionamento dado pelos alunos às respostas das questões do guião da entrevista dos grupos focais. Em outras palavras, algumas perguntas do guião suscitaram, em meio à partilha de ideias, a exposição de posicionamentos associados a outros tópicos/questões da entrevista. Neste sentido, questões do guião aparentemente dissociadas de um objetivo de investigação trouxeram informações pertinentes para o mesmo. Considera-se significativo afirmar que os áudios das entrevistas dos grupos focais foram gravados e transcritos, na íntegra, pelo próprio pesquisador.

O questionário final de avaliação global trata-se de um instrumento de investigação estruturado para permitir aos alunos avaliar a intervenção pedagógica. Esse instrumento foi constituído por quatro questões abertas e uma questão em formato *perguntas de estimacão ou avaliação*, que “consistem em um julgamento por meio de uma escala com vários graus de intensidade para um mesmo item” (Marconi & Lakatos, 2007, p.103). A formulação desse instrumento de investigação foi baseada, principalmente, no trabalho de Pinheiro (2012).

O diário do professor-investigador, além de ter contribuído para a reflexão sobre a prática docente, foi um instrumento utilizado com a intenção de elaborar dados de pesquisa (ver Villani,

Freitas & Brasilis, 2009), relativos ao que se passou durante as atividades de aprendizagem, que compuseram a intervenção pedagógica. Nas palavras de Souza et al. (2012, p. 185):

“Esses escritos constituem-se pela expressão e pela elaboração do pensamento e dos dilemas dos docentes. Desse modo, aqueles que escrevem diários podem tornar-se investigadores de si próprios e, conseqüentemente, da prática que desenvolvem na escola.”

A redação do diário concretizou-se a partir do relato, análise e reflexão sobre as experiências vivenciadas em sala de aula, incluindo-se as propostas para lidar com os dilemas decorrentes das situações experienciadas. Esse processo narrativo foi baseado em três elementos: (a) observação do tipo participante, aquela em que pesquisador se incorpora e interage diretamente com o grupo pesquisado (Marconi & Lakatos, 2007); (b) registros dos momentos vivenciados em sala de aula; (c) guiões das atividades de aprendizagem. Destaca-se que o labor descritivo ocorreu sempre após o término imediato de cada aula, no intuito de facilitar a recordação dos acontecimentos, de acordo com a metodologia empregada por Varela & Sá (2012). Este trabalho descritivo focalizou-se em aspectos relacionados à integração educativa da História da Ciência no âmbito da aprendizagem da temática *Sistema Circulatorio Humano*. Quanto à tipologia dos diários redigidos, pode-se classificá-los como “diários-tarefas”, isto é, aqueles em “o foco principal de atenção se centra nas tarefas que professores e alunos realizam na aula” e que possibilitam “penetrar de uma maneira muito interessante naquilo que é a dinâmica didáctica institucionalizada das aulas” (Zabalza, 1994, p.111).

Em seguida serão descritas as relações entre os instrumentos de investigação e as informações a obter, de acordo com cada um dos quatro objetivos de investigação. Nessa descrição serão expostas as estratégias de análise das informações recolhidas.

Para *avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatorio humano* foram utilizados três instrumentos de investigação: atividades de aprendizagem, guião da entrevista dos grupos focais e questionário final de avaliação global. O Quadro 3.6 indica a relação entre esses instrumentos de investigação (e as questões que os constituem) e as informações a obter.

**Quadro 3.6: Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano**

Instrumentos de Investigação/Questões	Informação a obter
<b>Atividade de Aprendizagem - As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência</b>	<b>Ideias dos alunos sobre cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano, no momento antes de ensino</b>
1. Desenhe na figura da página seguinte, usando setas (→ → →), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé. Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>circulação do sangue</i> , no momento antes de ensino
2. Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano a) Tente legendá-lo	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>função dos vasos sanguíneos</i> , no momento antes de ensino
b) Indique, com setas, o sentido de circulação do sangue no interior do coração	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>morfologia interna do coração</i> , no momento antes de ensino
3. Explícite o que diria a um amigo se tivesse que lhe explicar onde e como se produz o sangue	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>circulação do sangue no interior do coração</i> , no momento antes de ensino
1. Desenhe na figura da página seguinte, usando setas (→ → →), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé. Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>produção do sangue</i> , no momento antes de ensino
2. Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano a) Tente legendá-lo	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>circulação do sangue</i> , no momento antes de ensino
b) Indique, com setas, o sentido de circulação do sangue no interior do coração	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>função dos vasos sanguíneos</i> , no momento antes de ensino
3. Explícite o que diria a um amigo se tivesse que lhe explicar onde e como se produz o sangue	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>morfologia interna do coração</i> , no momento antes de ensino
3. Explícite o que diria a um amigo se tivesse que lhe explicar onde e como se produz o sangue	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>circulação do sangue no interior do coração</i> , no momento antes de ensino
3. Explícite o que diria a um amigo se tivesse que lhe explicar onde e como se produz o sangue	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>produção do sangue</i> , no momento antes de ensino
<b>Atividade de aprendizagem - As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica</b>	<b>Ideias dos alunos sobre cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano, no momento pós-ensino</b>
1. Que alterações você introduziria no caminho percorrido pelo pela gota de sangue, desenhada na questão 1?	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>circulação do sangue</i> , no momento pós-ensino
1.1. Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu.	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>função dos vasos sanguíneos</i> , no momento pós-ensino
2. Quais aspectos da anatomia interna do coração não estavam presentes no seu desenho inicial do coração?	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>morfologia interna do coração</i> , no momento pós-ensino
2.1. Que modificações você efetuará no traçado das setas que representam o sentido da circulação do sangue, no interior do coração?	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>circulação do sangue no interior do coração</i> , no momento pós-ensino
3. Que alterações você introduziria na resposta da questão 3?	- Ideias dos alunos sobre o tópico <i>produção do sangue</i> , no momento pós-ensino

Quadro 3.6 (continuação): Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano

Instrumentos de Investigação/Questões	Informação a obter
<p><b>Guião da entrevista dos grupos focais</b></p> <p>1. De forma geral, qual é opinião de vocês sobre a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório?</p> <p>5. O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da morfofunção do sistema circulatório humano? De que forma?</p>	<p>Percepções dos alunos sobre o papel da intervenção pedagógica na aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório</p>
<p><b>Questionário final de avaliação global</b></p> <p>4. Em que medida (<i>nenhum, algum, muito e bastante</i>) você acha que as atividades ajudaram no desenvolvimento de sua aprendizagem sobre...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a morfofunção do coração</li> <li>▪ a morfofunção dos vasos sanguíneos</li> <li>▪ a pequena e a grande circulação</li> <li>▪ a produção de sangue no organismo</li> </ul>	<p>Percepções dos alunos sobre o papel da intervenção pedagógica na aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório humano</p>

A análise do conteúdo (Bardin, 2009) das respostas dos alunos às questões 1, 2 e 3 da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1) teve o intuito de identificar as ideias iniciais (momento antes de ensino) dos alunos sobre cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano: (1) circulação do sangue; (2) função dos vasos sanguíneos; (3) morfologia interna do coração; (4) circulação do sangue no interior do coração; (5) produção do sangue. Após as análises do conteúdo, as respostas dos alunos sobre esses cinco tópicos foram classificadas de acordo com as seguintes categorias de análise construídas com base no trabalho de Gonçalves (2012, p. 35):

- **Ideias aceites:** esta categoria inclui as respostas que contemplam todos os elementos necessários para considerá-las cientificamente aceites;
- **Ideias aceites + ideias alternativas:** esta categoria inclui as respostas que conjugam alguns elementos considerados cientificamente aceites e outros que se afastam do conhecimento considerado cientificamente aceite;
- **Ideias alternativas:** esta categoria inclui as respostas que apresentam elementos que se afastam do conhecimento considerado cientificamente aceite;
- **Resposta incompleta:** esta categoria inclui as respostas que contemplam alguns dos elementos necessários para considerá-las cientificamente aceites;
- **Ausência de resposta:** esta categoria inclui as questões não respondidas;

- **Ausência de consideração sobre este tópico:** esta categoria inclui as respostas que não fazem referência aos parâmetros considerados na análise de determinado tópico e que, portanto, não poderiam ser categorizadas como ideias alternativas.

Nas descrições subsequentes serão explicitados os parâmetros utilizados para definir as ideias cientificamente aceitas, em relação a cada um dos cinco tópicos referentes à morfofunção do sistema circulatório humano.

As ideias dos alunos sobre o tópico *circulação do sangue*, no momento antes de ensino, foram analisadas a partir de dois aspectos da questão um (ver Quadro 3.6), contida na atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1): (1) desenho de setas representativas do caminho do sangue, através do sistema circulatório humano – tarefa estruturada com base no trabalho de Pelaez, Boyd, Rojas & Hoover (2005) e (2) descrição textual dos passos do caminho do sangue desenhado. Por conseguinte, efetuou-se uma análise integrada, envolvendo imagem e texto, que partiu do pressuposto de que a descrição textual poderia clarificar as ideias manifestadas pelos alunos através dos desenhos. As ideias cientificamente aceitas sobre o tópico *circulação do sangue* foram definidas a partir de dois parâmetros utilizados com base no trabalho de López-Manjón & Angón (2009): (a) circulação do sangue: a relação coração-pulmão; (b) circulação do sangue: a relação entre os órgãos. Seguem as ideias cientificamente aceitas, de acordo com cada um destes parâmetros:

- (1) **Circulação do Sangue: a relação coração-pulmão** – os alunos caracterizam um modelo de sistema circulatório fechado, com caminho correto pelos pulmões, também reconhecido como modelo de dupla volta ou modelo de pequena e grande circulação. Considerou-se caminho correto pelos pulmões a representação/descrição da passagem de sangue do coração para os pulmões e, em seguida, dos pulmões para o coração;
- (2) **Circulação do Sangue: a relação entre os órgãos** – os alunos caracterizam um padrão centralizado de circulação, no qual o sangue segue um caminho direto do coração até o pé, e retorna ao coração.

As ideias dos alunos sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*, no momento antes de ensino, foram analisadas a partir das respostas dos alunos à questão um (ver Quadro 3.6), também utilizada para analisar as ideias referentes ao tópico *circulação do sangue*. Desta forma, essa questão serviu à análise de dois tópicos. Entretanto, para a análise do tópico *função dos*

*vasos sanguíneos* foram utilizados os seguintes parâmetros: (a) função das artérias; (b) função das veias. Abaixo estão dispostas as ideias cientificamente aceites sobre os dois parâmetros:

- (1) **Função das artérias** – os alunos caracterizam as artérias como vasos sanguíneos que levam o sangue do coração para todas as partes do corpo;
- (2) **Função das veias** – os alunos caracterizam as veias como vasos sanguíneos que levam o sangue de todas as partes do corpo para o coração.

As ideias dos alunos sobre o tópico *morfologia interna do coração*, no momento antes de ensino, foram analisadas a partir das respostas dos alunos à questão dois da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1), que solicitou a elaboração de um desenho legendado do coração (ver Quadro 3.6). Na análise desse tópico foram considerados os seguintes parâmetros: (a) número de cavidades cardíacas; (b) válvulas atrioventriculares<sup>74</sup>; (c) septo cardíaco. Seguem as ideias cientificamente aceites sobre o tópico *morfologia interna* do coração, de acordo com os referidos parâmetros:

- (1) **Número de cavidades cardíacas** – os alunos caracterizam um coração com quatro cavidades cardíacas;
- (2) **Válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares)** – os alunos caracterizam a presença de válvulas entre os átrios<sup>75</sup> e os ventrículos;
- (3) **Septo cardíaco** – os alunos caracterizam o septo que divide o coração em dois lados, direito e esquerdo.

As ideias dos alunos sobre o tópico *circulação do sangue no interior do coração*, no momento antes de ensino, foram analisadas a partir da resposta à questão 2-B da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1), que solicitou que os alunos indicassem, com setas, o sentido da circulação do sangue no interior do coração. Para analisar o sentido da circulação, indicado pelos alunos, foram utilizados três parâmetros: (a) trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito; (b) trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo; (c) trânsito de sangue entre os dois lados do coração. Abaixo estão descritas as ideias cientificamente aceites sobre os referidos parâmetros:

---

<sup>74</sup> Em Portugal, as válvulas atrioventriculares (bicúspide e tricúspide) são chamadas de auriculoventriculares.

<sup>75</sup> Em Portugal, os átrios (direito e esquerdo) são chamados de aurículas.

- (1) **Trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito** – os alunos indicam que o sangue transita do átrio (aurícula) para o ventrículo;
- (2) **Trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo** – os alunos indicam que o sangue transita do átrio (aurícula) para o ventrículo;
- (3) **Trânsito de sangue entre os dois lados do coração** – os alunos indicam que o sangue não transita entre os dois lados do coração.

As ideias dos alunos sobre o tópico *produção de sangue*, no momento antes de ensino, foram analisadas a partir da resposta à questão três da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1) (ver Quadro 3.6). As respostas dos alunos à referida questão foram analisadas com base em dois parâmetros: (a) local de produção do sangue; (b) como se produz o sangue. Seguem as ideias cientificamente aceites sobre esses dois parâmetros:

- (1) **Local de produção do sangue** – os alunos indicam a medula óssea como local da produção do sangue.
- (2) **Como se produz o sangue** – os alunos indicam que o sangue é produzido a partir de células precursoras.

Sabe-se que, “enquanto esforço de interpretação, a análise de conteúdo oscila entre os dois polos do rigor da objetividade e da fecundidade da subjetividade” (Bardin, 2009, p. 9). Tendo-se em perspectiva a manutenção do referido rigor da objetividade, efetuou-se a seguinte sequência de quatro passos durante a análise do conteúdo referente a cada um dos cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano:

- (1) Primeira categorização das respostas dos alunos em uma das seis categorias consideradas: (a) ideias aceites; (b) ideias aceites + ideias alternativas; (c) ideias alternativas; (d) resposta incompleta; (e) ausência de resposta; (f) ausência de considerações sobre este tópico.
- (2) Segunda categorização das respostas dos alunos, comparação com a primeira categorização efetuada e definição de uma nova categorização (terceira categorização).
- (3) Apreciação da terceira categorização por um especialista da área de Educação em Ciências e definição de uma nova categorização (quarta categorização) das respostas dos alunos, após consenso entre as opiniões do especialista e do investigador.
- (4) Sujeição desta quarta categorização ao orientador da tese de doutoramento e definição da quinta, e última, categorização.

Essa foi a estratégia implementada para validação dos dados durante o processo de análise do conteúdo das respostas dos alunos, associadas aos tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano.

As ideias dos alunos sobre os cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano – (1) circulação do sangue, (2) função dos vasos sanguíneos, (3) morfologia interna do coração, (4) circulação do sangue no interior do coração e (5) produção do sangue –, no momento pós-ensino, foram analisadas através das respostas à quatro questões (ver Quadro 3.6) da atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12). Especificamente, estas quatro questões reflexivas foram construídas com o propósito de avaliar a análise que os alunos fizeram de suas ideias iniciais sobre os referidos tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano e a capacidade dos mesmos de identificar características de suas respostas que deveriam ser alteradas para tornar suas ideias cientificamente aceites, no momento pós-ensino. A análise das respostas dos alunos a essas questões reflexivas seguiu a sequência de quatro passos mencionada acima e baseou-se nos mesmos parâmetros utilizados para avaliar as respostas às questões da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1).

As análises qualitativas referentes às respostas dos alunos as questões das atividades de aprendizagem foram complementadas por uma análise do tipo quantitativa, através da qual se determinou a frequência de respostas pertencentes a cada uma das categorias consideradas. Tal procedimento foi empregado com a intenção de comparar as frequências de respostas dos alunos integradas em cada uma das categorias de análise.

O impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano baseou-se na análise comparativa das ideias dos alunos, referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino. Essa análise focalizou-se em cada um dos parâmetros associados aos tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano, e possibilitou a identificação do processo de desenvolvimento das ideias dos alunos, classificado de acordo com as seguintes categorias:

- (1) **Progressão.** Nesta categoria de análise foram incluídos os alunos que manifestaram, no momento antes de ensino, *ideias alternativas* ou *ausência de considerações sobre este parâmetro* e que passaram a manifestar, no momento pós-ensino, *ideias aceites*.

- (2) **Mesma posição.** Nesta categoria de análise foram incluídos os alunos que manifestaram, no momento pós-ensino, a mesma categoria apresentada no momento antes de ensino.
- (3) **Regressão.** Nesta categoria de análise foram incluídos os alunos que manifestaram, no momento antes de ensino, *ideias aceitas* sobre o parâmetro em análise e que manifestaram, no momento pós-ensino, *ideias alternativas*.
- (4) **Processo indefinido.** Nesta categoria de análise foram incluídos os alunos que manifestaram *ausência de considerações sobre este parâmetro*, no momento antes de ensino, e que passaram a manifestar ideias alternativas, no momento pós-ensino, ou vice versa.

O desenvolvimento das ideias dos alunos no sentido da progressão foi considerado um indicativo de que a integração educativa da História da Ciência contribuiu para a (re)construção das concepções dos alunos sobre os tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano. Em outras palavras, a progressão indicou que ocorreu uma evolução conceitual e, portanto, uma aprendizagem significativa.

Como pode ser observado no Quadro 3.6, a avaliação do impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano prendeu-se, também, à análise de duas questões do guião da entrevista dos grupos focais e de uma questão do questionário global de avaliação final.

As questões um e cinco do guião da entrevista dos grupos focais (ver Quadro 3.6), possibilitaram analisar as percepções dos alunos sobre o papel da intervenção pedagógica na aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório humano. O conteúdo das respostas dos alunos, a essas questões, foi analisado de forma qualitativa, com o intuito de identificar fragmentos dos discursos dos entrevistados que fornecessem subsídios referentes aos contributos da intervenção pedagógica, baseada na História da Ciência, para a aprendizagem dos tópicos associados à morfofunção do sistema circulatório humano.

A questão selecionada do questionário global de avaliação final (ver Quadro 3.6) avaliou as percepções dos alunos sobre o papel da intervenção pedagógica na aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório humano. Essa questão possibilitou aos alunos julgar, com base em uma escala composta por quatro itens (*nenhum, algum, muito e bastante*), em que medida as atividades da intervenção pedagógica ajudaram no desenvolvimento da aprendizagem sobre tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano. Neste caso, recorreu-se a uma análise quantitativa baseada na frequência de alunos que marcou cada um dos quatro itens mencionados acima, em referência aos tópicos considerados.

Para avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência foram utilizados três instrumentos de investigação: atividades de aprendizagem, guião da entrevista dos grupos focais e questionário final de avaliação global. O Quadro 3.7 indica a relação entre esses instrumentos de investigação (e as questões que os constituem) e as informações a obter.

**Quadro 3.7: Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência**

Instrumentos de Investigação/Questões	Informação a obter
<b>Atividade de aprendizagem - As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência</b>	<b>Concepções dos alunos sobre quatro dimensões da Natureza da Ciência, no momento antes de ensino</b>
4. Das figuras que se seguem, indique aquela(s) que considera poder representar um cientista. 4.1. Justifique a sua resposta. 10. Caracterize/Descreva o período de uma semana da vida de um cientista.	- Concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência imagem do cientista, no momento antes de ensino
5. Indique, justificando, se concorda ou discorda com a seguinte afirmação: “A atividade dos cientistas é um trabalho individual, isolado, solitário, independente uns dos outros e dos restantes cidadãos” 6. Das seguintes perspectivas, indique aquela que reflete a sua visão acerca da relação entre a Ciência e o contexto em que é praticada. a) A Ciência é influenciada por valores sociais, culturais e por interesses económicos e políticos do contexto em que ela é praticada. b) A Ciência é universal, isto é, transcende as fronteiras nacionais e culturais, não sendo afetada por valores sociais, culturais, económicos e políticos do contexto em que ela é praticada. 6.1. Justifique a sua resposta, recorrendo a exemplos.	- Concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência contexto da atividade científica, no momento antes de ensino
7. Descreva o(s) processo(s) mobilizado(s) pelos cientistas durante uma investigação.	- Concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência processo de criação científica, no momento antes de ensino
8. Indique, justificando, a sua concordância ou discordância com a seguinte afirmação: “A progressão do conhecimento científico é um processo linear, contínuo, gradual, cumulativo, harmonioso e consensual”	- Concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência evolução do conhecimento científico, no momento antes de ensino
<b>Atividade de aprendizagem - As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica</b>	<b>Concepções dos alunos sobre quatro dimensões da Natureza da Ciência, no momento pós-ensino</b>
Com relação às questões 4 a 10* da atividade “As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência”, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão.	- Concepções dos alunos sobre quatro dimensões da Natureza da Ciência — imagem do cientista; (2) contexto da atividade científica; (3) processo de criação científica; e (4) evolução do conhecimento científico — no momento pós-ensino

**Quadro 3.7 (continuação): Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência**

Instrumentos de Investigação/Questões	Informação a obter
<p><b>Guião da entrevista dos grupos focais</b></p> <p>1. De forma geral, qual é opinião de vocês sobre a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório?</p> <p>2. A utilização da história do sistema circulatório facilitou a aprendizagem da anatomia? Por quê?</p> <p>3. A utilização da história do sistema circulatório dificultou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?</p> <p>4. O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Quais?</p>	<p><b>Percepções dos alunos sobre o papel da estratégia de intervenção pedagógica na aprendizagem relacionada a quatro dimensões da Natureza da Ciência – (1) imagem do cientista; (2) contexto da atividade científica; (3) processo de criação científica; e (4) evolução do conhecimento científico.</b></p>
<p><b>Questionário final de avaliação global</b></p> <p>4. Em que medida (<i>nenhum, algum, muito e bastante</i>) você acha que as atividades ajudaram no desenvolvimento de sua aprendizagem sobre...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a imagem do cientista</li> <li>▪ o contexto da atividade científica</li> <li>▪ o processo de criação científica</li> <li>▪ a evolução do conhecimento científico</li> </ul>	

A análise de conteúdo (Bardin, 2009) das respostas dos alunos a seis questões da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1) teve o intuito de identificar as concepções dos alunos sobre quatro dimensões da Natureza da Ciência, no momento antes de ensino: (1) imagem do cientista; (2) contexto da atividade científica; (3) processo de criação científica; (4) evolução do conhecimento científico. Seguem abaixo os significados de cada uma destas quatro dimensões, de acordo com Coelho da Silva (2007, pp. 78-79):

- (1) **Imagem do cientista.** Esta dimensão refere-se ao perfil do cientista e à influência de convicções e ideologias pessoais na actividade de investigação.
- (2) **Contexto da atividade científica.** Esta dimensão focaliza-se nos contextos profissional e social em que o cientista exerce a sua actividade. O isolamento intelectual do cientista e o intercâmbio de opiniões são aspectos contemplados. É, ainda, referida a influência de fatores de ordem sociológica, económica e política na actividade de investigação.
- (3) **Processo de criação científica.** Esta dimensão refere-se à metodologia científica que orienta o trabalho do cientista e ao processo de validação do conhecimento científico. A pluralidade de processos metodológicos envolvidos na actividade científica e a existência de um método científico único e de aplicação universal para a produção do conhecimento científico são aspectos contemplados. Os critérios de validação do conhecimento científico são outros aspectos mencionados.

- (4) **Evolução do conhecimento científico.** Esta dimensão refere-se ao carácter estático/dinâmico do conhecimento científico e o modelo de progresso científico.

As concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência imagem do cientista, no momento antes de ensino, foram analisadas por meio das questões 4 e 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1), destacadas no Quadro 3.7. A questão quatro, baseada no trabalho de Domingues (2006), solicitou aos alunos que indicassem, entre várias imagens, aquelas que eles consideravam corresponder à figura de um cientista; em seguida, os alunos deveriam justificar a(s) sua(s) escolha(s). Esta questão prende-se ao parâmetro intitulado *caracterização iconográfica dos cientistas*, pois através da iconografia problematizou-se o tema imagem do cientista. A questão 10 requisitou a caracterização/descrição do período de uma semana da vida de um cientista e prende-se, por outro lado, ao parâmetro intitulado *caracterização da atividade do cientista*. Através dessa questão pretende-se identificar a imagem que os alunos têm da atividade do cientista, isto é, se ela assenta apenas numa única atividade que é a atividade de investigação ou se contempla outras atividades como, por exemplo, a de ensino e se ainda conjuga atividades de carácter social e familiar. A análise de conteúdo das respostas dos alunos a essas questões fundamentou-se em dois conjuntos de atributos de cientistas, o primeiro geralmente associado a perspectivas de orientação positivista e o segundo geralmente associado a perspectivas de orientação pós-positivista (Coelho da Silva, 2007, p. 82):

- **Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação positivista.** O cientista é visto como um ser “bizarro”, que vive à margem do mundo real, isto é, descontextualizado de um meio familiar, cultural, económico e político. É um indivíduo intelectualmente superior. É um génio, um sábio. Procura, constantemente, o novo e o insólito em permanentes trabalhos de invenção. É um obstinado coletor de fatos. É um indivíduo do sexo masculino, de raça branca e ocidental, geralmente integrado num laboratório.
- **Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação pós-positivista.** O cientista é visto como um cidadão comum, emocionalmente integrado no mundo real, influenciado nas suas decisões científicas por convicções e ideologias pessoais. É um indivíduo tanto do sexo masculino como do sexo feminino e de qualquer raça.

Após a análise de conteúdo, as respostas dos alunos foram integradas a uma das seguintes categorias de análise:

- **Imagem acerca dos cientistas usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista:** esta categoria incluiu as respostas que integraram atributos de cientistas que permitiram associá-las a perspectivas de cariz pós-positivista;
- **Imagem acerca dos cientistas usualmente associada a perspectiva de cariz positivista:** esta categoria incluiu as respostas que integraram atributos de cientistas que permitiram associá-las a perspectivas de cariz positivista;
- **Ausência de resposta:** esta categoria inclui as questões não respondidas.

As concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência contexto da atividade científica, no momento antes de ensino, foram analisadas por meio das questões 5 e 16 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1), discriminadas no Quadro 3.7. A questão cinco envolveu o julgamento de uma frase – “A atividade dos cientistas é um trabalho individual, isolado, solitário, independente uns dos outros e dos restantes cidadãos” – e prende-se ao parâmetro intitulado *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*. A questão seis solicitou aos alunos que indicassem, entre duas perspectivas, aquela que representaria a própria visão acerca da relação entre a Ciência e o contexto em que ela é praticada. Essa questão prendeu-se ao parâmetro intitulado *influência de fatores externos na atividade científica*. A análise de conteúdo das respostas dos alunos a essas questões deu-se à luz de dois conjuntos de atributos que prendem-se à dimensão da Natureza da Ciência contexto da atividade científica (Coelho da Silva, 2007, p. 82):

- **Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação positivista.** A actividade científica é um trabalho solitário, centrado no investigador. Apenas o contexto de justificação assume importância.
- **Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação pós-positivista.** A actividade científica é um empreendimento individual e coletivo. O trabalho individual implica a consideração do trabalho realizado por outros cientistas e, tal como o trabalho coletivo, implica a interação entre vários cientistas e o confronto de opiniões. O trabalho em equipa implica equipas pluridisciplinares, em que o interesse de cada cientista está orientado para um objetivo comum. Envolve o intercâmbio entre grupos da comunidade científica. A actividade científica está condicionada por questões de natureza política, económica e social relativas ao contexto de cada época. Assumem importância os contextos de descoberta e de justificação.

Posteriormente à análise de conteúdo, as respostas dos alunos foram integradas a uma das seguintes categorias de análise:

- **Concepção positivista:** esta categoria incluiu as respostas que integraram atributos necessários para considerá-las de orientação positivista.
- **Concepção pós-positivista:** esta categoria incluiu as respostas que integraram atributos necessários para considerá-las de orientação pós-positivista.
- **Difícil categorização:** esta categoria incluiu as respostas que não integraram atributos necessários para considerá-las de orientação positivista ou pós-positivista.
- **Visões pouco claras e ambíguas:** esta categoria incluiu as respostas que, em virtude da falta de clareza e de ambiguidades, não puderam ser integradas às categorias concepção positivista ou concepção pós-positivista.
- **Ausência de resposta:** esta categoria inclui as questões não respondidas.

As concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência processo de criação científica, no momento antes de ensino, foram analisadas por meio da questão 7 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1), que solicitou a descrição do(s) processo(s) mobilizado(s) pelos cientistas durante uma investigação. A análise de conteúdo das respostas dos alunos à essa questão deu-se à luz de dois conjuntos de atributos que prendem-se à dimensão da Natureza da Ciência contexto da atividade científica (Coelho da Silva, 2007, p. 82):

- **Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação positivista.** A experiência é a única fonte credível do conhecimento científico. O processo de criação científica consiste na capacidade de retirar interpretações corretas a partir da observação de factos e da análise de dados. O raciocínio indutivo é o processo mental geralmente utilizado. As observações ocasionais estão muitas vezes na origem das descobertas científicas. O processo de criação científica está restringido a um método único e universal, um processo algorítmico. O método é linear, sequencial, parte dos factos para as ideias, da observação para os conceitos. Implica a implementação de um conjunto de regras com precisão e rigor. A testagem experimental constitui o critério de validação do conhecimento científico. Depende da concordância com os factos.
- **Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação pós-positivista.** No processo de construção do conhecimento científico intervêm, por um lado, atos perceptivos que envolvem os sentidos, e por outro, o pensamento, a formação de ideias, atos em que intervêm a razão. A razão orienta a experimentação e é, por sua vez, guiada pelos dados experimentais recolhidos. A intuição, a abstração, a percepção, a imaginação, a criatividade, a reflexão sistemática e o raciocínio são operações mentais utilizadas no processo de criação científica, sem ordem pré-estabelecida. O raciocínio analógico é um dos processos mentais utilizado pelos cientistas. Os processos adoptados pelos cientistas dependem dos seus próprios conhecimentos conceptuais e processuais bem como das tecnologias disponíveis. Os métodos científicos alteram-se face à alteração do conhecimento científico e

vice-versa. Os métodos seguidos são caracteristicamente de natureza holística, reflexiva, idiossincrática e de múltiplos passos sujeitos a monitorização. Os métodos são ramificados, sinuosos, incertos, flexíveis. Os problemas emergem no seio de um contexto teórico.

Após a análise de conteúdo, as respostas dos alunos foram integradas às categorias de análise *concepção positivista*, *concepção pós-positivista*, *difícil categorização* e *ausência de resposta*, já consideradas em relação ao processo de análise da dimensão da Natureza da Ciência contexto da atividade científica.

As concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência evolução do conhecimento científico, no momento antes de ensino, foram analisadas por meio da questão 8 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1), destacada no Quadro 3.7, que prende-se: (a) ao julgamento de uma afirmação sobre a progressão do conhecimento científico e (b) à construção de uma justificativa, de acordo com o julgamento tomado. As respostas dos alunos a essa questão foram submetidas a análise de conteúdo baseada em dois conjuntos de atributos que prendem-se à dimensão da Natureza da Ciência evolução do conhecimento científico (Coelho da Silva, 2007, p. 82):

- **Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação positivista.** O conhecimento científico caracteriza-se pelo seu carácter estático e imutável. É um conjunto de verdades absolutas. A progressão do conhecimento científico é um processo linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo. Ocorre através da justaposição de factos. Passa-se de umas descobertas para outras de forma harmoniosa.
- **Atributos geralmente associados a uma perspectiva de orientação pós-positivista.** O conhecimento científico caracteriza-se pelo carácter dinâmico e temporal. É um conhecimento aberto, em constante construção e reconstrução. Contudo, evidencia o seu carácter de “corpo” coerente de conhecimentos. A progressão do conhecimento científico ocorre através de avanços e recuos.

Após a análise de conteúdo, as respostas dos alunos foram integradas às mesmas categorias de análise empregadas em relação à dimensão da Natureza da Ciência contexto da atividade científica, isto é, *concepção positivista*, *difícil categorização*, *visões pouco claras e ambíguas* e *ausência de resposta*.

Com o objetivo de validação dos dados, a seguinte sequência de quatro passos foi aplicada durante a análise do conteúdo referente a cada uma das quatro dimensões da Natureza da Ciência:

- (1) Primeira categorização das respostas dos alunos, de acordo com as categorias mencionadas.
- (2) Segunda categorização das respostas dos alunos, comparação com a primeira categorização efetuada e definição de uma nova categorização (terceira categorização).
- (3) Apreciação da terceira categorização por um especialista da área de Educação em Ciências e definição de uma nova categorização (quarta categorização) das respostas dos alunos, após consenso entre as opiniões do especialista e do investigador.
- (4) Sujeição desta quarta categorização ao orientador da tese de doutoramento e definição da quinta, e última, categorização.

As concepções dos alunos sobre as quatro dimensões da Natureza da Ciência – imagem do cientista, contexto da atividade científica, processo de criação científica e evolução do conhecimento científico –, no momento pós-ensino, foram analisadas através das respostas dos alunos a uma questão da atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12), indicada no Quadro 3.7. Em termos específicos, esta questão reflexiva foi elaborada com a finalidade de avaliar a análise que os alunos fizeram de suas concepções sobre as quatro dimensões da Natureza da Ciência, no momento antes de ensino, e a capacidade dos mesmos de identificar atributos de suas respostas que deveriam ser alterados para alinhá-las a uma concepção pós-positivista de Ciência, no momento pós-ensino. A análise das respostas dos alunos a essa questão reflexiva seguiu a sequência de quatro passos descrita acima e os mesmos conjuntos de atributos utilizados para avaliar as respostas às questões da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1).

As análises qualitativas referentes às respostas dos alunos as questões das atividades de aprendizagem foram suplementadas por uma análise do tipo quantitativa, por meio da qual se determinou a frequência de respostas pertencentes a cada uma das categorias consideradas. Este procedimento quantitativo possibilitou a comparação das frequências de respostas dos alunos incluídas em cada uma das categorias de análise.

O impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência fundamentou-se na comparação entre as concepções sustentadas nos momentos antes de ensino e pós-ensino. Essa análise possibilitou a identificação do processo de desenvolvimento das ideias dos alunos, classificado de acordo com as seguintes categorias:

- (1) **Progressão.** Nesta categoria de análise foram incluídos os alunos que manifestavam, no momento antes de ensino, uma *imagem acerca dos cientistas usualmente associada a perspectiva de cariz positivista* e que passaram a manifestar, no momento pós-ensino, uma *imagem acerca dos cientistas usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista*. Nesta categoria de análise também foram incluídos os alunos que situavam-se, no momento antes de ensino, nas categorias *concepção positivista* ou *difícil categorização* ou *visões pouco claras e ambíguas* ou *ausência de resposta*, e que passaram a manifestar, no momento pós-ensino, uma *concepção pós-positivista*.
- (2) **Mesma posição.** Nesta categoria de análise foram incluídos os alunos que manifestaram, no momento pós-ensino, a mesma categoria apresentada no momento antes de ensino.
- (3) **Regressão.** Nesta categoria de análise foram incluídos os alunos que manifestavam, no momento pós-ensino, uma *imagem acerca dos cientistas usualmente associada a perspectiva de cariz positivista*, embora tivessem manifestado, no momento antes de ensino, uma *imagem acerca dos cientistas usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista*. Da mesma forma, foram incluídos nesta categoria os alunos que manifestavam uma *concepção positivista*, no momento pós-ensino, embora tivessem manifestado uma *concepção pós-positivista*, no momento antes de ensino.
- (4) **Processo indefinido.** Nesta categoria de análise foram incluídos os alunos que situavam-se, no momento antes de ensino, nas categoria *ausência de resposta*, e que passaram a manifestar, no momento pós-ensino, *imagem acerca dos cientistas usualmente associada a perspectiva de cariz positivista* ou *concepções positivistas*. Nestes casos, a única certeza é que não houve progressão.

O desenvolvimento das ideias dos alunos no sentido da progressão foi considerado um indicativo de que a integração educativa da História da Ciência contribuiu para a (re)construção das concepções dos alunos sobre as dimensões da Natureza da Ciência analisadas. De outro modo, a progressão indicou que ocorreu uma aprendizagem significativa.

Como pode ser observado no Quadro 3.7, a avaliação do impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência prendeu-se, ainda, à análise de quatro questões do guião da entrevista dos grupos focais e de uma questão do questionário global de avaliação final.

As quatro questões do guião da entrevista dos grupos focais (ver Quadro 3.7) possibilitaram analisar as percepções dos alunos sobre o papel da estratégia de intervenção pedagógica na aprendizagem relacionada a quatro dimensões da Natureza da Ciência: (1) imagem do cientista; (2) contexto da atividade científica; (3) processo de criação científica; e (4) evolução do conhecimento científico. O conteúdo das respostas dos alunos, a essas questões, foi analisado de forma qualitativa, com o intuito de identificar fragmentos dos discursos dos

entrevistados que fornecessem subsídios referentes aos contributos da intervenção pedagógica para a compreensão das quatro dimensões da Natureza da Ciência mencionadas.

A quarta questão do questionário global de avaliação final (ver Quadro 3.7) avaliou as percepções dos alunos sobre o papel da intervenção pedagógica na aprendizagem de dimensões da Natureza da Ciência. Essa questão possibilitou aos alunos julgar, com base em uma escala composta por quatro itens (*nenhum, algum, muito e bastante*), em que medida as atividades da intervenção pedagógica ajudaram no desenvolvimento da aprendizagem sobre dimensões da Natureza da Ciência. Nesse caso, recorreu-se a uma análise quantitativa baseada na frequência de alunos que marcou cada um dos quatro itens, mencionados acima.

Para *identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano* foram utilizados dois instrumentos de investigação: questionário final de avaliação global e guião da entrevista dos grupos focais. O Quadro 3.8 mostra a relação entre esses instrumentos de investigação (e as questões que os constituem) e as informações a obter.

**Quadro 3.8: Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano**

Instrumentos de Investigação/Questões	Informação a obter
<p><b>Questionário final de avaliação global</b> 1. Qual foi a atividade que mais gostou? Justifique a sua resposta.</p> <p><b>Guião da entrevista dos grupos focais</b> 2. A utilização da história do sistema circulatório facilitou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê? 4. O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Quais?</p>	<p>Representações dos alunos sobre os contributos de cada uma das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência</p>
<p><b>Questionário final de avaliação global</b> 3. Gostou de trabalhar com materiais voltados à História da Ciência? Por quê?</p> <p><b>Guião da entrevista dos grupos focais</b> 1. De uma forma geral, qual é a opinião de vocês sobre a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório? 2. A utilização da história do sistema circulatório facilitou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?</p>	<p>Representações dos alunos sobre a importância da utilização de materiais focalizados na História da Ciência para a aprendizagem da Anatomia Humana</p>

**Quadro 3.8 (continuação): Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano**

Instrumentos de Investigação/Questões	Informação a obter
<p><b>Questionário final de avaliação global</b> 6. Você considera que a utilização da História da Ciência, no ensino do sistema circulatório humano, contribuiu em sua formação como professor de Biologia? Por quê?</p>	<p>Representações dos alunos sobre os contributos da abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano, no âmbito da formação profissional docente</p>
<p><b>Guião da entrevista dos grupos focais</b> 1. De uma forma geral, qual é a opinião de vocês sobre a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório? 6. O que você gostaria de falar sobre a intervenção pedagógica referente ao sistema circulatório e não foi perguntado?</p>	

A primeira questão do questionário final de avaliação global (ver Quadro 3.8) foi construída com base no trabalho de Pinheiro (2012) e aplicada com o propósito de identificar a preferência dos alunos quanto a cada uma das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência. Além disso, esta questão foi utilizada com a finalidade de estabelecer categorias de justificativas associadas à preferência por determinada atividade de aprendizagem. O estabelecimento dessas categorias ocorreu de acordo com a seguinte sequência de cinco passos:

- (1) Agrupamento das respostas dos alunos que apresentavam ideias similares;
- (2) Categorização das respostas dos alunos;
- (3) Segunda categorização das respostas dos alunos, comparação com a categorização anteriormente efetuada e definição de uma nova categorização (3ª categorização);
- (4) Apreciação da terceira categorização por um especialista da área de Ensino de Ciências e definição de uma nova categorização (4ª categorização) das respostas dos alunos, após consenso entre as opiniões do especialista e do investigador;
- (5) Sujeição desta quarta categorização ao orientador da tese de doutoramento e definição da quinta, e última, categorização.

Essa análise qualitativa foi suplementada por uma análise quantitativa baseada na frequência de respostas dos alunos enquadradas em cada uma das categorias de justificativa elaboradas. As questões dois e quatro do guião da entrevista dos grupos focais (ver Quadro 3.8) foram utilizadas porque despoletaram respostas que substanciaram as justificativas dos alunos

referentes à preferência por determinada atividade de aprendizagem focalizada na exploração da História da Ciência.

A terceira questão do questionário final de avaliação global (ver Quadro 3.8) pretendeu identificar se os alunos gostaram, ou não, de trabalhar com materiais voltados a História da Ciência. Ademais, essa questão foi utilizada para identificar as justificativas associadas ao gosto, ou desgosto, pelo trabalho com materiais focalizados na exploração da História da Ciência. Tais justificativas foram agrupadas em categorias estabelecidas de acordo com a sequência de cinco passos mencionada acima. As questões um e dois do guião da entrevista dos grupos focais foram utilizadas porque mobilizaram respostas que substanciaram as justificativas dos alunos referentes ao gosto pelo trabalho com materiais focalizados na exploração da História da Ciência.

A sexta questão do questionário final de avaliação global foi implementada, pois julgou-se relevante inquirir os alunos sobre os contributos da abordagem histórica do sistema circulatório humano na formação dos mesmos, como professores de Biologia. Ademais, esta questão foi utilizada para identificar as justificativas associadas aos contributos dessa abordagem do sistema circulatório para a formação profissional. Tais justificativas foram agrupadas em categorias estabelecidas de acordo com a sequência de cinco passos mencionada anteriormente. As questões um e seis do guião da entrevista dos grupos focais foram utilizadas porque provocaram respostas que substanciaram as justificativas dos alunos referentes aos contributos da abordagem histórica do sistema circulatório humano para a formação docente.

Para *identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano* foram utilizados três instrumentos de investigação: questionário final de avaliação global, guião da entrevista dos grupos focais e diário do professor-investigador. O Quadro 3.9 indica a relação entre esses instrumentos de investigação (e as questões que os constituem) e as informações a obter.

**Quadro 3.9: Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano**

<b>Instrumentos de Investigação/Questões</b>	<b>Informação a obter</b>
<b>Questionário final de avaliação global</b> 2. Qual foi a atividade que menos gostou? Justifique a sua resposta.	Fatores de constrangimento à exploração da História da Ciência no âmbito das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência;

**Quadro 3.9 (continuação): Relação Instrumentos de Investigação/Questões-Informação a obter, associada ao objetivo de identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano**

Instrumentos de Investigação/Questões	Informação a obter
<p><b>Atividades de aprendizagem – Todas as atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência</b></p> <p>- Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem.</p>	<p>Fatores de constrangimento à exploração da História da Ciência no âmbito das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência;</p>
<p><b>Diário do professor-investigador</b></p>	

A segunda questão do questionário final de avaliação global (ver Quadro 3.9) foi construída com base no trabalho de Pinheiro (2012) e aplicada com o propósito de identificar as atividades de aprendizagem, focalizadas na exploração da História da Ciência, que os alunos menos gostaram. Além disso, esta questão foi utilizada com o objetivo de estabelecer categorias de constrangimentos associados à realização dessas atividades de aprendizagem. O estabelecimento dessas categorias ocorreu de acordo com a seguinte sequência de cinco passos:

- (1) Agrupamento das respostas dos alunos que apresentavam ideias similares;
- (2) Categorização das respostas dos alunos;
- (3) Segunda categorização das respostas dos alunos, comparação com a categorização anteriormente efetuada e definição de uma nova categorização (3ª categorização);
- (4) Apreciação da terceira categorização por um especialista da área de Ensino de Ciências e definição de uma nova categorização (4ª categorização) das respostas dos alunos, após consenso entre as opiniões do especialista e do investigador;
- (5) Sujeição desta quarta categorização ao orientador da tese de doutoramento e definição da quinta, e última, categorização.

Essa análise qualitativa foi suplementada por uma análise quantitativa baseada na frequência de respostas dos alunos enquadradas em cada uma das categorias de justificativa elaboradas. As respostas dos alunos a uma questão, presente em todas as atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência (ver Quadro 3.9), teve o propósito de analisar os fatores de constrangimento relacionados à realização de cada uma dessas atividades de aprendizagem. O conteúdo das respostas dos alunos a essa questão foi analisado qualitativamente tendo em vista a identificação de elementos que corroborassem com os resultados decorrentes da análise da segunda questão do questionário global de avaliação final.

O diário do professor-investigador foi analisado com o intuito de identificar registros relacionados a fatores que dificultaram a efetivação da abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano. Neste sentido, foram analisadas as informações vinculadas a fatores de constrangimento relacionados à utilização da História da Ciência, identificados no momento em que os alunos realizavam as atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência. O conteúdo dos diários foi avaliado de forma qualitativa, com a intenção de utilizar trechos desses registros para consubstanciar os fatores de constrangimento à exploração da História da Ciência, identificados por meio dos instrumentos questionário final de avaliação global e atividades de aprendizagem.



## IV – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

### Introdução

No presente capítulo são apresentados e analisados os resultados da pesquisa, em consonância com a estrutura delineada na seção referente à metodologia de investigação. As duas primeiras seções prendem-se à apreciação do impacto educativo da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano (primeira seção) e Natureza da Ciência (segunda seção). A terceira seção centra-se na análise das representações dos alunos sobre o valor educativo da abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano. A quarta seção analisa os constrangimentos decorrentes da implementação da abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano.

#### **4.1. Impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano**

A presente seção focaliza-se na apresentação e análise dos dados em função do seguinte objetivo de investigação:

- Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano.

A consecução do referido objetivo de investigação processou-se através da análise das:

- a) Ideias dos alunos sobre cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano – (1) circulação do sangue; (2) função dos vasos sanguíneos; (3) morfologia interna do coração; (4) circulação do sangue no interior do coração; e (5) produção do sangue – nos momentos antes de ensino e pós-ensino. Essas ideias foram analisadas a partir das respostas dos alunos a questões de duas Atividades de Aprendizagem.
- b) Percepções dos alunos sobre o papel da intervenção pedagógica na aprendizagem dos cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano mencionados na alínea

superior. Tais percepções foram analisadas através das respostas dos alunos às questões do guião da entrevista dos grupos focais e ao questionário final de avaliação global.

Inicia-se esta seção com a apresentação e análise dos dados referentes às ideias dos alunos sobre o tópico *circulação do sangue*.

Os dados referentes às ideias dos alunos sobre esse tópico, no momento antes de ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos à seguinte questão da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1): - Desenhe, na figura da página seguinte, usando setas (→ → →), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório humano, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé. Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou.

Por outro lado, os dados referentes às ideias dos alunos sobre o tópico *circulação do sangue*, no momento pós-ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos às seguintes questões, presentes na atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12): - Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1?; - Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. Nessa perspectiva, as ideias dos alunos no momento pós-ensino referem-se à avaliação que os mesmos fizeram de suas ideias no momento antes de ensino e, portanto, prendem-se à capacidade dos mesmos de identificar características, dos desenhos e dos textos que deveriam ser alteradas para tornar as suas ideias cientificamente aceites.

O Quadro 4.1 mostra as ideias globais dos alunos sobre o tópico *circulação do sangue* e a sua predominância, no momento antes de ensino.

A análise do Quadro 4.1 revela que a maioria dos alunos conjugou ideias consideradas cientificamente aceites e outras que se afastam do conhecimento cientificamente aceite sobre a circulação do sangue, enquanto apenas dois alunos adotaram todas as ideias cientificamente aceites sobre esse tópico, no momento antes de ensino. Ainda, verifica-se que seis alunos perfilharam somente ideias alternativas sobre a circulação do sangue.

**Quadro 4.1: Ideias globais dos alunos sobre o tópicos circulação do sangue, no momento antes do ensino**

Ideias no momento antes de ensino	Alunos (n = 22)
	f
<p><b>Ideias aceites</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Circulação do Sangue: a relação coração-pulmão <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sistema fechado. Modelo de dupla volta ou modelo de pequena e grande circulação</li> </ul> </li> <li>▪ Circulação do Sangue: a relação entre os órgãos <ul style="list-style-type: none"> <li>– Padrão centralizado. O sangue segue um caminho direto do coração até o pé e retorna ao coração</li> </ul> </li> </ul>	2
<p><b>Ideias aceites + Ideias alternativas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistema fechado. Modelo de dupla volta ou modelo de pequena e grande circulação + Padrão circular. O sangue não segue um caminho direto do coração até o pé. Em seu caminho, a partir do coração, ele toma uma rota circular para outras partes do corpo</li> <li>▪ Padrão centralizado. O sangue segue um caminho direto do coração até o pé e retorna ao coração + Sistema fechado. Modelo com caminho incorreto pelos pulmões</li> <li>▪ Padrão centralizado. O sangue segue um caminho direto do coração até o pé e retorna ao coração + Sistema fechado. Modelo de única volta ou circulação sistêmica</li> </ul>	12
<p><b>Ideias alternativas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Circulação do Sangue: a relação coração-pulmão <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sistema aberto. O sangue vai para o pé e não retorna</li> <li>– Sistema fechado. Modelo de única volta ou circulação sistêmica</li> <li>– Sistema fechado. Modelo com caminho incorreto pelos pulmões</li> </ul> </li> <li>▪ Circulação do Sangue: a relação entre os órgãos <ul style="list-style-type: none"> <li>– Padrão circular. O sangue não segue um caminho direto do coração até o pé. Em seu caminho, a partir do coração, ele toma uma rota circular para outras partes do corpo</li> </ul> </li> </ul>	6
<p><b>Ausência de resposta</b></p>	2

O conjunto dos resultados expostos no Quadro 4.1 indica a robustez das representações alternativas sobre o sistema circulatório humano, especialmente no que se refere ao caminho do sangue pelo corpo humano (López-Manjón, Angón & León-Sánchez, 2007; López-Manjón & Angón, 2009). Utiliza-se o termo robustez pois supõe-se que os alunos que participaram da presente investigação foram submetidos, provavelmente<sup>76</sup>, ao estudo do sistema circulatório humano em outros níveis de escolaridade (ensinos fundamental e médio) e, apesar disso, continuam sustentando concepções alternativas sobre o mesmo. Com base no trabalho de López-Manjón & Angón (2009), argumenta-se que a referida robustez prende-se as dificuldades conceituais enfrentadas pelos alunos na aprendizagem do sistema circulatório humano. Entre tais dificuldades, destaca-se aquela relacionada ao entendimento das complexas interações entre os vários componentes dos diferentes níveis desse sistema. Ao nível macroscópico, por exemplo,

<sup>76</sup> Documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (Brasil, 1998) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (Brasil, 2006) indicam, direta ou indiretamente, a efetuação de trabalhos relacionados ao sistema circulatório.

é necessário entender o papel dos pulmões na circulação e, conseqüentemente, as diferenças entre as circulações pulmonar e sistêmica, aspecto que possibilita compreender como ocorre o transporte de nutrientes e oxigênio para todas as regiões do corpo (López-Manjón, Angón & León-Sánchez, 2007).

Na seqüência são apresentadas as figuras 4.1 a 4.4, exemplos ilustrativos dos desenhos dos alunos sobre a circulação sanguínea, no momento antes de ensino. Como se efetuou uma análise integrada, que envolveu a leitura de imagens e de textos – estes últimos referentes às respostas dos alunos à segunda parte da questão (Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou) –, julgou-se pertinente inserir, abaixo das figuras, os textos das respostas dos alunos, para facilitar a compreensão do processo analítico.

As figuras 4.1 e 4.2, e os textos que as acompanham, são exemplos ilustrativos que representam, respectivamente, respostas que integram ideias cientificamente aceitas e respostas que integram ideias alternativas, sobre o tópico *circulação do sangue*.

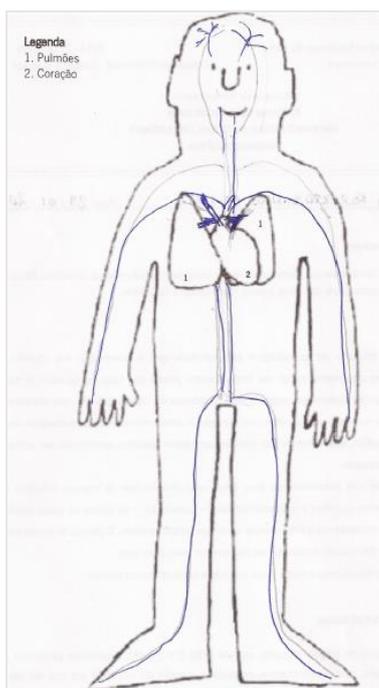


Figura 4.1: Representação do sistema circulatório humano (aluno A4)

“Sai do coração (rico em CO<sub>2</sub>) vai para o pulmão, troca gasosa, retorna ao coração (rico em O<sub>2</sub>) onde é bombeado para todo o corpo, retornando ao coração (rico em CO<sub>2</sub>) e recomeçando o ciclo.” (aluno A4)



Figura 4.2: Representação do sistema circulatório humano (aluna A18)

“O sangue é bombeado pelo coração para o cérebro, e através de estímulos percorre todo o corpo começando pelos membros superiores, depois os membros inferiores.” (aluna A18)

As figuras 4.3 e 4.4, e os textos que as acompanham, são exemplos ilustrativos que

representam respostas que conjugaram ideias cientificamente aceitas e ideias alternativas sobre o tópico *circulação do sangue*.

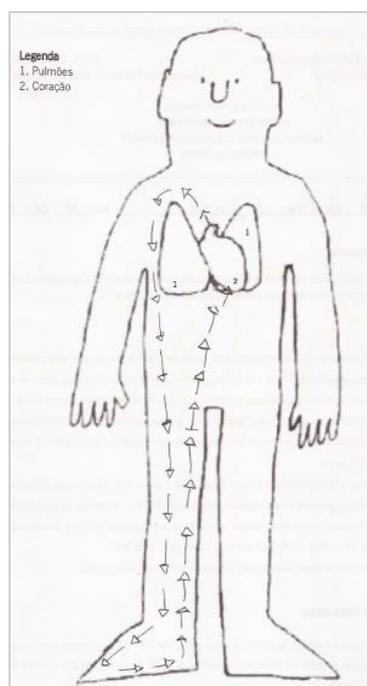


Figura 4.3: Representação do sistema circulatório humano (aluna A10)

“A gota sai do coração e percorre uma parte do corpo através das veias que se seguem até o pé e depois fazem o caminho inverso até chegar ao coração novamente” (aluna A10)

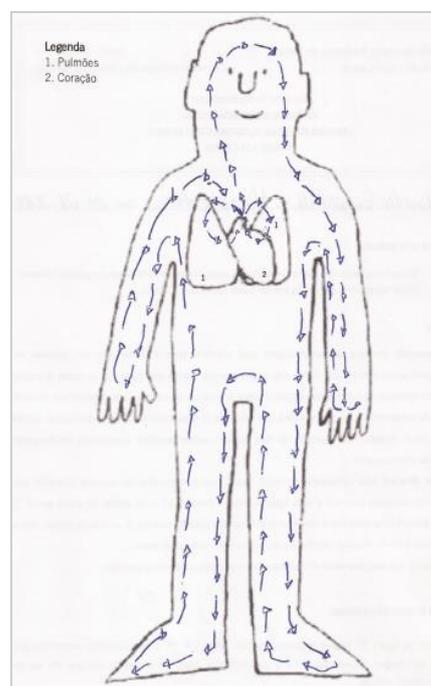


Figura 4.4: Representação do sistema circulatório humano (aluno A22)

“O sangue é enviado até os pulmões onde recebe oxigenação e passa a ser bombeado para todas as regiões do corpo.” (aluno A22)

A análise integrada, imagem (figura 4.3) e texto, evidencia que a aluna A10 considera um padrão centralizado, aspecto que possibilitou classificar a sua resposta na categoria de ideias aceitas, em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*. Por outro lado, a resposta da aluna ilustra um sistema fechado, modelo de única volta ou circulação sistêmica, negligenciando, assim, a passagem de sangue pelos pulmões, característica que permitiu integrar a sua resposta na categoria de ideias alternativas, em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*. Com relação ao aluno A22 ocorreu o inverso, a análise integrada, imagem (figura 4.4) e texto, evidencia um sistema fechado, modelo de dupla volta, ideia cientificamente aceita em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão* e um padrão circular, ideia alternativa em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*.

Passa-se, agora, à apresentação das ideias dos alunos sobre o tópico *circulação do*

*sangue*, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com os dois parâmetros adotados: (a) *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, (b) *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*. O Quadro 4.2 dispõe as referidas ideias.

**Quadro 4.2: Ideias dos alunos sobre o tópico circulação do sangue, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados (n = 22)**

Parâmetros	Ideias		Momento antes de ensino	Momento pós-ensino
			f	f
Circulação do Sangue: a relação coração-pulmão	Sistema fechado	Modelo de dupla volta ou modelo de pequena e grande circulação	4	11
		Modelo de única volta ou circulação sistêmica	5	6
		Modelo com caminho incorreto pelos pulmões	7	3
	Sistema aberto	O sangue vai para o pé e não retorna	4	2
	Ausência de considerações sobre este parâmetro		2	0
Circulação do Sangue: a relação entre os órgãos	Padrão centralizado / O sangue segue um caminho direto do coração até o pé e retorna ao coração		12	17
	Padrão circular / O sangue não segue um caminho direto do coração até o pé. Em seu caminho, a partir do coração, o sangue toma uma rota circular para outras partes do corpo		6	4
	Ausência de considerações sobre este parâmetro		4	1

A análise do Quadro 4.2, no que tange ao parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, evidencia que, no momento antes de ensino, a maioria dos alunos caracterizou um sistema fechado, com caminho incorreto pelos pulmões, dados que corroboram com os resultados de Arnaudin & Mintzes (1985). Estes autores encontraram uma maior prevalência do referido modelo de sistema fechado (com caminho incorreto pelos pulmões), em grupos de alunos universitários. Ainda, neste quadro, observa-se que representações de um sistema fechado com única volta, ou circulação sistêmica, estiveram patentes nas respostas de cinco alunos, no momento antes de ensino.

A maior prevalência desses dois modelos de sistema fechado, com caminho incorreto pelos pulmões, e de única volta, também foi verificada em um estudo conduzido por López-Manjón, Angón & León-Sánchez (2007), com professores de Biologia e outros grupos. Na presente investigação, aplicamos uma tarefa similar à implementada por esses autores, que também identificaram um número menor de respostas cientificamente aceitas, ou seja, um sistema fechado com dupla volta ou modelo de pequena e grande circulação. Além disso, esses autores identificaram um número reduzido de respostas representativas de um sistema aberto,

assim como na presente investigação. Os resultados de outras investigações (Arnaudin & Mintzes, 1985; López-Manjón, Angón & León-Sánchez, 2007) sugerem que a representação de um sistema aberto (ideia alternativa) tende a diminuir com o avanço da idade ou da escolarização. Para López-Manjón, Angón & León-Sánchez (2007), a representação de um sistema fechado pode ser assumida pelos indivíduos, facilmente, logo antes da adolescência, em função da instrução escolar.

Em relação ao momento pós-ensino, tendo-se em conta o parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, percebe-se (ver Quadro 4.2) que há um aumento no número de alunos que considera um sistema fechado, com dupla volta, ou modelo de pequena e grande circulação, ideia cientificamente aceita. Além disso, verifica-se uma diminuição substancial no número de alunos que suporta a ideia de um sistema fechado com caminho incorreto pelos pulmões. Avalia-se que essas duas ocorrências prendem-se, diretamente, à construção de ideias cientificamente aceitas sobre a pequena circulação, aspecto que se relaciona ao trabalho desenvolvido ao longo da estratégia de intervenção pedagógica. Na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da história da ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3), por exemplo, trabalhou-se a existência de uma circulação coração-pulmões-corção, ou pequena circulação, através das ideias do cientista italiano Colombo (1515-1559), conforme se pode observar no seguinte excerto, extraído da atividade:

“Colombo foi mais longe que seu colega Vesálio. Ele explicou em seu livro de 1559, que entre os dois ventrículos se estende um septo através do qual quase todo mundo acredita que abre um caminho para o sangue, do ventrículo direito para o esquerdo, e que o sangue é finamente processado de modo que possa ser trabalhado mais facilmente para a geração de espíritos vitais. Mas eles cometeram um grande erro, pois o sangue é levado através da artéria pulmonar para os pulmões e aí torna-se menos denso; então é levado, juntamente com o ar, através da veia pulmonar para o ventrículo esquerdo do coração” (AtAp-HC2).<sup>77</sup>

Além das ações desenvolvidas nessa atividade de aprendizagem, considera-se que o trabalho implementado na atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5) também pode ter contribuído para que os alunos passassem a sustentar ideias cientificamente aceitas sobre o parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*. Tal consideração parte da premissa de que o desenvolvimento de ideias

---

<sup>77</sup> A sigla AtAp-HC significa: atividade de aprendizagem focalizada na História da Ciência. O algarismo arábico colocado após as letras HC corresponde ao número da atividade de aprendizagem focalizada na História da Ciência.

cientificamente aceites sobre esse parâmetro requer, também, que os alunos compreendam que o sangue circula por todo o corpo humano, inclusive pelos pulmões, e retorna ao coração, aspecto trabalhado na atividade referente ao texto autêntico do médico inglês William Harvey (1578-1657), em passagens do texto como a que se segue:

“A verdadeira causa disso tudo depende do fato de que das veias às artérias não existe outra passagem que não seja aquela do coração e a dos pulmões. Quando o animal morre, com a interrupção do movimento dos pulmões fica impedida a passagem do sangue das ramificações da *vena arteriosa* para a *arteria venosa* e desta para o ventrículo esquerdo do coração. (...). Mas como o coração não para de se mover juntamente com os pulmões, mas continua pulsando e sobrevive a eles por um certo tempo, o que ocorre é que o ventrículo esquerdo e as artérias continuam enviando sangue para as veias do corpo, mas como já não o recebe dos pulmões, logo em seguida fica vazio” (AtAp-HC3).

Apesar dos aspectos trabalhados na intervenção pedagógica, verifica-se que metade dos alunos permanece sustentando ideias alternativas sobre esse parâmetro, como pode ser verificado no Quadro 4.2. As dificuldades quanto à (re)construção da ideia cientificamente aceite, de um sistema circulatório fechado com modelo de pequena e grande circulação, também foram referidas por Pelaez, Boyd, Rojas & Hoover (2005), ao analisar os efeitos de uma intervenção pedagógica desenvolvida com futuros professores do ensino fundamental. Segundo a perspectiva defendida por López-Manjón & Angón (2009, p. 163, tradução nossa):

“A compreensão do sistema circulatório humano é mais complexa do que os professores e os pesquisadores da cognição pensam. Muitas pessoas podem saber que a função do coração é bombear sangue; no entanto, elas podem não concebê-lo como uma bomba dupla.”

Nessa perspectiva, pode-se considerar que as discussões (no pequeno grupo e no grupo turma) proporcionadas pela intervenção pedagógica, quanto ao papel do coração como um bomba dupla – que ejeta sangue, simultaneamente, para os pulmões e para todas as outras regiões do corpo – não foram suficientes para que todos os alunos (re)construíssem ideias cientificamente aceites em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*. Essas constatações podem indicar a necessidade de se desenvolver atividades de reflexão metacognitiva, no âmbito de futuras estratégias de intervenção pedagógica, compostas por questões focalizadas no conceito de coração como bomba dupla. Tais atividades de reflexão podem dar a oportunidade para que os alunos revejam as ideias que sustentam sobre esse

conceito, ampliando as experiências que já possuem sobre o mesmo, de forma que consigam notar as suas limitações e buscar alternativas para superá-las (Mauri, 1998).

A análise do Quadro 4.2, com respeito ao parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*, evidencia que, no momento antes de ensino, a maioria dos alunos caracterizou um padrão centralizado, ideia cientificamente aceita. Não obstante, um número relevante de alunos (6) indicou um padrão circular, em que o sangue não segue um caminho direto do coração até o pé, mas, ao invés disso, toma uma rota circular para outras partes do corpo. Este resultado assemelha-se aos resultados encontrados por Pelaez, Boyd, Rojas & Hoover (2005), no momento anterior a intervenção pedagógica desenvolvida por esses autores. Os resultados de López-Manjón & Angón (2009), provenientes da avaliação de grupos de alunos do ensino médio e superior, com metodologia similar à empregada no presente estudo, permitem inferir que o padrão circular foi descrito por um número substantivo de alunos universitários, assim como no presente estudo.

Em relação ao momento pós-ensino, verifica-se (ver Quadro 4.2) que há um aumento no número de alunos que considerou um padrão centralizado e, por outro lado, uma diminuição no número de alunos que indicou um padrão circular. Neste sentido, quatro alunos continuaram sustentando uma ideia alternativa sobre o parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*. Ao que tudo indica, esses alunos permanecem supondo que a distribuição de sangue ocorre através de um sistema tubular não ramificado que, portanto, passa sequencialmente por todas as regiões do corpo, sem vias colaterais ou paralelas. Destaca-se que a questão referente à forma como o sangue é distribuído no corpo humano foi trabalhada ao longo da intervenção pedagógica, através de discussões – como as empreendidas na atividade *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* (AtAp-HC4 – Anexo 6) – que tornaram patente que o sangue desloca-se para uma região do corpo por meio do sistema arterial e retorna dessa região diretamente para o coração, através do sistema de veias, ou seja, um padrão centralizado. Para ilustrar esse padrão centralizado – no sentido de apresentar contraexemplos ao padrão circular – foram citados, em momentos de discussão no grupo turma, os trajetos: (1) da artéria braquial e das veias braquiais; (2) da artéria femoral e da veia braquial; (3) da artéria renal e da veia renal. Então, provavelmente, esses alunos continuaram sustentando uma ideia alternativa sobre o parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos* porque tentaram dar sentido à ideia do fluxo sanguíneo em todo o corpo por meio de suas próprias representações, que incluíam um trajeto de padrão circular (López-Manjón & Angón, 2009). Segundo Campanario (2002), uma

possível explicação para a resistência das ideias alternativas prende-se ao fato de que os alunos, muitas vezes, não estão completamente conscientes de que suas ideias tem essa natureza.

Na continuidade, apresenta-se o processo de desenvolvimento das ideias de cada um dos 22 alunos, sobre o tópico *circulação do sangue*, baseado na comparação entre os momentos antes de ensino e pós-ensino. Nessa análise de desenvolvimento foram consideradas quatro possibilidades: (1) *progressão*, quando o aluno evoluiu da categoria ideia alternativa, ou da categoria ausência de considerações sobre determinado parâmetro, para a categoria ideia aceite; (2) *mesma posição*, quando o aluno permanece na mesma categoria; (3) *processo indefinido*, quando o aluno passa da categoria ausência de considerações sobre determinado parâmetro para a categoria ideia alternativa e vice versa; (4) *regressão*, quando o aluno passa de uma ideia aceite para uma ideia alternativa. O Quadro 4.3 apresenta esse processo de desenvolvimento das ideias dos alunos.

**Quadro 4.3: Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópico circulação do sangue, considerando-se os parâmetros circulação do sangue: a relação coração-pulmão e circulação do sangue: a relação entre os órgãos (n = 22)**

Alunos	Circulação do Sangue: a relação coração-pulmão			Circulação do Sangue: a relação entre os órgãos		
	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA
A1	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A2	IAI	IAI	<b>MP</b>	ACP	IAc	PRO
A3	IAc	IAc	MP	IAI	IAI	<b>MP</b>
A4	IAc	IAc	MP	IAc	IAc	MP
A5	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A6	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A7	ACP	IAc	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A8	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A9	ACP	IAI	PI	ACP	IAc	PRO
A10	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A11	IAI	IAc	PRO	IAc	IAc	MP
A12	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAI	REG
A13	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A14	IAI	IAc	PRO	IAc	IAc	MP
A15	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A16	IAI	IAc	PRO	IAc	IAc	MP
A17	IAI	IAI	<b>MP</b>	ACP	IAc	PRO
A18	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAI	IAI	<b>MP</b>
A19	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A20	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A21	IAc	IAc	MP	IAc	IAc	MP
A22	IAc	IAc	MP	IAI	IAI	<b>MP</b>

**Legenda** – IAc: ideia aceite; IAI: ideia alternativa; ACP: ausência de considerações sobre este parâmetro; DIA: desenvolvimento das ideias dos alunos; PRO: progressão; MP: mesma posição; REG: regressão; PI: processo indefinido.

**Nota:** A sigla MP (mesma posição) encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias aceites. Em contrapartida, a sigla MP encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias alternativas ou ausência de considerações sobre determinado parâmetro.

A análise do Quadro 4.3 revela que a maioria dos alunos manteve a mesma posição em relação ao desenvolvimento de ideias sobre o tópico *circulação do sangue*, ou seja, não progrediu, nem regrediu. Uma parcela desses resultados é explicada pelo fato de que muitos alunos, principalmente no que tange ao parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*, já manifestavam ideias aceitas no momento antes de ensino e, portanto, apenas mantiveram as mesmas ideias no momento pós-ensino. Por outro lado, um número substantivo de alunos, entre aqueles que mantiveram a mesma posição, permaneceu sustentando ideias alternativas no momento pós-ensino, nomeadamente em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*. Esses resultados prendem-se ao fato de que muitos alunos focalizaram suas respostas, no momento pós-ensino, em aspectos relacionados aos vasos sanguíneos e a estrutura do coração e, portanto, não contemplaram elementos que pudessem favorecer a (re)construção da relação coração-pulmão. Tal aspecto está patente na resposta de alguns alunos à questão “Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1?”:

“Colocaria uma seta de saída na parte onde ficaria a artéria aorta e levaria as setas até as extremidades, desenhando os vasos sanguíneos.” (aluna A1)

“Adicionaria as partes do coração e no caminho colocaria as veias e artérias.” (aluna A10)

“Eu representaria as setas referentes a aorta (tronco) e a veia cava, melhoraria as representações das artérias e veias, representaria também o arco da aorta, bem como os ventrículos e os átrios.” (aluno A17)

A quantidade de conceitos que os alunos precisam construir – coração como bomba dupla, morfologia interna do coração, circulação de sangue no interior do coração, função das artérias e veias –, e integrar, para que possam manifestar uma ideia cientificamente aceita sobre o parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, pode atuar como um fator limitador para o desenvolvimento das ideias dos alunos. Associado a este aspecto, a compreensão desse parâmetro perpassa pela adoção de modelos contraintuitivos, ou substancialmente novos, como a ideia de bomba dupla, elemento que pode atuar como fator de constrangimento ao desenvolvimento de ideias científicas sobre esse tópico (Arnaudin & Mintzes, 1985). O estudo realizado por Mikkilä-Erdmann, Södervik, Vilppu, Käpä & Olkinuora (2012), com o emprego de tarefa similar à utilizada no presente estudo, também identificou que alguns

alunos de um curso de medicina permaneceram, no momento pós-ensino, sem estabelecer a relação coração-pulmão. Para ilustrar a situação de ausência de progressão conceitual, quanto ao referido parâmetro, utilizou-se o caso da aluna 13, com relação às respostas dadas às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino.



Figura 4.5: Representação do sistema circulatório humano (aluna A13)

Desenhe na figura da página seguinte, usando setas ( $\rightarrow$   $\rightarrow$   $\rightarrow$ ), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé.

Resposta ao lado.

**Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou. (momento antes de ensino)**

O sangue sai dos pulmões de onde recebeu uma porção de oxigênio vai para o coração onde é bombeado para o corpo através das artérias e após percurso volta ao pulmão pelas artérias

**- Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1? (momento pós-ensino)**

A alteração que faria seria uma complementação do percurso, pois a circulação ocorre dos dois lados do corpo simultaneamente e não só de um lado como desenhado na questão.

**- Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. (momento pós-ensino)**

Que o sangue chega até o pulmão pela veia pulmonar. – Que a circulação é ocasionada através da contração e distensão do coração. – É impulsionado e graduado pela presença das válvulas. – Retorno ao pulmão pela veia.

Observando-se o Quadro 4.3 e as respostas da aluna A13, discriminadas acima, é possível perceber que a mesma apresenta, no momento antes de ensino, ideias alternativas em relação ao tópico *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, ao referir-se a um sistema fechado com caminho incorreto pelos pulmões. Este modelo desenhado pela aluna A13 é típico dos indivíduos que procuram resolver o problema da oxigenação do sangue e da liberação de dióxido de carbono, através da adição linear dos pulmões, em seus esquemas explicativos (López-Manjón, Angón & León-Sánchez, 2007). No momento pós-ensino, percebe-se que a aluna A13 não indica nenhuma alteração, em ambas as respostas, que configure uma progressão conceitual em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*.

O Quadro 4.3 também revela que as ideias de sete alunos progrediram em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*. A (re)construção de ideias cientificamente aceites sobre este parâmetro implica, também, na compreensão de que o

coração abriga sangue pobre e rico em oxigênio em seus lados direito e esquerdo, respectivamente, e que o sangue contido no lado direito direciona-se aos pulmões, enquanto o sangue contido no lado esquerdo dirige-se aos demais órgãos (López-Manjón, Angón & León-Sánchez, 2007). Quanto ao parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*, ocorreu a progressão de seis alunos, sendo que alguns destes também progrediram em relação ao outro parâmetro analisado. A (re)construção de ideias cientificamente aceites sobre o parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos* relaciona-se a capacidade de compreender que o sangue flui, paralela e simultaneamente, para diversas regiões do corpo humano. No intuito de ilustrar o processo de progressão, em relação aos dois parâmetros analisados, utilizou-se o caso do aluno A5, com relação às respostas dadas às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

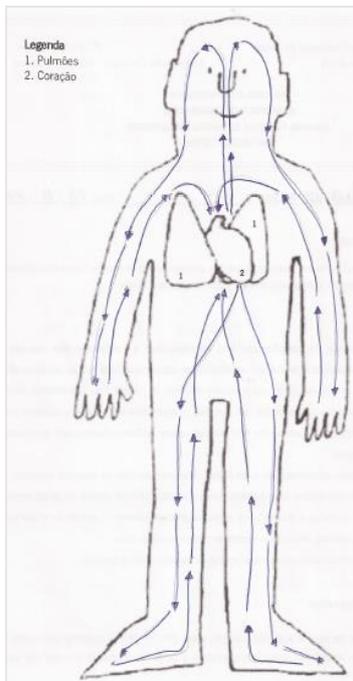


Figura 4.6: Representação do sistema circulatório humano (aluno A5)

Desenhe na figura da página seguinte, usando setas (→ → →), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé.

Resposta ao lado.

**Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou. (momento antes de ensino)**

O sangue é bombeado pelo coração e passa primeiramente pelo cérebro, de onde segue para os membros superiores, retornando ao coração. Passa pelos órgãos, irrigando-os, e segue o percurso até chegar aos membros inferiores. Após isso retorna ao coração. Repete a circulação.

**- Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1? (momento pós-ensino)**

Alteração 01: a divisão do coração com a gota de sangue passando pelas respectivas partes (átrios, ventrículos e valvas). Alteração 02: a passagem da gota pelo pulmão (p/oxigenação). Alteração 03: o sangue não sai da cabeça para os membros superiores.

**- Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. (momento pós-ensino)**

Alteração 01: apagaria o escrito; alteração 02: caminho do sangue a partir do coração: átrio direito – ventrículo direito – artéria pulmonar – pulmão – veia pulmonar – átrio esquerdo – ventrículo esquerdo – aorta. Circula no corpo pelas artérias – retorna pelas veias ao coração – reinicia o processo acima.

Com base no Quadro 4.3, e nas respostas do aluno A5, é possível perceber que o mesmo apresenta, no momento antes de ensino, ideias alternativas em relação ao tópico *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, ao referir-se a um sistema fechado de única volta ou

circulação sistêmica. Quanto ao tópico *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*, esse aluno caracterizou um padrão circular ao ilustrar e descrever a passagem do sangue pelo cérebro, antes de chegar aos membros superiores e, também, ao descrever que o sangue “passa pelos órgãos, irrigando-os, e segue o percurso até chegar aos membros inferiores” (Aluno A5). No momento pós-ensino, percebe-se que o aluno A5 indicou todas as alterações necessárias, em ambas as respostas, podendo considerar-se que ocorreu uma progressão conceitual em relação aos dois parâmetros analisados.

Retornando ao Quadro 4.3, é possível verificar que um dos alunos, a aluna A12, passou por um processo de regressão, quanto as suas ideias referentes ao tópico *circulação do sangue*. Tal processo será exposto abaixo através da apresentação das respostas dessa aluna às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:



Figura 4.7: Representação do sistema circulatório humano (aluna A12)

**Desenhe na figura da página seguinte, usando setas (→ → →), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé.**

Resposta ao lado.

**Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou. (momento antes de ensino)**

No fígado vai liberar o CO<sub>2</sub> e absorver o oxigênio, o sangue sai do coração passa para as artérias logo após pelas veias e retorna para o coração.

**- Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1? (momento pós-ensino)**

Faria uma volta no intestino, não desceria a seta reta. Podendo introduzir o rim, sendo que sua função é filtrar o sangue.

**- Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. (momento pós-ensino)**

Acrescentaria que após o sangue ser bombeado pelo coração sai pelas artérias, os capilares separam o sangue venoso e substâncias presentes este sangue passaria por vários órgãos do nosso corpo até chegar ao pé, voltando o sangue para o coração através da veia cava.

Com base no Quadro 4.3, e nas respostas da aluna A12, é possível perceber que a mesma caracteriza, no momento antes de ensino, ideias alternativas em relação ao tópico *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, ao referir-se a um sistema fechado de única volta ou circulação sistêmica, pois, embora seu traçado passe “suavemente” pelo pulmão direito, a mesma não faz qualquer tipo de referência textual a este órgão. Quanto ao tópico

*circulação do sangue: a relação entre os órgãos*, essa aluna caracteriza um padrão circular ao considerar, através de desenho e texto, um trajeto direto do sangue, do coração até o pé, com retorno de sangue ao coração, sem passagem por outros órgãos. No momento pós-ensino, percebe-se, através das duas respostas da aluna A12, que a mesma indica que o trajeto do sangue deveria incluir a passagem por outros órgãos (intestino e rins), antes de atingir os pés, perspectiva que aponta para a ideia alternativa de um padrão circular. Portanto, ratifica-se que a aluna, após a estratégia de intervenção pedagógica, passou por um processo de regressão de suas ideias sobre o tópico *circulação do sangue*. Uma provável explicação para essa ocorrência atrela-se à possibilidade de a aluna tentar sustentar sua ideia de sistema fechado, por onde o sangue circula e, ao mesmo tempo, sentir a necessidade de acrescentar outros órgãos (rins, por exemplo) nesse sistema circular. Em outras palavras, a aluna foi “enriquecendo” seu repertório conceitual, referente à circulação, através do acréscimo de estruturas em “série”, e não em “paralelo”.

Por fim, o Quadro 4.3 mostra que a aluna A9 passou por um processo indefinido, considerando-se o parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, pois no momento antes de ensino não respondeu a questão – sendo sua resposta integrada na categoria ausência de considerações sobre este parâmetro – e no momento pós-ensino, indicou as seguintes respostas, integradas à categoria de ideia alternativa:

**- Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1? (momento pós-ensino)**

Deveria pelo menos ter indicado o caminho percorrido pelo sangue no corpo a partir do momento em que sai do coração passa pela artéria segue até o pé. O retorno ocorre pelas veias por isso chama-se retorno venoso.

**- Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. (momento pós-ensino)**

Acrescentaria as setas indicando o caminho percorrido pelo sangue através das mesmas.

A resposta da aluna A9, à primeira questão, foi integrada na categoria de ideia alternativa intitulada “modelo de única volta ou circulação sistêmica”, pois não contempla a relação coração-pulmão. Como não se reconhece as ideias iniciais da aluna A9, julgou-se que a mesma passou por um processo indefinido, no qual, a única certeza, é de que não houve progressão, pois essa aluna acrescentou uma ideia alternativa em sua rede de esquemas de conhecimento, isto é, a representação que ela possui da realidade (Mauri, 1998).

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados referentes às ideias dos

alunos sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*. Os dados referentes às ideias dos alunos sobre este tópico, no momento antes de ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos à seguinte questão da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1): - Desenhe na figura da página seguinte, usando setas (→ → →), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé. Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou. Portanto, percebe-se que esta questão serviu para a análise de dois tópicos referentes à morfofunção do sistema circulatório humano: *circulação do sangue* e *função dos vasos sanguíneos*.

Os dados referentes às ideias dos alunos sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*, no momento pós-ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos às seguintes questões, presentes na atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12): - Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1?; - Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. Nessa perspectiva, as ideias dos alunos no momento pós-ensino referem-se à avaliação que os mesmos fizeram de suas ideias no momento antes de ensino e, portanto, prendem-se à capacidade dos mesmos de identificar características, dos desenhos e dos textos, que deveriam ser alteradas para tornar as suas ideias cientificamente aceites.

O Quadro 4.4 mostra as ideias globais dos alunos sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos* e a sua predominância, no momento antes de ensino.

A análise do Quadro 4.4 revela que a maioria dos alunos não efetua considerações sobre a função dos vasos sanguíneos, no momento antes de ensino, enquanto apenas um aluno adota todas as ideias cientificamente aceites sobre esse tópico da morfofunção do sistema circulatório humano. A presença desse expressivo número de “ausência de considerações sobre este tópico”, ou seja, de alunos que responderam à questão, mas que não fizeram considerações sobre a função dos vasos sanguíneos, pode estar associada a vários fatores, entre eles: (a) os alunos julgaram que suas respostas textuais já estariam completas sem a inclusão dos vasos sanguíneos e, portanto, não incluíram os mesmos, ou seja, uma ação planejada; (b) os alunos focalizaram suas respostas nos órgãos por onde o sangue passa e não contemplaram as vias que permitem chegar a estes órgãos, isto é, uma ação não planejada; (c) os alunos sabiam da

existência das artérias e veias, mas não reconheciam a função de cada um destes vasos sanguíneos, e, portanto, preferiram não fazer menção aos mesmos em suas respostas textuais, no intuito de evitar possíveis equívocos conceituais, como a inversão das funções atribuídas a cada tipo de vaso sanguíneo

**Quadro 4.4: Ideias globais dos alunos sobre o tópico função dos vasos sanguíneos, no momento antes do ensino**

Ideias no momento antes de ensino	Alunos (n = 22)
	f
<b>Ideias aceites</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Função das Artérias <ul style="list-style-type: none"> <li>– Artérias levam o sangue do coração para todas as partes do corpo</li> </ul> </li> <li>▪ Função das Veias <ul style="list-style-type: none"> <li>– Veias levam o sangue de todas as partes do corpo para o coração</li> </ul> </li> </ul>	1
<b>Ideias alternativas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Função das Artérias <ul style="list-style-type: none"> <li>– Atribuição inversa das funções às ‘artérias’ e ‘veias’, ou seja, atribuição às veias a função das artérias e vice versa</li> <li>– Levam o sangue para as veias antes de atingirem os capilares</li> <li>– A ‘artéria’ designa todos os tipos de vasos sanguíneos</li> </ul> </li> <li>▪ Função das Veias <ul style="list-style-type: none"> <li>– Atribuição inversa das funções às ‘artérias’ e ‘veias’, ou seja, atribuição às veias a função das artérias e vice versa</li> <li>– Levam o sangue de todas as partes do corpo para os pulmões</li> <li>– A ‘veia’ designa todos os tipos de vasos sanguíneos</li> </ul> </li> </ul>	6
<b>Ausência de considerações sobre este tópico</b>	13
<b>Ausência de resposta</b>	2

Na sequência, são apresentadas algumas respostas textuais dos alunos, referentes ao momento antes de ensino, que exemplificam três possibilidades: (1) ideias aceites, (2) ideias alternativas e (3) “ausência de considerações sobre este tópico”.

“No fígado vai liberar o CO<sub>2</sub> e absorver o oxigênio, o sangue sai do coração passa para as artérias logo após pelas veias e retorna para o coração” (aluna A12).

“O sangue sai do coração e vai para todos os órgãos do corpo é filtrado no néfron onde são retiradas as impurezas e é eliminado na forma de urina, o sangue percorre todo o corpo por meio das veias” (aluna A1).

“Sai do coração (rico em CO<sub>2</sub>) vai para o pulmão, troca gasosa, retorna ao coração (rico em O<sub>2</sub>) onde é bombeado para todo o corpo, retornando ao coração (rico em CO<sub>2</sub>) e recomeçando o ciclo” (aluno

A4).

A resposta da aluna A12 representa ideias aceites sobre a função dos vasos sanguíneos, em relação aos dois parâmetros sob análise: função das artérias e função das veias. De outro modo, a resposta da aluna A1 representa ideias alternativas em relação ao parâmetro *função das veias*. Finalmente, o aluno A4 faz considerações cientificamente aceites sobre o *tópico circulação do sangue*, mas não redige considerações sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*.

Passa-se, agora, à apresentação das ideias dos alunos sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com os dois parâmetros adotados: (a) *função das artérias*; (b) *função das veias*. O Quadro 4.5 dispõe as referidas ideias.

**Quadro 4.5: Ideias dos alunos sobre o tópico função dos vasos sanguíneos, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados (n = 22)**

Parâmetros	Ideias	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino
		f	f
Função das Artérias	Levam o sangue do coração para todas as partes do corpo	1	20
	Atribuição inversa das funções às 'artérias' e 'veias', ou seja, atribuição às veias a função das artérias e vice versa	1	0
	Levam o sangue para as veias antes de atingirem os capilares	1	0
	A 'artéria' designa todos os tipos de vasos sanguíneos	1	0
	Ausência de considerações sobre este parâmetro	18	2
Função das Veias	Levam o sangue de todas as partes do corpo para o coração	1	17
	Atribuição inversa das funções às 'artérias' e 'veias', ou seja, atribuição às veias a função das artérias e vice versa	1	0
	Levam o sangue de todas as partes do corpo para os pulmões	1	1
	A 'veia' designa todos os tipos de vasos sanguíneos.	3	0
	Ausência de considerações sobre este parâmetro	16	4

A análise do Quadro 4.5, no que tange ao parâmetro *função das artérias*, evidencia que a maioria dos alunos não fez considerações sobre esse parâmetro, no momento antes de ensino, aspecto discutido anteriormente. Entre aqueles que explicitaram considerações sobre esse parâmetro, a maioria indicou ideias alternativas. A atribuição inversa das funções às 'artérias' e 'veias', ou seja, atribuição às veias a função das artérias e vice versa, foi uma ideia alternativa também encontrada por Pelaez, Boyd, Rojas & Hoover (2005), no momento antes de ensino. Por outro lado, a ideia alternativa de que as artérias levam o sangue para as veias antes de atingirem

os capilares sanguíneos, isto é, a alteração da sequência artérias-capilares-veias, pode estar associada à ausência de compreensão sobre o nível vascular microscópico, principalmente no que se refere ao papel dos capilares na oferta de alguns elementos (oxigênio e nutrientes) aos tecidos, elementos estes conduzidos do sistema arterial aos capilares. O uso do termo ‘artéria’ para todos os tipos de vasos sanguíneos pode estar associado a ausência de conhecimento relativo a outros tipos de vasos sanguíneos, suposição baseada na análise da resposta da aluna 13:

“O sangue sai dos pulmões de onde recebeu uma porção de oxigênio vai para o coração onde é bombeado para o corpo através das artérias e após percurso volta ao pulmão pelas artérias.”  
(sublinhado nosso)

Em relação ao momento pós-ensino, tendo-se em conta o parâmetro *função das artérias*, verifica-se (ver Quadro 4.5) que a maioria dos alunos considera que as artérias levam o sangue do coração para todas as partes do corpo, ideia cientificamente aceita. As seguintes considerações pretendem elucidar como os trabalhos desenvolvidos na intervenção pedagógica contribuíram para esse resultado. Na atividade *Interpretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2), a título de exemplo, foram trabalhadas questões relacionadas à substância contida no interior das artérias e à morfologia desse tipo de vaso sanguíneo, aspectos importantes para a compreensão da função dos mesmos. As ideias de dois cientistas gregos, Erasítrato (310-250 a.C.) e Galeno (129-199), foram utilizadas para efetuar o referido trabalho, baseado em fragmentos da História da Ciência, como os que se seguem:

“Seguindo fielmente os seus professores, ele [Erasítrato] se agarrou à tese defendida por Estraton e Praxágoras de que as artérias em condições normais continham apenas ar, ou melhor, não precisamente ar, mas o ar de alguma forma misteriosamente refinado e transformado em espírito – um espírito vital que dá vida, que era essencial para a existência da criatura.” (AtAp-HC1, sublinhado nosso)

“Galeno observou que as artérias têm paredes muito mais espessas que as veias. Demonstrou que Erasítrato enganou-se ao pensar que as artérias continham ar, (...). Ele prova isso com um experimento simples e eficaz. Determinado trecho de uma artéria é exposto, atado em dois pontos. É feita uma incisão entre as ligaduras; sangue, e não ar, flui do local.” (AtAp-HC1, sublinhado nosso)

Os excertos dessa atividade evidenciam o pensamento de dois cientistas sobre a substância contida no interior das artérias: enquanto Erasístrato defendia a presença de um espírito vital, Galeno sustentou que as artérias continham sangue. Além disso, um dos excertos descreve as considerações de Galeno sobre a morfologia da parede desses vasos sanguíneos (sublinhado). No seguinte trecho, da 3ª Entrevista Grupo Focal, os alunos A17 e A8 fazem considerações que corroboram com os aspectos considerados acima, no que tange aos possíveis contributos da referida atividade para a aprendizagem relacionada à morfologia desses vasos sanguíneos e às substâncias contidas no interior dos mesmos:

#### Trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal

1. **Professor:** A utilização da história do sistema circulatório facilitou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?  
(...)
2. **Aluno A17:** como ela falou dos vasos, a questão da diferenciação das veias e das artérias, do diâmetro de cada uma, da espessura, de todo mecanismo, as válvulas, enfim, claro que nos faz entender, muito bem e foi muito interessante.
3. **Professor:** Ok.
4. **Aluno A8:** (...) outro texto então vai dizer que nas artérias corria ar, espírito. Na veia, sangue. E, após isso, a gente chegou ao ponto de, realmente, aprender o que é que tem na artéria, o que é que tem na veia.

Em outra atividade de aprendizagem que corporificou a intervenção pedagógica – *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey (AtAp-HC4 – Anexo 6)* – trabalhou-se a função das artérias, bem como a das veias. Através da replicação de um experimento de Harvey, focalizado na realização de um garrote na região distal do braço, os alunos puderam refletir sobre a função das artérias, no transporte de sangue do coração para as outras partes do corpo, e das veias, no transporte de sangue de todas as partes do corpo para o coração. Além disso, a replicação desse experimento proporcionou discussões referentes à localização das veias, situadas nos planos superficial e profundo do corpo, e das artérias, situadas no plano profundo. Um trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal respalda essa perspectiva:

#### Trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal

1. **Professor:** (...) o que eu estou, com essa pergunta, querendo investigar, é até que ponto a própria intervenção, em si, com os textos, com os materiais, se ela conseguiu facilitar alguma dessas interpretações sobre o aspecto funcional e anatômico...
2. **Aluno A15:** Com certeza.
3. **Professor:** ...morfofuncional.
4. **Aluno A15:** Com certeza.
5. **Professor:** Agora, se ela, em si.
6. **Aluno A15:** Com certeza. Até o processo mesmo de, por exemplo, o sangue sai do coração e vai pelas artérias, o mais dentro, mais internas, e aí volta, através das veias...

**7. Professor:** Sim.

**8. Aluno A15:** ...mas, uma coisa mais superficial. Nada disso aí eu tinha uma noção, assim, eu sabia que era conduzido, mas não sabia o caminho, e os textos me levaram a ter uma condição de aprender como é que ocorre o transporte dentro do nosso corpo.

No trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A15 tornou patente, no sexto e oitavo turnos do diálogo, o papel da intervenção pedagógica na construção de conhecimentos sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*. Este aluno destacou as diferenças entre as localizações (superficial ou profunda) de artérias e veias e, também, referiu-se à direção do fluxo de sangue nesses vasos sanguíneos – aspecto funcional.

A análise do Quadro 4.5, com respeito ao parâmetro *função das veias*, evidencia que, no momento antes de ensino, a maioria dos alunos não efetuou considerações sobre esse parâmetro, resultado explicado anteriormente no segmento do texto referente à análise do Quadro 4.4. Entre aqueles que explicitaram considerações sobre esse parâmetro, a maioria indicou ideias alternativas. A ideia alternativa “atribuição inversa das funções às ‘artérias’ e ‘veias’, ou seja, atribuição às veias a função das artérias e vice versa”, identificada na análise do parâmetro *função das artérias*, obviamente, replica-se na análise do parâmetro *função das veias*. Por outro lado, a ideia alternativa de que as veias levam o sangue de todas as partes do corpo para os pulmões prende-se à ideia alternativa de um sistema circulatório fechado, com caminho incorreto pelos pulmões, discutida anteriormente, nesta seção. O uso do termo ‘veia’ para todos os tipos de vasos sanguíneos foi uma ideia alternativa também encontrada no estudo realizado por Pelaez, Boyd, Rojas & Hoover (2005).

O emprego do termo veia, em referência a qualquer tipo de vaso sanguíneo, parece fazer parte do uso popular, como apresentado por diversos autores (Santos, Frota, Cruz & Holanda, 2005; Berardinelli, Guedes & Acioli, 2013), em falas de pacientes com hipertensão arterial, a exemplo dos excertos abaixo:

*“[...] sei mais ou menos. É uma veia entupida”* (Santos, Frota, Cruz & Holanda, 2005, p. 335, itálico dos autores).

*“Fui pra casa tomando vários remédios, na primeira semana fiz tudo direitinho, parei de fumar, controlei a alimentação, mas o tempo foi passando e voltei aos mesmos hábitos antigos, voltei a fumar. Ai estou eu aqui de novo, com outra veia entupida”*. (Berardinelli, Guedes & Acioli, 2013, p. 578, itálico dos autores).

O uso do termo “veia entupida” em referência a um problema das artérias (hipertensão arterial) fornece subsídios a essa perspectiva de uso popular do termo veia para todos os vasos sanguíneos.

Em relação ao momento pós-ensino, tendo-se em conta o parâmetro *função das veias*, verifica-se (ver quadro 4.5) que a maioria dos alunos considera que as veias levam o sangue de todas as partes do corpo para o coração, ideia cientificamente aceita. As seguintes considerações pretendem elucidar como os trabalhos desenvolvidos no decorrer da intervenção pedagógica podem ter contribuído para que os alunos (re)construíssem suas ideias sobre o parâmetro *função das veias*.

Na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2), por exemplo, foram feitas considerações sobre as válvulas das veias, por meio do trabalho do anatomista Fabricius (1533-1619). Considera-se que o reconhecimento dessas estruturas anatômicas, que compõem a morfologia interna das veias, foi fundamental para que os alunos compreendessem a função das veias, aspecto trabalhado em outra atividade de aprendizagem – *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* (AtAp-HC4 – Anexo 6). Deve-se destacar que a compreensão das etapas do experimento de Harvey, crucial para o entendimento da função das veias e artérias, depende do reconhecimento da função das válvulas venosas. Nesse sentido, a atividade *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* (AtAp-HC4 – Anexo 6) foi iniciada com as questões destacadas abaixo, que, entre outros aspectos, despoletaram discussões sobre a estrutura e a função das válvulas venosas:

1. Façam um garrote na extremidade distal do braço do seu colega como a figura abaixo, devendo manter o braço ao nível do coração. Desenhem as estruturas anatômicas que observam.



- 3.1. Descrevam as estruturas anatômicas que observam no antebraço e tentem legendá-las.
2. Relatem e comparem a sua observação com as observações dos outros grupos. Registrem o que concluem.

É importante referir que na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2) os alunos tiveram acesso à uma imagem (representada abaixo) do livro “Sobre as Válvulas das Veias”, de Fabricius, elemento que pode ter contribuído para a resolução das questões mencionadas logo

acima:



Válvulas das veias representadas pela letra O. Ilustração de Hieronymus Fabricius de Acquapendente.

Na continuidade, apresenta-se o processo de desenvolvimento das ideias de cada um dos 22 alunos, sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*, recorrendo-se ao Quadro 4.6.

Quadro 4.6: Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*, considerando-se os parâmetros *função das artérias* e *função das veias* (n = 22)

Alunos	Função das Artérias			Função das Veias		
	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA
A1	ACP	IAc	PRO	IAI	ACP	PI
A2	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A3	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>
A4	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A5	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A6	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A7	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A8	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A9	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A10	ACP	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A11	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>
A12	IAc	IAc	MP	IAc	IAc	MP
A13	IAI	IAc	PRO	ACP	IAI	PI
A14	ACP	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A15	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A16	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A17	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A18	ACP	IAc	PRO	ACP	IAI	PI
A19	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A20	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A21	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A22	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO

**Legenda** – IAc: ideia aceite; IAI: ideia alternativa; ACP: ausência de considerações sobre este parâmetro; DIA: desenvolvimento das ideias dos alunos; PRO: progressão; MP: mesma posição; PI: processo indefinido.

**Nota:** A sigla MP (mesma posição) encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias aceites. Em contrapartida, a sigla MP encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias alternativas ou ausência de considerações sobre determinado parâmetro.

A análise do Quadro 4.6 revela que a maioria dos alunos passou por um processo de progressão em relação ao desenvolvimento de ideias sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*, processo que indica os possíveis contributos da estratégia de intervenção

pedagógica para a aprendizagem desse tópico. Para ilustrar o processo de progressão utilizou-se o caso do aluno A19, composto pelas respostas desse aluno às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

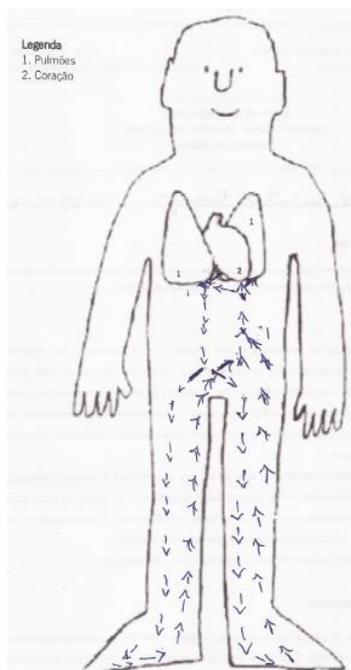


Figura 4.8: Representação do sistema circulatório humano (aluno A19)

Desenhe na figura da página seguinte, usando setas ( $\rightarrow$   $\rightarrow\rightarrow$ ), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé.

Resposta ao lado.

**Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou. (momento antes de ensino)**

O sangue sai do coração rico em oxigênio e segue até as extremidades dos pés e retorna como sangue venoso rico em  $\text{CO}_2$  e chega nos pulmões para fazer a troca de  $\text{CO}_2$  por  $\text{O}_2$ .

**- Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1? (momento pós-ensino)**

Com o entendimento atual sobre circulação, o sentido do sangue seria saindo da posição ou localização que hoje identifico como artéria seguindo a região pélvica aonde irá se bifurcar para ser distribuído até os pés, e retornar pelas veias até chegar ao coração pela veia cava, e seguir do coração para os pulmões.

**- Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. (momento pós-ensino)**

O sangue sai do coração através da artéria descendente rico em oxigênio o qual é utilizado pelas células e retorna carregado de  $\text{CO}_2$  através das veias como sangue venoso retornando ao coração é impulsionado para os pulmões.

Com base no Quadro 4.6 e nas respostas do aluno A19, discriminadas acima, é possível constatar que o mesmo não efetua considerações sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*, no momento antes de ensino. Entretanto, no momento pós-ensino, verifica-se que o mesmo tece considerações sobre esse tópico, recorrendo a ideias cientificamente aceitas sobre os dois parâmetros, *função das artérias* e *função das veias*. Verifica-se, através da análise do Quadro 4.6, que, assim como o aluno A19, muitos alunos não fizeram considerações sobre esse tópico no momento antes de ensino, e passaram a indicar ideias aceitas sobre o mesmo, no momento pós-ensino. Além dos possíveis contributos das atividades de aprendizagem para a referida progressão das ideias dos alunos, considera-se que tal progressão pode estar atrelada ao fato de a maioria dos alunos considerar um sistema circulatório fechado (ver Quadro 4.2), no momento antes de ensino. Em outras palavras, a ideia de sistema fechado pode ter atuado como um fator facilitador para a compreensão das funções das artérias e veias, pois tais funções estão

diretamente associadas à ideia elementar de que o sangue sai do coração e retorna a este órgão.

O Quadro 4.6 também mostra que três alunos mantiveram a mesma posição em relação ao desenvolvimento de ideias sobre o tópico *função dos vasos sanguíneos*, ou seja, não progrediram, nem regrediram. Um desses alunos, a aluna A12, já manifestava ideias aceitas no momento antes de ensino e, apenas, as manteve. Em contrapartida, os outros dois alunos (A3 e A11) não manifestaram considerações sobre os parâmetros em análise, em ambos os momentos, antes de ensino e pós-ensino. Tais resultados podem ser explicados por meio de dois argumentos, já considerados no início da discussão referente ao tópico em análise: (a) os alunos julgaram que suas respostas textuais já estariam completas sem a inclusão dos vasos sanguíneos e, portanto, não incluíram os mesmos, ou seja, uma ação planejada; (b) os alunos focalizaram suas respostas nos órgãos por onde o sangue passa e não contemplaram as vias que permitem chegar a estes órgãos, isto é, uma ação não planejada. Para ilustrar esta situação, de ausência de progressão conceitual, utilizou-se o caso do aluno A11, composto pelas respostas desse aluno às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:.



Figura 4.9: Representação do sistema circulatório humano (aluno A11)

Desenhe na figura da página seguinte, usando setas (→ → → →), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé.

Resposta ao lado.

**Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou. (momento antes de ensino)**

O sangue sai do pulmão oxigenado e vai para o coração. De lá, ele é bombeado para todo o corpo, necessitando constantemente ser oxigenado.

**- Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1? (momento pós-ensino)**

Primeiro eu dividiria o coração em 4 partes depois colocaria uma seta do coração para o pulmão. Outra seta do pulmão para o coração e do coração uma seta para o pé.

**- Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. (momento pós-ensino)**

Eu colocaria que primeiro o sangue sai do lado direito do coração e vai para os pulmões ser oxigenado, só então que ele retorna para o coração (lado esquerdo) para então ser bombeado até o pé.

Observando-se o Quadro 4.6, e as respostas do aluno A11, é possível constatar que o mesmo não faz considerações referentes ao tópico *função dos vasos sanguíneos*, nos momentos

antes de ensino e pós-ensino, portanto, este aluno manteve a mesma posição, em relação ao desenvolvimento de ideias. Dessa forma, os alunos A3 e A11 (ver Quadro 4.6) divergem da opção adotada pela maioria dos seus pares e dos aspectos esperados pelo professor-investigador, ao considerar o resultado de outras investigações (Pelaez, Boyd, Rojas & Hoover, 2005; López-Manjón, Angón & León-Sánchez, 2007; López-Manjón & Angón, 2009), realizadas com questões similares às aplicadas no presente estudo.

Finalmente, o Quadro 4.6 mostra que três alunos passaram por um processo indefinido, considerando-se o parâmetro *função das veias*, a exemplo da aluna A1, caso ilustrado abaixo:

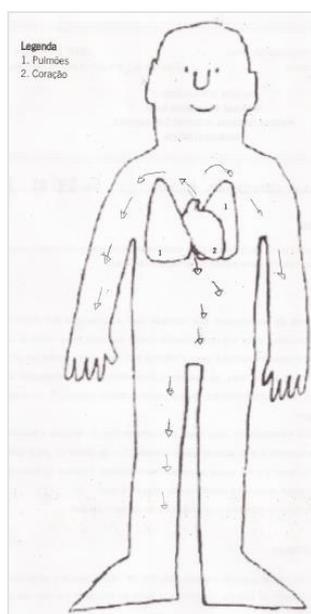


Figura 4.10: Representação do sistema circulatório humano (aluna A1)

Desenhe na figura da página seguinte, usando setas (→ → →), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé.

Resposta ao lado.

**Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou. (momento antes de ensino)**

O sangue sai do coração e vai para todos os órgãos do corpo é filtrado no néfron onde são retiradas as impurezas, eliminadas na forma de urina; o sangue percorre todo o corpo por meio das veias.

**- Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1? (momento pós-ensino)**

Colocaria uma seta de saída na parte onde ficaria a artéria aorta e levaria as setas até a extremidades, desenhando os vasos sanguíneos.

**- Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu. (momento pós-ensino)**

Mudaria toda a resposta, colocaria que o sangue sai do coração pela artéria aorta, ocorre uma ramificação dos vasos em artérias, arteríolas e capilares.

A aluna A1 manifestou uma ideia alternativa no momento antes de ensino e não teceu considerações sobre o parâmetro em questão, no momento pós-ensino, aspectos que podem ser verificados através da figura 4.10 e dos textos, correspondentes às respostas da aluna A1, que a acompanham. Essa aluna afirma, no momento pós-ensino, que “mudaria toda a resposta”, entretanto, não faz considerações sobre o parâmetro *função das veias*. Desta forma, sua resposta foi integrada a categoria ausência de considerações sobre este parâmetro. Com base nesses aspectos, considera-se que aluna A1 passou por um processo indefinido, pois não se sabe quais são as suas ideias em relação ao referido parâmetro, ao final da intervenção pedagógica.

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados referentes às ideias dos alunos sobre o tópico *morfologia interna do coração*. Os dados referentes às ideias dos alunos sobre esse tópico, no momento antes de ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos à seguinte questão da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1): - Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano. a) Tente legendá-lo.

Por outro lado, os dados referentes às ideias dos alunos sobre o tópico *morfologia interna do coração*, no momento pós-ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos às seguintes questões, presentes na atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12): - Quais aspectos da anatomia interna do coração não estavam presentes no seu desenho inicial do coração? Nessa perspectiva, as ideias dos alunos no momento pós-ensino referem-se à avaliação que os mesmos fizeram de suas ideias no momento antes de ensino, e, portanto, prendem-se à capacidade dos mesmos de identificar características dos desenhos, que deveriam ser alteradas, para tornar as suas ideias cientificamente aceites.

O Quadro 4.7 mostra as ideias globais dos alunos sobre o tópico *morfologia interna do coração* e a sua predominância, no momento antes de ensino.

A análise do Quadro 4.7 revela que a maioria dos alunos perfilhou somente ideias alternativas sobre o tópico *morfologia interna do coração*, no momento antes de ensino, enquanto que nenhum dos alunos adotou todas as ideias cientificamente aceites sobre o referido tópico. O estudo conduzido por Bahar, Ozel, Prokop & Usak (2006) também identificou que a maioria dos universitários participantes – futuros professores de ciências – apresentava ideias alternativas sobre a morfologia interna do coração. Segundo esses autores, a presença desses resultados pode estar associada às estratégias adotadas pelos professores que trabalharam esse tópico, em outros níveis de escolaridade. Em termos específicos, as ideias alternativas sobre a morfologia interna do coração podem ser resistentes à mudança quando estratégias de ensino e aprendizagem convencionais, centradas no professor, são implementadas (Bahar, Ozel, Prokop & Usak, 2006).

Quadro 4.7: Ideias globais dos alunos sobre o tópic morfologia interna do coração, no momento antes do ensino

Ideias no momento antes de ensino	Alunos (n = 22)
	f
<b>Ideias aceites</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 4 cavidades cardíacas</li> <li>▪ Presença de válvulas atrioventriculares<sup>78</sup></li> <li>▪ Presença de septo cardíaco</li> </ul>	0
<b>Ideias aceites + Ideias alternativas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 4 cavidades cardíacas + ausência de válvulas atrioventriculares e ausência do septo cardíaco</li> <li>▪ 4 cavidades cardíacas e presença do septo cardíaco + ausência de válvulas atrioventriculares</li> <li>▪ Presença do septo cardíaco + número de cavidades diferente do real e ausência de válvulas atrioventriculares</li> <li>▪ 4 cavidades cardíacas e presença de válvulas atrioventriculares + ausência do septo cardíaco</li> </ul>	9
<b>Ideias alternativas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Número de cavidades diferente do real</li> <li>▪ Ausência de válvulas atrioventriculares</li> <li>▪ Ausência do septo cardíaco</li> </ul>	10
<b>Ausência de resposta</b>	3

São apresentadas nas figuras 4.11 e 4.12 exemplos ilustrativos dos desenhos dos alunos, sobre a morfologia interna do coração, no momento antes de ensino.

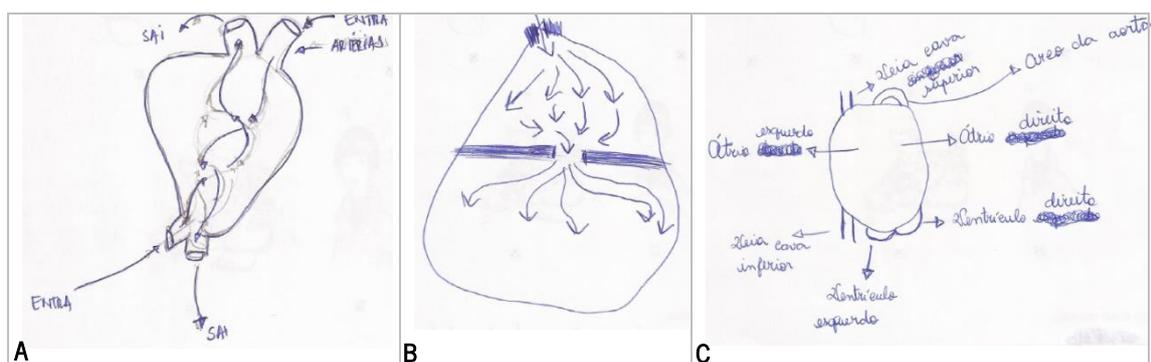


Figura 4.11: Representações da morfologia interna do coração. (A) aluno A5. (B) aluno A11. (C) aluna A7.

Na figura 4.11, constam exemplos de ideias que ilustram a morfologia interna do coração com uma (4.11-A), duas (4.11-B) e três (4.11-C) cavidades, ideias alternativas, de acordo com o parâmetro *número de cavidades cardíacas*.

<sup>78</sup> Em Portugal, as válvulas atrioventriculares (bicúspide e tricúspide) são chamadas de auriculoventriculares.



Figura 4.12: Representações da morfologia interna do coração. (A) aluna A2. (B) aluno A4.

Na figura 4.12, constam exemplos de desenhos que ilustram a morfologia interna do coração com quatro cavidades, ideia cientificamente aceita. Por outro lado, esses dois corações, representados nas figuras 4.12-A e 4.12-B, não possuem válvulas atrioventriculares. Ademais, o coração representado na figura 4.12-A não apresenta septo cardíaco, bem delimitado, enquanto que o coração representado na figura 4.12-B possui essa estrutura. Nesse sentido, é possível perceber que esses dois corações conjugam ideias consideradas cientificamente aceitas e outras que se afastam do conhecimento cientificamente aceite sobre o tópico *morfologia interna do coração*. Por fim, é possível identificar setas que representam a *circulação do sangue no interior do coração*, tópico da morfofunção do sistema circulatório humano que será explorado mais à frente.

Passa-se, agora, à apresentação das ideias dos alunos sobre o tópico *morfologia interna do coração*, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com os três parâmetros adotados: (a) *número de cavidades cardíacas*; (b) *válvulas atrioventriculares*; (c) *septo cardíaco*. O Quadro 4.8 dispõe as referidas ideias.

Inicia-se a análise do Quadro 4.8 destacando que três alunos não elaboraram desenhos sobre a morfologia interna do coração (ausência de resposta), no momento antes de ensino, e, portanto, não manifestaram qualquer ideia sobre este tópico da morfofunção do sistema circulatório humano. No que tange ao parâmetro *número de cavidades cardíacas*, o Quadro 4.8 evidencia que a maioria dos alunos representa um coração com um número de cavidades diferente do real, no momento antes de ensino. Entre os alunos que caracterizam o coração dessa forma figuram-se, em maior quantidade, aqueles que representaram o coração com apenas uma cavidade. A presença desse tipo de representação pode estar associada ao desejo de não deixar a questão sem resposta, aspecto garantido através de uma representação simplificada do coração. As representações do coração com duas cavidades (típico de peixes) e

três cavidades (típico de anfíbios) podem ser fruto de confundimentos em relação aos corações de outros vertebrados.

**Quadro 4.8: Ideias dos alunos sobre o tópico morfologia interna do coração, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados (n = 22)**

Parâmetros	Ideias	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino
		f	f
Número de cavidades cardíacas	4 cavidades	8	22
	1 cavidade	7	0
	2 cavidades	3	0
	3 cavidades	1	0
	Ausência de resposta	3	0
Válvulas atrioventriculares	Presença de válvulas atrioventriculares	1	12
	Ausência de válvulas atrioventriculares	18	10
	Ausência de resposta	3	0
Septo cardíaco	Presença de septo cardíaco	6	16
	Ausência de septo cardíaco	13	6
	Ausência de resposta	3	0

Os dados mencionados acima possuem semelhanças e diferenças em relação aos resultados encontrados por Arnaudin & Mintzes (1985), em grupos de alunos universitários. Nesses grupos, os referidos autores identificaram que a maioria dos alunos representou corações com quatro cavidades, enquanto na presente investigação a maioria dos alunos desenhou esse órgão com um número de cavidades diferente do real, no momento antes de ensino. Por outro lado, esses autores destacaram o fato de encontrarem representações de corações com uma única cavidade, feitas por alunos universitários, aspecto que, assim como no presente estudo, os surpreendeu. Tal surpresa prende-se ao fato de que os alunos já efetuaram, provavelmente, trabalhos relacionados à morfologia interna do coração de ser humano, e de outros vertebrados, em outros níveis de escolaridade. Tendo-se em conta que tais trabalhos envolveram corações com duas, três ou quatro cavidades, julgou-se que a representação de um coração com uma única cavidade, no nível universitário, foge as expectativas. Considera-se que representações de corações com uma única cavidade podem atuar como fator limitador para a compreensão do coração como uma bomba dupla que impulsiona o sangue, simultaneamente, para dois destinos, pulmões e outros órgãos.

Em relação ao momento pós-ensino, tendo-se em conta o parâmetro *número de cavidades cardíacas*, percebe-se (ver Quadro 4.8) que a maioria dos alunos indica a presença de

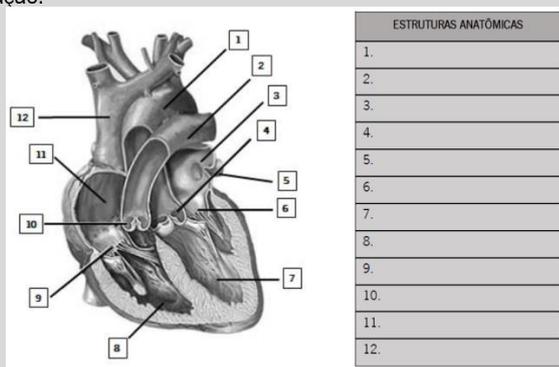
quatro cavidades compondo a morfologia interna do coração. Avalia-se que as ações desenvolvidas no decurso da intervenção pedagógica podem ter contribuído para a (re)construção das ideias dos alunos sobre o parâmetro em análise. Por exemplo, na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da história da ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3) utilizou-se um fragmento de texto – referente ao cientista grego Erasístrato – que focaliza-se em dois aspectos da morfologia interna do coração, cavidades cardíacas e válvulas cardíacas:

“Em torno da abertura pela qual a veia cava e a aurícula direita se comunicam com o ventrículo direito, ele [Erasístrato] encontrou três pregas membranosas (valva tricúspide), dispostas de tal maneira a permitir que qualquer fluido vindo a partir das veias passe para o interior do ventrículo, mas não retorne. A abertura da veia arteriosa (artéria pulmonar) no ventrículo direito é bastante diferente da valva tricúspide, como Erasístrato observou; ela é provida por três espécies de bolsas, válvulas em forma de  $\Sigma$  (sigmoidal, ou semilunares) em que o arranjo é de tal ordem que um fluido possa passar para fora do ventrículo direito para a veia arteriosa, mas não retorna. Ele encontrou uma valva sigmoidal semelhante na origem da artéria aorta a partir do ventrículo esquerdo. A artéria venosa [veias pulmonares] e a aurícula esquerda tinham uma abertura diferente para o ventrículo esquerdo, e esta seria provida por válvulas membranosas triangulares parecidas com as do lado direito, mas apenas duas em número. Assim, os dois ventrículos tinham quatro aberturas, duas cada; e havia um total de onze cúspides valvares, dispostas de tal maneira a permitir aos fluidos entrar os ventrículos somente quando vindos das aurículas, e apenas sair dos ventrículos pela veia arteriosa [artéria pulmonar] e aorta, e não outro caminho. Ele também concluiu que a coração funciona como uma bomba.” (AtAp-HC2)

Após a leitura desse fragmento de texto – que é acompanhado por uma imagem composta pelas cavidades que constituem a morfologia interna do coração –, e de outros que corporificaram a atividade de aprendizagem, os alunos responderam às questões, como a seguinte: “9. Elaborem um desenho, da anatomia interna do coração, que represente as estruturas anatômicas descritas nos trabalhos dos ‘cientistas’ estudados nesta atividade. Utilizem legendas nesse desenho” (AtAp-HC2). Segundo Bahar, Ozel, Prokop & Usak (2006), é fundamental engajar os alunos, física e mentalmente, através de estratégias de ensino centradas nos mesmos, durante o trabalho relacionado à morfologia interna do coração. Considera-se que o desenho da morfologia interna do coração, solicitado pela questão – e elaborado no seio do pequeno grupo – foi capaz de promover tal forma de engajamento. Avalia-se que a aprendizagem referente ao parâmetro *número de cavidades* pode estar associada, também, ao

trabalho desenvolvido em outras atividades de aprendizagem, como a atividade de reflexão *Em que medida os fragmentos de texto da História da Ciência contribuíram para o meu aprendizado?* (AtAp-R2 – Anexo 4). A questão um dessa atividade focalizou-se no tópico *morfologia interna do coração*:

3. Analise a imagem abaixo e preencha o quadro. Em seguida, indique, com setas, o sentido da circulação do sangue no interior do coração.



- 3.1 Em que medida as atividades de aprendizagem, até agora realizadas, contribuíram para a resolução dessa questão?

A referida questão, de cariz metacognitivo, foi estruturada para que os alunos pudessem rever as ideias sobre o tópico morfologia interna do coração, alargando as experiências que já possuíam sobre esse tópico, de modo a que tomassem consciência das suas limitações e conseguissem procurar alternativas (v. Mauri, 1998).

A análise do Quadro 4.8, quanto ao parâmetro *válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares)*, evidencia que a maioria dos alunos representou um coração sem as válvulas atrioventriculares (tricúspide e bicúspide), no momento antes de ensino. Três alunos não responderam à questão, ou seja, não desenharam a morfologia interna do coração, e, por essa razão, suas respostas foram classificadas como “ausência de resposta”. Tais respostas diferem daquelas de indivíduos que fizeram o desenho do aspecto interno do coração de um ser humano, mas não consideraram as válvulas atrioventriculares em suas produções.

Em relação ao momento pós-ensino, tendo-se em conta o parâmetro *válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares)*, percebe-se (ver Quadro 4.8) que a maioria dos alunos indicou a presença dessas válvulas. Avalia-se que os elementos da intervenção pedagógica, mencionados em relação ao parâmetro *número de cavidades cardíacas*, também contribuíram para a (re)construção das ideias dos alunos sobre o parâmetro *válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares)*.

De volta ao Quadro 4.8, verifica-se que a maioria dos alunos representou a estrutura interna do coração sem septo, no momento antes de ensino; contudo, a situação se inverteu no momento pós-ensino, e a maioria dos alunos passou a representar o coração com septo. Pode-se creditar esta modificação aos elementos trabalhados ao longo da intervenção pedagógica. A título de exemplo, a atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da história da ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3) possibilitou, por meio dos fragmentos de texto e das questões problematizadoras relacionadas aos mesmos, trabalhar o parâmetro *septo cardíaco*. Através da questão cinco dessa atividade – “Indiquem a importância dos poros no septo interventricular para o modelo explicativo de Galeno” – discutiu-se o modelo explicativo do médico grego Galeno sobre o movimento do sangue no corpo humano e a importância de supostos poros no septo cardíaco para este modelo, aspecto descrito em um fragmento de texto:

“[Para Galeno] imbuído de espíritos naturais, o sangue corre a partir do fígado, através do sistema de veias, para os órgãos e partes do corpo, onde é absorvido como alimento. Parte do sangue entra no ventrículo direito do coração e passa através de poros no septo, a divisória que separa os dois ventrículos, entrando no ventrículo esquerdo, onde sofre uma segunda elaboração devido à presença de ar [pneuma] que vem dos pulmões. O que sai do ventrículo esquerdo, para ser transportado para o corpo pelo sistema arterial, são espíritos vitais, um fluido tão diferente do sangue como este dos alimentos.” (AtAp-HC2)

Posteriormente, através da questão sete – “Refiram os argumentos que Colombo utilizou para criticar o modelo de pensamento galênico, quanto ao movimento de sangue no corpo.” (AtAp-HC2 – Anexo 3) – trabalhou-se a visão de Colombo sobre os supostos poros no septo interventricular, aspecto patente no seguinte fragmento de texto da atividade de aprendizagem (já referido na presente seção):

“Vesálio rejeitou os ensinamentos de Galeno de que o sangue passa através do septo interventricular, apesar de não propor uma rota alternativa para o fluido sair do ventrículo direito e chegar ao ventrículo esquerdo. (...) Colombo foi mais longe que seu colega Vesálio. Ele explicou, em seu livro de 1559, que entre os dois ventrículos se estende um septo através do qual quase todo mundo acredita que abre um caminho para o sangue, do ventrículo direito para o esquerdo, e que o sangue é finamente processado de modo que possa ser trabalhado mais facilmente para a geração de espíritos vitais. Mas, eles cometeram um grande erro, pois o sangue é levado através da artéria pulmonar para os pulmões e aí torna-se menos denso; então, é levado, juntamente com o ar, através da veia pulmonar para o ventrículo esquerdo do coração.” (AtAp-HC2)

Possivelmente, a abordagem de diferentes perspectivas referentes à estrutura do septo interventricular – com poros (Galeno) e sem poros (Colombo) –, através das referidas questões da atividade de aprendizagem, contribuiu para que os alunos mudassem de concepção e passassem a considerar essa estrutura anatômica em suas representações da morfologia interna do coração. Avalia-se que a representação de um septo cardíaco sólido (sem poros), como defendido por Colombo, é um dos indicativos de que o aluno entendeu que o coração está dividido em dois grandes compartimentos, não comunicáveis, aspecto relevante para a compreensão da morfofunção do sistema circulatório humano.

O seguinte trecho, da 2ª Entrevista Grupo Focal, prende-se a fala do aluno A6, que relata o papel da estratégia de intervenção pedagógica na aprendizagem relacionada à morfologia interna do coração:

#### Trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** (...) que conceitos anatômicos ou que aspectos anatômicos e funcionais, do sistema circulatório, foram aprendidos, de forma direta, através da intervenção?

(...)

**2. Aluno A6:** (...) na questão do bebê azul, naquele momento, quando a gente viu as estruturas, a gente já tinha visto algumas estruturas do coração, algumas especulações do que seria o coração, com septo, sem septo, com válvula, sem válvula, mas ali, naquele texto, a gente conseguiu ter uma visão mais ampla do que seria o coração, ter como comparar, um coração com aspectos patológicos e outro não. Então, eu consegui identificar a, a estrutura do coração e ver o direcionamento do sangue, como esse sangue é transportado por aquelas válvulas.

Nesse trecho, o aluno A6 refere-se a alguns aspectos da morfologia interna do coração trabalhados na estratégia de intervenção, como septo cardíaco e válvulas cardíacas. Além disso, este aluno destacou o contributo da atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9) – denominada por ele como “questão do bebê azul” –, em sua compreensão sobre as estruturas da morfologia interna do coração. Em sua fala, o aluno A6 afirma que a comparação entre a anatomia cardíaca normal e a anatomia cardíaca patológica (alusão à Tetralogia de Fallot) ampliou sua visão sobre a estrutura e a função do coração.

Na continuidade, apresenta-se o processo de desenvolvimento das ideias de cada um dos 22 alunos, *sobre o tópico morfologia interna do coração*, recorrendo-se ao Quadro 4.9.

Quadro 4.9: Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópicos morfologia interna do coração, considerando-se os parâmetros número de cavidades cardíacas, válvulas atrioventriculares e septo cardíaco (n = 22)

Alunos	Número de cavidades cardíacas			Válvulas atrioventriculares			Septo Cardíaco		
	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA
A1	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAI	IAc	PRO
A2	IAc	IAc	MP	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A3	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAI	IAI	<b>MP</b>
A4	IAc	IAc	MP	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A5	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>
A6	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>
A7	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAI	IAc	PRO
A8	IAc	IAc	MP	IAI	IAc	PRO	IAc	IAc	MP
A9	AR	IAc	PRO	AR	IAI	PI	AR	IAc	PRO
A10	IAc	IAc	MP	IAI	IAc	PRO	IAc	IAc	MP
A11	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A12	IAc	IAc	MP	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A13	IAc	IAc	MP	IAI	IAc	PRO	IAc	IAc	MP
A14	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A15	AR	IAc	PRO	AR	IAc	PRO	AR	IAc	PRO
A16	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAI	IAc	PRO
A17	IAc	IAc	MP	IAc	IAc	MP	IAI	IAI	<b>MP</b>
A18	AR	IAc	PRO	AR	IAc	PRO	AR	IAc	PRO
A19	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A20	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAI	IAI	<b>MP</b>
A21	IAc	IAc	MP	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A22	IAI	IAc	PRO	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAI	IAI	<b>MP</b>

**Legenda** – IAc: ideia aceita; IAI: ideia alternativa; AR: ausência de resposta; DIA: desenvolvimento das ideias dos alunos; PRO: progressão; MP: mesma posição; PI: processo indefinido.

**Nota:** A sigla MP (mesma posição) encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias aceites. Em contrapartida, a sigla MP encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias alternativas ou ausência de considerações sobre determinado parâmetro.

A análise do Quadro 4.9 revela que a maioria dos alunos passou por um processo de progressão no que tange ao parâmetro *número de cavidades cardíacas*. Quanto aos parâmetros *válvulas atrioventriculares* e *septo cardíaco*, percebe-se que metade dos alunos progrediram, enquanto alguns alunos permaneceram sustentando ideias alternativas, principalmente no que se refere ao parâmetro *válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares)*. Uma possível explicação para este último resultado prende-se ao fato de que as válvulas cardíacas são entidades não facilmente observáveis e acessíveis, aspecto que, segundo Chi, Chiu & Leeuw (1991), pode contribuir para a constituição dessa ideia alternativa de coração sem válvulas atrioventriculares.

Para ilustrar o processo de progressão selecionou-se os casos dos alunos A8 – progressão em relação ao parâmetro *válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares)* – e A15 – progressão

em relação aos três parâmetros. Seguem abaixo as respostas do aluno A8 às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

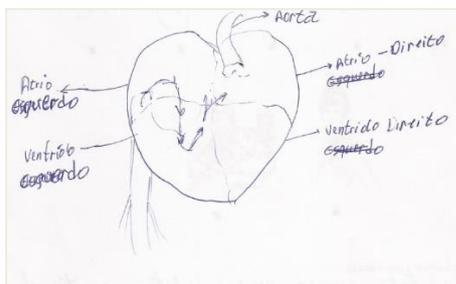


Figura 4.13: Representação da morfologia interna do coração (aluno A8)

- Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano. a) Tente legendá-lo. (momento antes de ensino)

Resposta ao lado.

- Quais aspectos da anatomia interna do coração não estavam presentes no seu desenho inicial do coração? (momento pós-ensino)

Os átrios e os ventrículos estavam trocados, lados direito e esquerdo. Válvula tricúspide, válvula bicúspide, válvula da artéria aorta, válvula da artéria pulmonar, veia pulmonares direita e esquerda.

Com base no Quadro 4.9 e nas respostas do aluno A8, discriminadas acima, é possível perceber que, no momento antes de ensino, o mesmo representou um coração com quatro cavidades e septo cardíaco, ideias cientificamente aceitas, mas, também, com ausência das válvulas atrioventriculares, ideia alternativa. Todavia, no momento pós-ensino, o aluno A8 indicou que as válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares) – bicúspide e tricúspide – não estavam presentes em seu desenho inicial do coração. Dessa forma, considerou-se que este aluno passou por um processo de progressão quanto ao desenvolvimento de suas ideias sobre o parâmetro *válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares)*. Diferente do aluno A8, o aluno A15 não respondeu à questão referente ao momento antes de ensino, entretanto, no momento pós-ensino, apresentou a seguinte resposta:

“Não desenhei nenhum dos aspectos internos do coração na 1ª atividade. Deveria ter colocado partes da anatomia interna do coração como, átrio direito e esquerdo, ventrículo direito e esquerdo, septo, as valvas, bicúspide e tricúspide”.

Nesse sentido, considera-se que este aluno passou por um processo de progressão em relação aos três parâmetros analisados.

Para ilustrar as situações em que os alunos mantiveram a mesma posição, sustentando ideias alternativas quanto aos parâmetros *válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares)* e *septo cardíaco*, será utilizado o caso do aluno A22 (exposto na próxima página), composto por suas respostas às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino. Com base no Quadro 4.9 e nas respostas do aluno A22, discriminadas abaixo, é possível verificar que, no momento antes de ensino, o mesmo representou o coração com uma única cavidade,

obviamente com ausência do septo cardíaco e das válvulas atrioventriculares. Todavia, no momento pós-ensino, o aluno 22 indica que em seu desenho deveria constar a posição das quatro cavidades cardíacas, mas não faz referência ao septo cardíaco ou às válvulas atrioventriculares. Dessa forma, considerou-se que este aluno manteve ideias alternativas sobre o tópico *morfologia interna do coração*, pois continua referindo um coração sem septo e sem válvulas atrioventriculares.

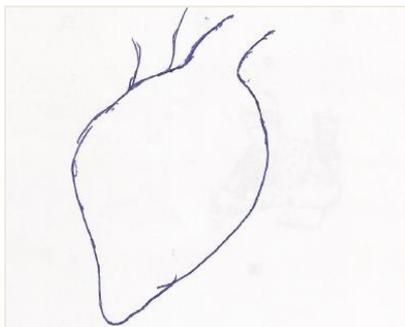


Figura 4.14: Representação da morfologia interna do coração (aluno A22)

- Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano. a) Tente legendá-lo. (momento antes de ensino)  
Resposta ao lado.
- Quais aspectos da anatomia interna do coração não estavam presentes no seu desenho inicial do coração? (momento pós-ensino)
- As posições dos ventrículos, esquerdo e direito. - As posições dos átrios, esquerdo e direito.

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados referentes às ideias dos alunos sobre o tópico *circulação do sangue no interior do coração*.

As ideias iniciais dos alunos (momento antes de ensino) sobre o referido tópico foram identificadas através das respostas dadas à questão “- Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano. b) indique, com setas, o sentido da circulação no interior do coração.”, que constituiu a atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1). De outro modo, as ideias dos alunos ao final da intervenção pedagógica (momento pós-ensino) foram identificadas através das respostas fornecidas à questão “2.1 Que modificações você efetuará no traçado das setas que representam o sentido da circulação do sangue, no interior do coração?”, que corporificou a atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12). Nesse sentido, as ideias dos alunos no momento pós-ensino referem-se à avaliação que os mesmos fizeram de suas ideias iniciais, e, assim, prendem-se à capacidade dos mesmos de identificar características dos desenhos que deveriam ser modificadas para tornar as suas ideias aceites, do ponto de vista científico. O Quadro 4.10 mostra as ideias globais dos alunos sobre o tópico *circulação do sangue no interior do coração* e a sua

predominância, no momento antes de ensino.

**Quadro 4.10: Ideias globais dos alunos sobre o tópico circulação do sangue no interior do coração, no momento antes do ensino**

Ideias no momento antes de ensino	Alunos (n = 22)
	f
<b>Ideias aceites</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito               <ul style="list-style-type: none"> <li>- O sangue trânsito do átrio (aurícula) para o ventrículo</li> </ul> </li> <li>▪ Trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo               <ul style="list-style-type: none"> <li>- O sangue trânsito do átrio (aurícula) para o ventrículo</li> </ul> </li> <li>▪ Trânsito de sangue entre os dois lados do coração               <ul style="list-style-type: none"> <li>- O sangue não transita entre os dois lados do coração</li> </ul> </li> </ul>	1
<b>Ideias aceites + Ideias alternativas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O sangue trânsito do átrio (aurícula) direito para ventrículo direito e não trânsito entre os dois lados do coração + o sangue trânsito do ventrículo esquerdo para o átrio esquerdo</li> <li>▪ O sangue trânsito do átrio (aurícula) direito para ventrículo direito + o sangue trânsito entre os dois lados do coração</li> <li>▪ O sangue trânsito do átrio (aurícula) direito para ventrículo direito + o sangue trânsito do ventrículo esquerdo para átrio (aurícula) esquerdo e o sangue trânsito entre os dois lados do coração</li> <li>▪ O sangue trânsito do átrio (aurícula) esquerdo para o ventrículo esquerdo + o sangue trânsito do ventrículo direito para átrio direito e o sangue trânsito entre os dois lados do coração</li> </ul>	5
<b>Ideias alternativas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito               <ul style="list-style-type: none"> <li>- O sangue trânsito do ventrículo para átrio (aurícula)</li> </ul> </li> <li>▪ Trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo               <ul style="list-style-type: none"> <li>- O sangue trânsito do ventrículo para átrio (aurícula)</li> </ul> </li> <li>▪ Trânsito de sangue entre os dois lados do coração               <ul style="list-style-type: none"> <li>- O sangue transita entre os dois lados do coração</li> </ul> </li> </ul>	0
<b>Ausência de considerações sobre este tópico</b>	4
<b>Ausência de resposta</b>	12

A análise do Quadro 4.10 revela que a maioria dos alunos não respondeu a questão relacionada ao momento antes de ensino; alguns desses não desenharam a morfologia interna do coração, enquanto outros desenharam, mas não indicaram, com setas, o sentido de circulação do sangue no interior do coração. Por outro lado, apenas um dos alunos manifestou todas as ideias cientificamente aceites sobre o tópico *circulação do sangue no interior do coração*, no momento antes de ensino. Ainda, verifica-se que cinco alunos conjugaram ideias consideradas cientificamente aceites e outras que se afastam do conhecimento cientificamente

aceite sobre esse tópico. Finalmente, as respostas de quatro alunos foram inseridas na categoria “ausência de considerações sobre esse tópico”. Quanto a essa última categoria, deve-se explicitar que os três parâmetros utilizados para analisar as ideias referentes ao tópico *circulação do sangue no interior do coração* – (1) *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito*, (2) *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo* e (3) *trânsito de sangue entre os dois lados do coração* – prendem-se à análise de corações com quatro cavidades. Desta forma, os alunos que traçaram setas em corações com menos de quatro cavidades foram integrados à categoria “ausência de considerações sobre esse tópico”.

Apresenta-se a figura 4.15, composta por exemplos ilustrativos dos desenhos dos alunos sobre a circulação do sangue no interior do coração, no momento antes de ensino.

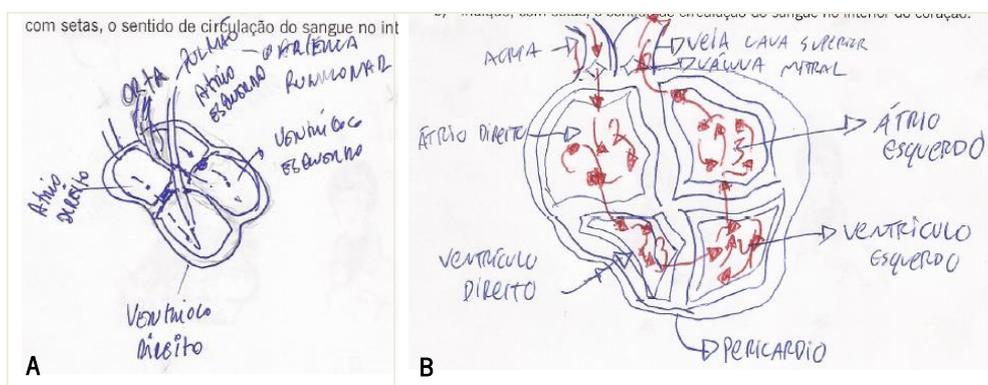


Figura 4.15: Representação do sentido da circulação do sangue no interior do coração. (A) Aluno A4. (B) Aluno A21.

O desenho da figura 4.15-A é um exemplo de resposta em que são apresentadas apenas ideias cientificamente aceitas sobre o tópico *circulação do sangue no interior do coração*. Este aluno A4 indicou que o sangue transita do átrio (aurícula) para o ventrículo, em ambos os lados do coração, e não representou trânsito sanguíneo entre os dois lados do coração. Por outro lado, na figura 4.15-B, pode-se observar que estão patentes, simultaneamente, ideias cientificamente aceitas e ideias alternativas. Nessa figura o aluno A21 traça setas que indicam que o sangue transita do átrio (aurícula) direito para o ventrículo direito, ideia cientificamente aceita, entretanto, também traça setas que indicam a presença de trânsito sanguíneo entre os dois lados do coração e setas que representam que o sangue transita do ventrículo esquerdo para o átrio (aurícula) esquerdo, ambas ideias alternativas.

Passa-se, agora, à apresentação das ideias dos alunos sobre o tópico *morfologia interna do coração*, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com os três parâmetros adotados: (a) *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito*; (b) *trânsito de*

*sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo; (c) trânsito de sangue entre os dois lados do coração.* O Quadro 4.11 dispõe as referidas ideias.

**Quadro 4.11: Ideias dos alunos sobre o tópico circulação do sangue no interior do coração, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados (n = 22)**

Parâmetros	Ideias	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino
		f	f
Trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito	O sangue transita do átrio para o ventrículo	5	15
	O sangue transita do ventrículo para o átrio	1	2
	Ausência de considerações sobre este parâmetro	16	5
Trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo	O sangue transita do átrio para o ventrículo	2	15
	O sangue transita do ventrículo para o átrio	3	2
	Ausência de considerações sobre este parâmetro	17	5
Trânsito de sangue entre os dois lados do coração	O sangue não transita entre os dois lados do coração	2	13
	O sangue transita entre os dois lados do coração	4	4
	Ausência de considerações sobre este parâmetro	16	5

A análise do Quadro 4.11, no que tange ao parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito*, evidencia que a maioria dos alunos não considerou o parâmetro, no momento antes de ensino. Entre os alunos que teceram considerações sobre esse parâmetro, a maioria indicou a ideia cientificamente aceita de que o sangue transita do átrio (aurícula) direito para o ventrículo direito.

No momento pós-ensino, ocorreu um aumento substantivo de alunos que manifestaram ideias cientificamente aceitas sobre esse parâmetro. Tal aspecto está relacionado à (re)construção de ideias cientificamente aceitas sobre o tópico *morfologia interna do coração*, especificamente no que tange ao parâmetro *número de cavidades cardíacas*. Obviamente, só é possível representar o trânsito de sangue entre as câmaras do lado direito do coração se há o reconhecimento dessas câmaras. Como pode ser visto no Quadro 4.9, alguns alunos (A1, A3, A5, A6, A7, A11, A15, A18 e A19) passaram a representar um coração com quatro cavidades, no momento pós-ensino e, portanto, a reconhecer a existência de duas câmaras de cada lado do coração. Esses mesmos alunos também progrediram em relação ao parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito*, como poderá ser visualizado no Quadro 4.12, aspecto que consubstancia a relação entre o aprendizado dos tópicos *morfologia interna do coração* e *circulação do sangue no interior do coração*. Por outro lado, o Quadro 4.11 mostra

que apenas dois alunos esboçaram ideias alternativas sobre o parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito*, no momento pós-ensino. Segue abaixo a resposta de um desses alunos, à questão “2.1 Que modificações você efetuará no traçado das setas que representam o sentido da circulação do sangue, no interior do coração?”:

“Ainda não faria nenhuma, pois ainda não consegui aprofundar no conteúdo.” (aluna A13)

A resposta dessa aluna pode indicar que a resistência das ideias alternativas prende-se, também, a certa estabilidade na forma de pensar, pois, de acordo com Campanario (2002, p. 1097, tradução nossa):

“Não há dúvida de que uma mudança é ‘custosa’, em termos cognitivos, pois exige a elaboração de novos esquemas e teorias pessoais. Portanto, é preferível certa estabilidade em vez de mudança contínua, uma vez que nos deixaria indefesos diante de um ambiente em mudança que pode resultar impossível de apreender.”

A análise do Quadro 4.11 também evidencia que cinco alunos não teceram considerações sobre o parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito*, no momento pós-ensino. A aluna A9, por exemplo, indicou que a circulação do sangue no interior do coração seria a pequena circulação, ou seja, apresentou uma resposta indicativa da ausência de aprendizagem e de um conceito errado de pequena circulação:

“Deveria ter colocado que a circulação do sangue que ocorre no interior do coração corresponde à pequena circulação.” (aluna A9)

Ainda em relação à categoria “ausência de considerações sobre este parâmetro”, afirma-se que a resposta da aluna A12 foi inserida na mesma, pois não expressa nada sobre o tópico em análise, como pode ser lido: “Não faria modificações, pois esta questão foi interpretada de outra forma; não atentei que era o sentido da circulação do sangue no interior do coração” (aluna A12). Por outro lado, a aluna A16 respondeu à questão descrevendo o que deveria ter sido feito no momento antes de ensino, mas não apresentou detalhes que possibilitassem categorizar a sua resposta em relação a qualquer um dos parâmetros analisados, como pode ser visualizado abaixo:

“A utilização de setas no interior do coração mostrando a movimentação interna e não apenas a

saída e a entrada do sangue.” (aluna A16)

Por fim, as respostas de dois alunos foram integradas à categoria “ausência de considerações sobre este parâmetro” porque contemplaram elementos relacionados à circulação de sangue no exterior do coração, e não no interior desse órgão:

“A seta da volta do pulmão e a seta que passa pela aorta. Pois só coloquei as setas de ida.” (aluno A14)

“Na atividade eu não coloquei as setas que correspondiam ao sentido da circulação do coração porque eu não sabia a resposta. Hoje colocaria as setas indicando a entrada do sangue pelas artérias e a saída pelas veias.” (aluna A20)

A análise do Quadro 4.11, quanto ao parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo*, evidencia que a maioria dos alunos não fez considerações sobre esse parâmetro, no momento antes de ensino. Entre os alunos que teceram considerações sobre este parâmetro, a maioria indicou a ideia alternativa de que o sangue transita do ventrículo esquerdo para o átrio (aurícula) esquerdo. Uma possível explicação para esta ideia alternativa prende-se à interpretação do enunciado da questão: “indique, com setas, o sentido da circulação no interior do coração”. Avalia-se que alguns alunos tentaram responder essa questão desenhando um trajeto circular do sangue (em forma de um círculo) no interior do coração, como ilustrado na figura 4.15-B (mencionada anteriormente), aspecto que associou-se à manifestação de ideias alternativas sobre os parâmetros *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado esquerdo* e *trânsito de sangue entre os dois lados do coração*.

No momento pós-ensino, ocorreu um aumento substantivo de alunos que manifestaram ideias cientificamente aceites sobre este parâmetro, ou seja, a indicação de que o sangue transita do átrio esquerdo para o ventrículo esquerdo. Assim como em relação ao parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito*, considera-se que esse aumento pode estar relacionado à (re)construção de ideias cientificamente aceites sobre o tópico *morfologia interna do coração*, especificamente no que tange ao parâmetro *número de cavidades cardíacas*. Por outro lado, apenas dois alunos esboçaram ideias alternativas sobre esse parâmetro no momento pós-ensino. Verifica-se, também, que cinco alunos não teceram considerações sobre esse parâmetro. As explicações para esse resultado prendem-se aos mesmos motivos alegados na análise do parâmetro anterior, pois referem-se às respostas dos

mesmos alunos (A9, A12, A14, A16 e A20).

Considerando-se o parâmetro *trânsito de sangue entre os dois lados do coração*, percebe-se (ver Quadro 4.11) que a maioria dos alunos não fez considerações sobre o mesmo, no momento antes de ensino. Entre os alunos que teceram considerações sobre este parâmetro, a maioria indicou que o sangue trânsito entre os dois lados do coração, ideia alternativa.

No momento pós-ensino, ocorreu um aumento substantivo de alunos que manifestaram ideias cientificamente aceitas, ou seja, a ausência de trânsito sanguíneo entre os dois lados do coração. Avalia-se, pelos motivos já expostos na análise referente aos parâmetros anteriores, que uma parcela desses resultados pode estar relacionada à (re)construção de ideias cientificamente aceitas sobre o tópico *morfologia interna do coração*, nomeadamente no que tange ao parâmetro *número de cavidades cardíacas*. Outra parcela desses resultados pode ser atribuída às discussões sobre o septo cardíaco, mencionadas anteriormente nas descrições sobre o tópico *morfologia interna do coração*. Tais discussões podem ter contribuído para o reconhecimento do septo cardíaco, e de seu papel na separação do sangue contido nas duas metades do coração, aspectos essenciais para que os alunos rejeitem a perspectiva de que o sangue desloca-se entre os dois lados do coração. Por fim, uma parcela desses resultados associa-se, possivelmente, à compreensão de que os fluxos sanguíneos dos lados direito e esquerdo do coração servem a diferentes propósitos, irrigar a circulação pulmonar e a circulação sistêmica, respectivamente (ver Chi, Chiu & Leeuw, 1991).

Verifica-se (ver Quadro 4.11) que quatro alunos indicaram ideias alternativas em relação ao parâmetro *trânsito de sangue entre os dois lados do coração*, pois desconsideraram a função do septo cardíaco na separação dos lados direito e esquerdo do coração. Finalmente, reafirmouse que as explicações para as respostas integradas na categoria “ausência de considerações sobre este parâmetro” prendem-se aos mesmos motivos alegados na análise do parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades cardíacas do lado direito*, pois dizem respeito às respostas dos mesmos alunos (A9, A12, A14, A16 e A20).

Apresenta-se o processo de desenvolvimento das ideias de cada um dos 22 alunos, sobre o tópico *circulação do sangue no interior do coração*, recorrendo-se ao Quadro 4.12.

Quadro 4.12: Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópicos circulação do sangue no interior do coração, considerando-se os parâmetros trânsito de sangue entre as cavidades do lado direito, trânsito de sangue entre as cavidades do lado esquerdo e trânsito de sangue entre os dois lados do coração (n = 22)

Alunos	Trânsito de sangue entre as cavidades do lado direito			Trânsito de sangue entre as cavidades do lado esquerdo			Trânsito de sangue entre os dois lados do coração		
	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA
A1	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A2	IAc	IAc	MP	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP
A3	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A4	IAc	IAc	MP	IAc	IAc	MP	IAc	IAc	MP
A5	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A6	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A7	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAI	PI
A8	IAc	IAc	MP	ACP	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A9	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>
A10	IAc	IAc	MP	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A11	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A12	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>
A13	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAc	IAc	MP	IAI	IAI	<b>MP</b>
A14	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>
A15	ACP	IAc	PRO	ACP	IAI	PI	ACP	IAI	PI
A16	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>
A17	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A18	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A19	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO	ACP	IAc	PRO
A20	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>	ACP	ACP	<b>MP</b>
A21	IAc	IAc	MP	IAI	IAc	PRO	IAI	IAc	PRO
A22	ACP	IAI	PI	ACP	IAc	PRO	ACP	IAI	PI

**Legenda** – IAc: ideia aceite; IAI: ideia alternativa; ACP: ausência de considerações sobre este parâmetro; DIA: desenvolvimento das ideias dos alunos; PRO: progressão; MP: mesma posição; PI: processo indefinido.

**Nota:** A sigla MP (mesma posição) encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias aceites. Em contrapartida, a sigla MP encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias alternativas ou ausência de considerações sobre determinado parâmetro.

A análise do Quadro 4.12 revela que dez alunos passaram por um processo de progressão em relação ao parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades do lado direito*, enquanto que a maioria dos alunos passou por esse processo no que tange ao parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades do lado esquerdo*. Essa diferença prende-se a dois aspectos: (1) alguns alunos já manifestavam ideias cientificamente aceites sobre o parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades do lado direito*, no momento antes de ensino e, portanto, apenas mantiveram tais ideias; (2) alguns alunos manifestavam ideias alternativas sobre o parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades do lado esquerdo*, no momento antes de ensino, e passaram a manifestar ideias cientificamente aceites, no momento pós-ensino. Quanto

ao parâmetro *trânsito de sangue entre os dois lados do coração*, percebe-se que metade dos alunos passou por um processo de progressão, enquanto a outra metade permaneceu na mesma posição ou passou por um processo indefinido. Para ilustrar o processo de progressão e o processo indefinido serão utilizados os casos das alunas A1 e A7, respectivamente, compostos pelas respostas dessas alunas às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino.

A análise das respostas da aluna A1, destacadas abaixo, permitem indicar que a mesma passou por um processo de progressão, em relação aos três parâmetros analisados no tópico *circulação do sangue no interior do coração*. É possível perceber, através da figura 4.16, que essa aluna não faz considerações sobre o tópico *circulação do sangue no interior do coração*, no momento antes de ensino. Todavia, no momento pós-ensino, a aluna A1 indica que o sangue transita do átrio (aurícula) para o ventrículo, em ambos os lados do coração, além de deixar patente a ausência de trânsito sanguíneo entre os dois lados do coração, ao referir-se à pequena circulação ou circulação pulmonar. Dessa forma, considerou-se que essa aluna passou por um processo de progressão quanto ao desenvolvimento de suas ideias sobre o tópico *circulação do sangue no interior do coração*.



Figura 4.16: Representação da morfologia interna do coração (aluna A1)

- Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano. b) indique, com setas, o sentido da circulação no interior do coração.

Resposta ao lado.

- Que modificações você efetuará no traçado das setas que representam o sentido da circulação do sangue, no interior do coração? (momento pós-ensino)

Colocaria que o sangue chega ao coração através da veia cava vai para o átrio direito, o ventrículo direito e sai do coração para o pulmão e depois retorna para o coração chega ao átrio esquerdo, ventrículo esquerdo e vai pela artéria aorta que o distribui pelo corpo.

O caso da aluna A7, composto pelas respostas dessa aluna às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino, será utilizado para exemplificar o processo indefinido. Com base nas respostas da aluna A7 (ver figura 4.17 e os textos que a acompanham) é possível verificar que a aluna A7 passou por um processo indefinido, em relação ao parâmetro *trânsito de sangue entre os dois lados do coração*. A análise da figura 4.17 mostra que essa aluna não faz considerações sobre esse parâmetro no momento antes de ensino. Entretanto, no momento pós-ensino, ela indica que o sangue transita do ventrículo direito para o átrio esquerdo, ou seja, um trânsito sanguíneo entre os dois lados do coração, uma ideia alternativa. Dessa forma, avaliou-se

que a referida aluna passou por um processo indefinido, quanto ao parâmetro mencionado, pois deslocou-se da categoria “ausência de considerações sobre este parâmetro” para a categoria “ideia alternativa”. Neste sentido, o único aspecto que pode-se afirmar, com certeza, é que a aluna A7 não progrediu, pois adicionou uma ideia alternativa em sua rede de esquemas de conhecimento.

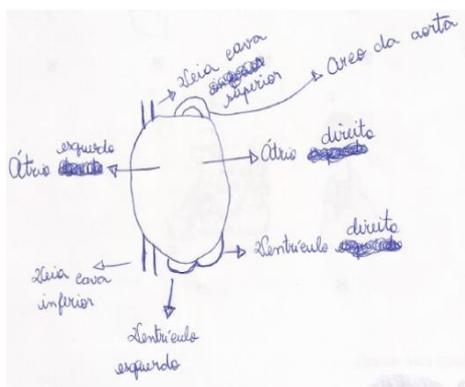


Figura 4.17: Representação da morfologia interna do coração (aluna A7)

- Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano. b) indique, com setas, o sentido da circulação no interior do coração.

Resposta ao lado.

- Que modificações você efetuará no traçado das setas que representam o sentido da circulação do sangue, no interior do coração? (momento pós-ensino)

Colocaria as setas indicando que o sangue chega ao coração através do átrio direito, passa para o ventrículo direito, é levado para o átrio esquerdo e ventrículo esquerdo

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados referentes às ideias dos alunos sobre o tópico *produção de sangue*.

As ideias iniciais dos alunos (momento antes de ensino) foram identificadas através das respostas fornecidas à questão “3. Explícite o que diria a um amigo se tivesse que lhe explicar onde e como se produz o sangue”, que compôs a atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1). Em contrapartida, as ideias dos alunos ao final da intervenção pedagógica (momento pós-ensino) foram identificadas por meio das respostas dadas à questão “Que alterações você introduziria na resposta da questão 3?”, que corporificou a atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12). Desta forma, as ideias dos alunos no momento pós-ensino prendem-se à avaliação que os mesmos fizeram de suas ideias no momento antes de ensino, e, portanto, relacionam-se à capacidade dos mesmos de identificar características dos textos que deveriam ser alteradas para tornar as suas ideias cientificamente aceites. O Quadro 4.13 mostra as ideias globais dos alunos sobre o tópico *produção de sangue* e a sua predominância, no momento antes de ensino.

Quadro 4.13: Ideias globais dos alunos sobre o tópico produção de sangue, no momento antes do ensino

Ideias no momento antes de ensino	Alunos (n = 22)
	f
<b>Ideias aceites</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Local de produção do sangue                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medula óssea</li> </ul> </li> <li>▪ Como se produz o sangue                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- A partir de células precursoras</li> </ul> </li> </ul>	0
<b>Respostas incompletas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apenas uma das ideias aceites é indicada pelos alunos</li> </ul>	9
<b>Ideias aceites + Ideias alternativas</b>	2
<b>Ideias alternativas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Local de produção do sangue                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estômago</li> <li>- Vasos sanguíneos</li> <li>- Coração</li> </ul> </li> <li>▪ Como se produz o sangue                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- A partir de substâncias aproveitadas durante a digestão</li> <li>- A partir da reunião de componentes do sangue</li> <li>- Os nutrientes são absorvidos pela medula óssea e transformados em hemácias</li> </ul> </li> </ul>	3
<b>Ausência de considerações sobre este tópico</b>	0
<b>Ausência de resposta</b>	8

A análise do Quadro 4.13 revela que nenhum dos alunos manifestou todas as ideias cientificamente aceites sobre o tópico *produção de sangue*, enquanto a maioria apresentou respostas incompletas, no momento antes de ensino. Seguem dois exemplos de respostas incompletas, pois se referem, apenas, ao parâmetro *local de produção do sangue*:

“O sangue é produzido na medula óssea.” (Aluna A3)

“O sangue ou as hemácias são produzidas na medula óssea.” (Aluno A17)

Ainda, verifica-se, a partir do Quadro 4.13, que oito alunos não responderam a essa questão, dois conjugaram ideias cientificamente aceites e ideias alternativas e outros dois indicaram apenas ideias alternativas sobre este tópico. Seguem exemplos de respostas que ilustram ideias alternativas sobre o tópico *produção de sangue*:

“Que o estômago é responsável por bem mais que o armazenamento do alimento, nele existe células responsáveis pela produção de sangue.” (Aluna A1)

“Diria que o sangue é produzido nos vasos sanguíneos, a partir de substâncias aproveitadas durante a digestão.” (Aluna A18)

Como pode ser verificado, a aluna A1 indica que o local de produção de sangue é o estômago, enquanto a aluna A18 afirma que o sangue é produzido nos vasos sanguíneos.

Passa-se, agora, à apresentação das ideias dos alunos sobre o tópico *produção do sangue* nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com os dois parâmetros adotados: (a) *local de produção do sangue*; (b) *como se produz o sangue*. O Quadro 4.14 dispõe as referidas ideias.

**Quadro 4.14: Ideias dos alunos sobre o tópico produção de sangue, nos momentos antes e pós-ensino, de acordo com os parâmetros adotados (n = 22)**

Parâmetros	Ideias	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino
		f	f
Local de produção do sangue	Medula óssea	10	20
	Estômago	1	0
	Vasos sanguíneos	1	0
	Coração	1	0
	Ausência de considerações sobre este parâmetro	9	2
Como se produz o sangue	A partir de células precursoras	1	2
	A partir de substâncias aproveitadas durante a digestão	1	1
	A partir da reunião de componentes do sangue	1	0
	Os nutrientes são absorvidos pela medula óssea e transformados em hemácias	1	1
	Ausência de considerações sobre este parâmetro	18	18

A análise do Quadro 4.11, no que tange ao parâmetro *local de produção do sangue*, evidencia que 10 alunos consideraram a medula óssea como o local da produção do sangue, enquanto outros nove alunos não fizeram considerações sobre este parâmetro, no momento antes de ensino. Além disso, esta análise revela que três alunos apresentaram ideias alternativas sobre o local de produção do sangue, ao considerarem o estômago, os vasos sanguíneos e o coração como locais de produção. No momento pós-ensino, a maioria dos alunos indica a ideia cientificamente aceita de que o sangue é produzido na medula óssea. Supõe-se que a (re)construção das ideias dos alunos sobre o parâmetro *local de produção do sangue* prende-se

aos trabalhos desenvolvidos durante a intervenção pedagógica. A título de exemplo, na atividade *Interpretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2) trabalhou-se às perspectivas sustentadas por Erasístrato e Galeno, quanto ao local de produção de sangue, através de fragmentos de texto da História da Ciência:

“[Para Erasístrato] quando a trituração é completa, o quilo é passado do estômago e do intestino para o fígado, onde, por um processo inexplicável, é transformado em sangue.” (AtAp-HC1)

“Galeno acreditava que o quilo, trazido do trato digestivo pela veia portal, vinha para o fígado. Ele achava que este órgão tinha o poder de transformar o quilo em sangue venoso e de impregná-lo com um espírito especial ou pneuma inato que se difundiria em toda a substância viva enquanto permanecesse viva. Este pneuma era conhecido como espírito natural.” (AtAp-HC1)

Após a leitura dos fragmentos de texto, os alunos responderam a questão “5. Explicitem os contributos de Erasístrato, Galeno e Fabricius para o conhecimento do sistema vascular.”, elaborada com o intuito de promover discussões relacionadas, entre outros aspectos, ao local de produção de sangue. Em outra atividade de aprendizagem – *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5) – os alunos leram o nono capítulo do livro *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais*, de autoria do médico inglês William Harvey. Neste capítulo Harvey descreveu os cálculos matemáticos – multiplicação da massa de sangue contida no ventrículo esquerdo pelo número de batidas do coração, em determinado período de tempo – que lhe permitiram propor que os alimentos não seriam responsáveis pela produção do sangue. No momento posterior à leitura do capítulo os alunos responderam a questão “2. A interpretação do experimento conduzido por Harvey permite o questionamento da ideia galênica sobre a produção do sangue no corpo humano? Justifique.”, que gerou um debate em torno do argumento utilizado por Harvey para afirmar que o sangue não seria produzido no fígado, à partir dos nutrientes, como afirmava Galeno. Ainda, na atividade *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* (AtAp-HC5 – Anexo 8) trabalhou-se um artigo científico que descreve, através do seguinte trecho, o local de produção de sangue e como o mesmo é produzido:

“Bizzozero descobriu um tipo particular de célula vermelha nucleada neste tecido, e considerou estas células como as precursoras das células vermelhas maduras do sangue em circulação (Fig. 2). Além disso, ele percebeu que a medula óssea é o local de produção das células brancas do sangue e que também exerce um papel, como o baço, na destruição de elementos celulares velhos. As

conclusões de Bizzozero foram confirmadas por experimentos de hemorragia em condições controladas, realizados em galinhas e pombos, que amplificaram o fenômeno de formação de células sanguíneas na medula óssea.” (AtAp-HC5)

Após a leitura do artigo científico os alunos responderam a questão “4. De acordo com Giulio Bizzozero, como ocorre a produção de sangue no corpo humano?” que possibilitou a realização de discussões (no pequeno grupo e no grupo turma) em torno dos parâmetros *local de produção do sangue* e *como se produz o sangue*.

O seguinte trecho, de uma das entrevistas com grupos focais, ilustra a percepção de um dos alunos sobre os contributos da estratégia de intervenção pedagógica para a aprendizagem referente ao parâmetro *local de produção do sangue*:

#### Trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal

1. **Professor:** O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da morfofunção do sistema circulatório humano? De que forma?

(...)

2. **Aluno A14:** É... alguns conceitos que, eu aprendi, por exemplo, foram as artérias. A diferença entre as artérias e as veias, a circulação, como ela ocorre no corpo todo e, através do experimento, também percebi que você tem a ida e a volta, não é o fluxo da maré como o próprio Galeno dizia, não é?

3. **Professor:** Hum.

4. **Aluno A14:** (...) a produção de sangue, que ele não era produzido no fígado e sim produzido na medula, e dentro disso você não tinha só hemácias, não, você tinha, anticorpos, macrófagos, tinha outros tipos de células ali dentro e, também, que dentro das artérias não tinha ar, e sim, sangue. Acho que é só isso, é só, resumi.

Nesse trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A14 descreve um fato relacionado ao desenvolvimento histórico do conhecimento sobre o local de produção de sangue. Este aluno relata que aprendeu que o sangue não é produzido no fígado (como o médico Galeno sustentou no século II d.C., aspecto não explícito na fala do aluno) e sim, na medula óssea (como o médico Giulio Bizzozero sustentou no século XIX, aspecto não explícito na fala do aluno) – trecho sublinhado. Ademais, o aluno A14 refere-se a outros tipos celulares contidos na medula óssea (sublinhado duplo), aspecto patente na atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* (AtAp-HC5 – Anexo 8).

A análise do Quadro 4.11, no que tange ao parâmetro *como se produz o sangue*, evidencia que a maioria dos alunos não fez considerações sobre este parâmetro, no momento antes de ensino. Além disso, esta análise revela que três alunos apresentaram ideias alternativas sobre como se produz o sangue e apenas um aluno manifestou uma ideia cientificamente aceita

sobre este parâmetro. No momento pós-ensino, o quadro pouco se modificou, sendo que a maioria dos alunos permaneceu sem efetuar considerações sobre o parâmetro *como se produz o sangue*. Por outro lado, apenas dois alunos manifestaram ideias cientificamente aceitas sobre o referido parâmetro, enquanto outros dois indicaram ideias alternativas. A expressiva ausência de considerações sobre o parâmetro *como se produz o sangue*, no momento pós-ensino, pode estar associada às dificuldades que a aprendizagem dessa temática impõem, pois para entender *como se produz o sangue* é necessário compreender que o mesmo é produzido a partir de células precursoras existentes na medula óssea, aspecto que prende-se à conceitos mais elaborados, como divisão celular. As respostas de alguns alunos, no momento pós-ensino, indicam essas dificuldades relacionadas ao parâmetro *como se produz o sangue*:

“Tive dificuldade na compreensão da produção do sangue. Apenas sei o local, medula óssea.”  
(aluno A4)

“Acrescentaria que o sangue é produzido na medula óssea respondendo assim parcialmente a pergunta.” (aluna A12)

Na sequência da análise, apresenta-se o processo de desenvolvimento das ideias de cada um dos 22 alunos, sobre o tópico *produção de sangue*, recorrendo-se ao Quadro 4.15.

A análise do Quadro 4.15 revela que a maioria dos alunos manteve a mesma posição em relação aos dois parâmetros sob análise – local de produção do sangue e como se produz o sangue -, ou seja, não progrediu, nem regrediu. Entretanto, a maioria dos alunos já manifestava: (a) ideias aceitas sobre o parâmetro *local de produção de sangue*; (b) ausência de considerações sobre o parâmetro *como se produz o sangue*. Portanto, uma parcela significativa dos alunos permaneceu sem manifestar considerações sobre o parâmetro *como se produz o sangue*, aspecto discutido anteriormente durante a exploração do Quadro 4.14. No que se refere à progressão, 10 alunos passaram por esse processo, considerando-se o parâmetro *local de produção de sangue*, enquanto apenas dois alunos progrediram, tendo-se em conta o parâmetro *como se produz o sangue*.

Quadro 4.15: Desenvolvimento das ideias dos alunos sobre o tópico produção do sangue, considerando-se os parâmetros local de produção do sangue e como se produz o sangue (n = 22)

Alunos	Local de produção do sangue			Como se produz o sangue		
	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA	Ideias antes de ensino	Ideias pós-ensino	DIA
A1	IAI	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A2	ACP	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A3	IAC	IAC	MP	ACP	IAI	PI
A4	ACP	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A5	ACP	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A6	IAC	IAC	MP	IAI	ACP	PI
A7	IAC	IAC	MP	ACP	ACP	<b>MP</b>
A8	ACP	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A9	IAC	IAC	MP	ACP	ACP	<b>MP</b>
A10	ACP	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A11	IAC	IAC	MP	ACP	ACP	<b>MP</b>
A12	IAI	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A13	IAC	IAC	MP	ACP	IAC	PRO
A14	ACP	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A15	IAC	IAC	MP	IAI	IAI	<b>MP</b>
A16	ACP	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>
A17	IAC	IAC	MP	ACP	ACP	<b>MP</b>
A18	IAI	IAI	<b>MP</b>	IAI	IAI	<b>MP</b>
A19	IAC	IAC	MP	ACP	ACP	<b>MP</b>
A20	ACP	ACP	<b>MP</b>	IAC	IAC	MP
A21	IAC	IAC	MP	ACP	ACP	<b>MP</b>
A22	ACP	IAC	PRO	ACP	ACP	<b>MP</b>

**Legenda** – IAC: ideia aceite; IAI: ideia alternativa; ACP: ausência de considerações sobre este parâmetro; DIA: desenvolvimento das ideias dos alunos; PRO: progressão; MP: mesma posição; PI: processo indefinido.

**Nota:** A sigla MP (mesma posição) encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias aceites. Em contrapartida, a sigla MP encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, ideias alternativas ou ausência de considerações sobre determinado parâmetro.

Para ilustrar o processo de progressão, em relação ao parâmetro *local de produção de sangue*, serão utilizados os casos dos alunos A5 e A16, compostos pelas respostas desses alunos às questões referentes ao momento pós-ensino, pois, no momento antes de ensino, esses alunos não responderam à questão “3. Explícite o que diria a um amigo se tivesse que lhe explicar onde e como se produz o sangue”.

**- Que alterações você introduziria na resposta da questão 3? (momento pós-ensino)**

Incluiria a informação sobre a produção de sangue acontecer na medula óssea. (Aluno A5)

Que a produção do sangue ocorre na medula óssea. (Aluno A16)

Como os alunos A5 e A16 não responderam à questão no momento antes de ensino e passaram a referir-se, corretamente, ao local de produção do sangue, considera-se que esses alunos passaram por um processo de progressão.

O Quadro 4.15 também mostra que dois alunos passaram por um processo indefinido no

que se refere ao parâmetro *como se produz o sangue*. Para ilustrar tal processo será utilizado o caso da aluna A3, composto pelas respostas às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

**Explicita o que diria a um amigo se tivesse que lhe explicar onde e como se produz o sangue. (momento antes de ensino)**

O sangue é produzido na medula óssea. (aluna A3)

**- Que alterações você introduziria na resposta da questão 3? (momento pós-ensino)**

O sangue é produzido de nutrientes necessário ao corpo humano, inicialmente produzidos na digestão alimentar e filtrados nos rins, através dos néfrons, e liberados para a corrente sanguínea. O que não serve é excretado através da urina. (aluna A3)

No momento antes de ensino, a aluna A3 indicou que o sangue é produzido na medula óssea, ideia cientificamente aceita, entretanto não manifestou considerações sobre o parâmetro *como se produz o sangue*. No momento pós-ensino, esta aluna, aparentemente, mantém que o sangue é produzido na medula óssea, embora considere que o sangue seja produzido a partir de substâncias aproveitadas durante a digestão, ideia alternativa em relação ao parâmetro *como se produz o sangue*. Dessa forma, percebe-se que a aluna A3 passa de uma posição (momento antes de ensino) em que não tece considerações sobre o parâmetro *como se produz o sangue*, para uma posição (momento pós-ensino) em que passa a manifestar uma ideia alternativa sobre o mesmo. Como não se reconhece as ideias iniciais da aluna A3 em relação ao parâmetro *como se produz o sangue*, julgou-se que a mesma passou por um processo indefinido, no qual, a única certeza, é de que não houve progressão, pois essa aluna adicionou uma ideia alternativa em sua rede de esquemas de conhecimento.

Os resultados das análises efetuadas relativamente aos cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano – (1) circulação do sangue, (2) função dos vasos sanguíneos, (3) morfologia interna do coração, (4) circulação do sangue no interior do coração e (5) produção de sangue – corroboram, em parte, com os dados recolhidos por meio da quinta questão do questionário final de avaliação global. Esta questão solicitou que os alunos avaliassem os contributos das atividades da intervenção pedagógica para a aprendizagem referente aos seguintes tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano: (a) morfofunção do coração; (b) morfofunção dos vasos sanguíneos; (c) pequena circulação e grande circulação; e (d) produção de sangue. Para tal avaliação, os alunos utilizaram uma escala com vários graus de intensidade – nenhum, algum, muito e bastante. O Quadro 4.16 expõem os resultados das análises das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 4.16: Percepções dos alunos sobre os contributos das atividades da intervenção pedagógica para a aprendizagem de tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano (n = 22)

Tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano	Grau de contribuição da intervenção pedagógica para a aprendizagem			
	Nenhum	Algum	Muito	Bastante
	f	f	f	f
Morfofunção do coração	1	6	7	8
Morfofunção dos vasos sanguíneos	1	5	8	8
Pequena e a grande circulação	1	6	9	6
Produção de sangue no organismo	0	10	4	8

Como pode ser observado no Quadro 4.16, a maioria dos alunos julgou que a intervenção pedagógica contribuiu “bastante” para a aprendizagem da morfofunção do coração, aspecto que corrobora com as análises relacionadas aos tópicos *morfologia interna do coração* e *circulação do sangue no interior do coração*. A análise do tópico *morfologia interna do coração* indicou que metade dos alunos passou por um processo de progressão no que se refere aos parâmetros *válvulas atrioventriculares* e *septo cardíaco*, enquanto que a maioria dos alunos progrediu em relação ao parâmetro *número de cavidades cardíacas*. Aspecto similar ocorreu em relação ao tópico *circulação do sangue no interior do coração* e aos parâmetros de análise a ele associados. Quanto à morfofunção dos vasos sanguíneos, a maioria dos alunos avaliou que a intervenção pedagógica contribuiu “bastante” ou “muito” para a aprendizagem desse aspecto, avaliação que corrobora com as análises referentes ao tópico *função dos vasos sanguíneos*. Tais análises evidenciaram que a maioria dos alunos passou por um processo de progressão em relação às suas ideias sobre os parâmetros *função das artérias* e *função das veias*. No que corresponde à pequena e à grande circulação, a maioria dos alunos avaliou que a intervenção pedagógica contribuiu “muito” para a aprendizagem desses elementos, aspecto que não corroborou com os resultados anteriores, referentes ao tópico *circulação do sangue*. Esta afirmação parte do pressuposto de que apenas sete alunos passaram por um processo de progressão, em relação ao parâmetro *circulação do sangue: a relação coração-pulmão*, e somente seis alunos progrediram, no que concerne ao parâmetro *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*. Portanto, considera-se, neste caso, que as percepções dos alunos sobre seus aprendizados não corresponderam ao que foi aprendido, tendo-se em consideração às análises das respostas dos mesmos às atividade de aprendizagem. Finalmente, a maioria dos alunos (12) avaliou que a intervenção pedagógica contribuiu “muito + bastante” para a aprendizagem relacionada à produção de sangue no organismo. Todavia, um número substantivo de alunos (10) considerou que a intervenção colaborou “pouco” para a aprendizagem relacionada ao tópico aludido. Estes

resultados levam a crer que uma parcela dos alunos pode ter considerado que a progressão das ideias referentes ao parâmetro *local de produção de sangue* foi um contributo e, por isso, optou pelos itens “muito” ou “bastante”. Em contrapartida, a ausência de progressão em relação ao parâmetro *como se produz o sangue* pode ter levado uma outra parcela de alunos a optar pelo item “algum”. Com base nesses argumentos, avalia-se que as percepções dos alunos corroboram com o que foi aprendido sobre o tópico *produção de sangue*.

Em suma, pode-se afirmar que a estratégia de intervenção pedagógica implementada na disciplina de Anatomia Humana proporcionou os seguintes resultados de aprendizagem, de acordo com os cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano analisados:

- **Circulação do sangue.** A maioria dos alunos manteve as mesmas ideias em relação ao momento antes de ensino e, portanto, não passou por uma evolução conceitual, em relação aos dois parâmetros analisados: *circulação do sangue: a relação coração-pulmão* e *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*. Destaca-se que as seguintes ideias alternativas foram indicadas nos momentos antes de ensino e pós-ensino: (a) o sangue circula em um sistema fechado que passa, apenas, pela circulação sistêmica, sem atingir a circulação pulmonar, ou seja, o sangue circula segundo um modelo de única volta; (b) o sangue circula em um sistema fechado com caminho incorreto pelos pulmões; (c) o sangue circula em um sistema aberto, isto é, sai do coração, mas não retorna; (d) o sangue circula em um padrão circular, isto é, toma uma rota circular para outras partes do corpo antes de atingir o órgão alvo.
- **Função dos vasos sanguíneos.** A maioria dos alunos passou por uma evolução conceitual, em relação aos dois parâmetros analisados: *função das artérias* e *função das veias*. Destaca-se que as seguintes ideias alternativas foram manifestadas no momento antes de ensino: (a) atribuição inversa das funções às ‘artérias’ e ‘veias’, ou seja, atribuição às veias a função das artérias e vice-versa; (b) as artérias são vasos que levam o sangue para as veias antes de atingirem os capilares; (c) a ‘artéria’ designa todos os tipos de vasos sanguíneos; (d) as veias são vasos que levam o sangue de todas as partes do corpo para os pulmões; (e) a ‘veia’ designa todos os tipos de vasos sanguíneos. Por outro lado, a única ideia alternativa patente no momento pós-ensino foi aquela expressa no item (d).
- **Morfologia interna do coração.** A maioria dos alunos passou por uma evolução conceitual no que se refere ao parâmetro *número de cavidades cardíacas*, enquanto que metade dos alunos passou por esse processo no que tange aos parâmetros *válvulas atrioventriculares* e *septo cardíaco*. Sublinha-se que as seguintes ideias alternativas foram manifestadas no momento antes de ensino: (a) o coração é representado com um número de cavidades cardíacas diferente do real; (b) o coração é representado sem válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares); (c) o coração é representado sem septo cardíaco. No momento pós-ensino ocorreu a manifestação das ideias alternativas manifestas nos itens

(b) e (c).

- **Circulação de sangue no interior do coração.** A maioria dos alunos passou por uma evolução conceitual no que tange ao parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades do lado esquerdo*, enquanto metade dos alunos passou por esse processo em relação ao parâmetro *trânsito de sangue entre os dois lados do coração*. Por outro lado, a maioria dos alunos não passou por uma evolução conceitual em relação ao parâmetro *trânsito de sangue entre as cavidades do lado direito*, pois esses alunos permaneceram sustentando ideias aceitas, não tecendo considerações sobre este parâmetro ou passaram a indicar ideias alternativas. Sublinha-se que as ideias alternativas patentes nos momentos antes de ensino e pós-ensino foram: (a) o sangue trânta do ventrículo direito para o átrio (aurícula) direito; (b) o sangue trânta do ventrículo esquerdo para o átrio (aurícula) esquerdo; (c) o sangue trânta entre os dois lados do coração;
- **Produção de sangue.** A maioria dos alunos passou por uma evolução conceitual no que corresponde ao parâmetro *local de produção de sangue*. Por outro lado, a maioria dos alunos não passou por uma evolução conceitual em relação ao parâmetro *como se produz o sangue*, pois manteve a mesma posição em relação ao momento antes de ensino, neste caso, sem manifestar considerações sobre esse parâmetro. Sublinha-se que as ideias alternativas presentes no momento antes de ensino foram: (a) o sangue é produzido no estômago; (b) o sangue é produzido nos vasos sanguíneos; (c) o sangue é produzido no coração; (d) o sangue é produzido a partir de substâncias aproveitadas durante a digestão; (e) o sangue é produzido a partir da reunião de componentes do sangue; (f) os nutrientes são absorvidos pela medula óssea e transformados em hemácias. No momento pós-ensino registrou-se a manifestação das ideias alternativas patentes nos itens (d) e (f).

#### 4.2. Impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência

A presente seção focaliza-se na apresentação e análise dos dados em função do seguinte objetivo de investigação:

- Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência;

A consecução do referido objetivo de investigação processou-se através da análise das:

- a) Concepções dos alunos sobre quatro dimensões da Natureza da Ciência – (1) Imagem do Cientista; (2) Contexto da Atividade Científica; (3) Processo de Criação

Científica; e (4) Evolução do Conhecimento Científico – nos momentos antes de ensino e pós-ensino.

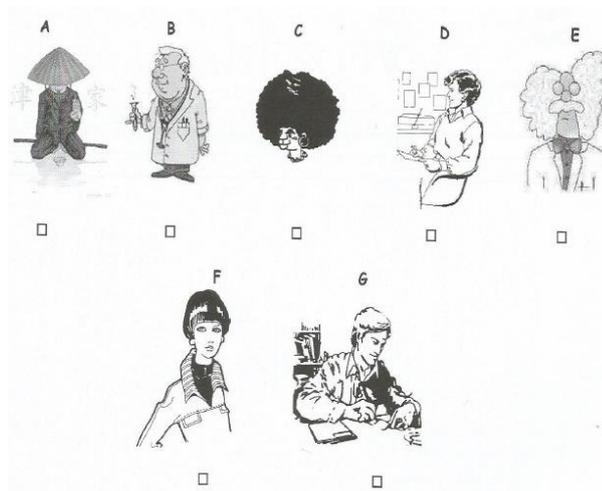
- b) Percepções dos alunos sobre o papel da estratégia de intervenção pedagógica na aprendizagem relacionada a quatro dimensões da Natureza da Ciência – (1) Imagem do Cientista; (2) Contexto da Atividade Científica; (3) Processo de Criação Científica; e (4) Evolução do Conhecimento Científico.

As concepções dos alunos sobre as quatro dimensões da Natureza da Ciência, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, foram analisadas a partir das respostas dos alunos a questões das atividades de aprendizagem. As percepções dos alunos sobre o papel da intervenção pedagógica, baseada na História da Ciência, na aprendizagem das quatro dimensões da Natureza da Ciência foram analisadas através das respostas dos alunos às questões do guião entrevista dos grupos focais e ao questionário final de avaliação global.

Inicia-se esta seção com a apresentação e análise dos dados referentes às concepções dos alunos sobre a Imagem do Cientista.

Os dados referentes às concepções dos alunos sobre esta dimensão da Natureza da Ciência, no momento antes de ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos às seguintes questões da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1):

- Das figuras que se seguem, indique aquela(s) que considera poder representar um cientista. Justifique.



- Caracterize/Descreva o período de uma semana da vida de um cientista.

A primeira questão prende-se ao parâmetro *caracterização iconográfica dos cientistas*, enquanto a segunda questão refere-se ao parâmetro *caracterização da atividade do cientista*. Por intermédio da segunda questão pretendeu-se identificar a imagem que os alunos têm da atividade do cientista, isto é, se ela assenta apenas numa única atividade que é a atividade de investigação ou se contempla outras atividades como, por exemplo, a de ensino e se ainda conjuga atividades de caráter social e familiar. A análise das respostas dos alunos a essas duas questões possibilitou a identificação de atributos capazes de integrar as respostas dos alunos às seguintes categorias: (a) Imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista; (b) Imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista. Os dados referentes às concepções dos alunos sobre a Imagem do Cientista, no momento pós-ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos mesmos à questão “Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 - Anexo 1), descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão”, que corporificou a atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12). Nessa perspectiva, as concepções dos alunos sobre esta dimensão da Natureza da Ciência, no momento pós-ensino, referem-se à reflexão que os mesmos fizeram sobre suas concepções no momento antes de ensino, e, portanto, prenderam-se à capacidade dos mesmos de identificar atributos de suas respostas que deveriam ser alterados para integrá-las à perspectiva de cariz pós-positivista.

O Quadro 4.17 mostra as imagens perfilhadas pelos alunos acerca dos cientistas nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro *caracterização iconográfica dos cientistas*.

A análise do Quadro 4.17 revela que, no momento antes de ensino, um número reduzido de alunos (apenas seis) perfilhava imagens dos cientistas usualmente associadas a perspectiva de cariz pós-positivista, ou seja, imagens de cientista que não evidenciam estereótipo: (a) indivíduo tanto do sexo masculino como do sexo feminino; (b) indivíduo de qualquer cor de pele; (c) indivíduo não necessariamente integrado num laboratório

**Quadro 4.17: Imagens perfilhadas pelos alunos acerca dos cientistas nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro caracterização iconográfica dos cientistas (n = 22)**

Imagens acerca dos cientistas	Momento antes de ensino	Momento pós-Ensino
	f	f
<b>Imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista</b>	<b>6</b>	<b>20</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Imagem de cientista que não evidencia estereótipo</li> </ul>		
- Indivíduo tanto do sexo masculino como do sexo feminino	2	13
- Indivíduo de qualquer cor de pele	3	16
- Indivíduo não necessariamente integrado num laboratório	4	6
<b>Imagem usualmente associada a perspectivas de cariz positivista</b>	<b>16</b>	<b>2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Imagem de cientista que evidencia estereótipo</li> </ul>		
- Indivíduo geralmente integrado num laboratório	10	2
- Indivíduo intelectualmente superior	5	0
- Indivíduo que procura constantemente o novo	2	0
- Indivíduo com aparência relacionada à área em que pesquisa	1	0
- Indivíduo do sexo masculino, de cor de pele branca e ocidental	1	0
<b>Ausência de resposta</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Nota:** O somatório das frequências sem negrito pode ser superior ao número total de alunos das categorias porque alguns alunos indicaram mais de uma imagem de cientista.

Em caráter ilustrativo, seguem duas respostas associadas a perspectiva de cariz pós-positivista, apresentadas por alunos que assinalaram todas as figuras ilustrativas dos Cientistas:

“As figuras acima não trazem informações suficientes para se considerar os personagens cientistas, ou não, pois não acredito que um cientista se defina através de características externas, nem de estereótipos e sim de conhecimento. Dessa forma, todos os personagens podem ser cientistas, ou nenhum deles.” (aluna A7)

“Todo e qualquer ser humano possui capacidade de tornar-se um cientista, independentemente da cor, raça ou credo, como idênticos geneticamente, as capacidades intelectuais podem ser trabalhadas, desde a infância, desta forma qualquer um possui este caminho à sua disposição, basta querer lutar e encarar os desafios que será preciso superar para chegar neste objetivo.” (aluno A21)

A resposta da aluna A7 explicita que um cientista não pode ser identificado por meio de características externas – provavelmente ela se refere ao sexo e à cor de pele – e estereótipos, como um indivíduo vestido de jaleco (elemento não explicitado pela aluna). Por sua vez, o aluno A21 indica, explicitamente, que todo ser humano pode ser um cientista, aspecto que independe de características externas, como a raça – conceito contestado no âmbito da biologia humana

(para maiores detalhes ver Pena, 2005). Certamente, o aluno A21 utiliza o conceito de raça para se referir à indivíduos de cor de pele branca, negra, parda etc.

Por outro lado, a maioria dos alunos perfilhou imagens usualmente associadas a perspectiva de cariz positivista, quer dizer, indicaram, no momento antes de ensino, imagens de cientista que evidenciam estereótipos, como as manifestadas nas respostas abaixo:

[Marcou apenas a letra B] “Pelo traje que parece ser comum entre cientistas e pesquisadores” (aluno A15).

[Marcou apenas a letra B] “Os cientistas geralmente, ou talvez sempre, estarão usando roupas próprias para laboratório, jalecos, por exemplo” (aluno A17).

Os alunos A15 e A17 assinalaram apenas a letra B da referida questão. Esta letra corresponde a um indivíduo mais velho, de jaleco, óculos e com um tubo de ensaio nas mãos, ou seja, elementos que compõem o clássico estereótipo de um cientista integrado em um laboratório, descrito de forma pormenorizada por Mead & Métraux (1957). Esta imagem do cientista como indivíduo geralmente integrado em um laboratório associa-se à perspectiva (de cariz positivista) de que o agir do cientista é, eminentemente, experimental, e, portanto, pode-se supor, com base nas considerações de Kosminsky & Giordan (2002), que esses alunos, provavelmente, desconsideraram as elaborações teóricas e as ciências não experimentais. A referida imagem também foi identificada no estudo de McDuffie (2001), realizado com professores em formação e em exercício.

Utilizando o instrumento de investigação *Draw a Scientist Test* (DAST) (Chambers, 1983), ou versões do mesmo, alguns investigadores como Rosenthal (1993), McDuffie (2001) e Miele (2014) também encontraram um percentual significativo de imagens de cientista que evidenciam estereótipo, em grupos de alunos universitários.

Retornando ao Quadro 4.17, pode-se observar que as respostas de cinco alunos também prendem-se à imagem de cientista que evidencia estereótipo, embora, neste caso, ao estereótipo de um indivíduo intelectualmente superior. Abaixo são apresentados exemplos ilustrativos de respostas dos alunos que se associam a este estereótipo, relacionado a perspectiva de cariz positivista:

[Marcou apenas a letra B] “Analisei pelo óbvio, que às vezes não é tão claro assim, um senhor de óculos, bem vestido e aparentemente cheio de conhecimentos, fazendo uma comparação com as outras figuras, mas cientista é aquele que realmente se entrega ao projeto” (aluna A12).

[Marcou apenas as letras B, D e G] “São pessoas que estão em contato com o conhecimento através de livros, laboratórios, internet, aguçando seus conhecimentos fazendo experimentos” (aluno A17).

Embora a aluna A12 afirme que cientista “é aquele que realmente se entrega ao projeto”, no aparente intuito de fornecer uma caracterização geral para os cientistas, ela também afirma, inicialmente, que o indivíduo representado pela letra B é “aparentemente cheio de conhecimentos”. Portanto, essa aluna também considerou que os cientistas são indivíduos intelectualmente superiores. A justificativa apresentada pelo aluno A17, por ter marcado as letras B, D e G, possibilitou inferir que o mesmo considerou os cientistas como indivíduos intelectualmente superiores e geralmente integrados em um laboratório, fazendo experimentos. As expressões “contato com o conhecimento” e “aguçando seus conhecimentos”, utilizadas pelo aluno A17, em referência ao trabalho dos cientistas, transmitem uma ideia de que o trabalho científico é reservado a minorias dotadas de inteligência diferenciada. Nesse sentido, as respostas desses dois alunos prenderam-se, em certa medida, a uma visão elitista de Ciência – construída por gênios –, como considerada por Gil Pérez, et al. (2001) e evidenciada por McDuffie (2001) em uma investigação com professores em formação.

Diferentes autores destacam o papel da linguagem cinematográfica, dos desenhos animados e da mídia na formação de estereótipos dos cientistas (McDuffie, 2001; Barca, 2005; Mesquita & Soares, 2008). A aluna A10 torna patente, na justificativa apresentada para a marcação das letras B e E, a influência que sofreu dessas indústrias:

“É comum vermos em filmes e até em desenhos a figura do cientista como um senhor de idade, jaleco, com canetas no bolso, cabelo arrepiado e cercado de tubos de ensaio” (aluna A10).

Finalmente, a análise do Quadro 4.17 revela que a maioria dos alunos sustentou uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista, no momento pós-ensino, ou seja, uma imagem de cientista que não evidencia estereótipo. O estudo conduzido por Miele (2014), em uma disciplina de métodos de ensino de Ciência para a educação fundamental, também evidenciou substantivas modificações nas imagens do cientista representadas pelos

alunos participantes da investigação. Segundo a autora, a redução de imagens estereotipadas dos cientistas ocorreu em função de um trabalho focalizado em discussões sobre os estereótipos de cientistas, identificados em desenhos realizados pelos próprios alunos. Neste trabalho, os alunos tiveram que analisar os seus desenhos, com base em critérios definidos pelo professor, aspecto que permitiu a posterior construção colaborativa de um gráfico, que representou a imagem de cientista da turma inteira. A análise deste gráfico possibilitou a realização de discussões sobre os estereótipos identificados.

No que tange a presente investigação, considera-se que o conjunto das atividades de aprendizagem que corporificaram a intervenção pedagógica contribuíram para a desconstrução da visão estereotipada do cientista e, portanto, de uma imagem usualmente associada a perspectivas de cariz positivista. Destaca-se que nas atividades de aprendizagem foram trabalhados conhecimentos científicos construídos por indivíduos de diferentes cores de pele (brancos e negros) e de ambos os sexos (masculino e feminino).

Na sequência, apresenta-se o processo de desenvolvimento das imagens perfilhadas pelos 22 alunos, acerca dos cientistas, tendo-se em consideração o parâmetro caracterização iconográfica dos cientistas. Nessa análise de desenvolvimento foram consideradas quatro possibilidades: (1) *progressão*, quando o aluno evoluiu da categoria imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista para a categoria imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista; (2) *mesma posição*, quando o aluno permanece na mesma categoria; (3) *processo indefinido*, quando o aluno passa da categoria ausência de considerações sobre determinado parâmetro para a categoria imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista; (4) *regressão*, quando o aluno passa de uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista para uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista. Os dados contidos no Quadro 4.18 representam o referido processo.

A análise do Quadro 4.18 revela que a maioria dos alunos passou por um processo de progressão no que tange ao desenvolvimento de suas imagens acerca do cientista, considerando-se o parâmetro *caracterização iconográfica dos cientistas*. Este aspecto aponta a presença de reconstrução das concepções dos alunos sobre a Imagem do Cientista.

Quadro 4.18: Desenvolvimento das imagens perfilhadas pelos alunos acerca do Cientista, considerando-se o parâmetro caracterização iconográfica dos cientistas (n = 22)

Alunos	Imagem usualmente associada a perspectiva de cariz		Desenvolvimento das Imagens acerca do Cientista
	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino	
A1	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A2	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A3	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A4	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A6	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A10	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A11	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A12	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A13	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A14	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A15	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A16	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A17	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A19	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A18	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A22	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A5	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A7	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A8	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A9	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A20	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A21	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição

**Nota:** A expressão ‘mesma posição’ encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista. Em contrapartida, a expressão ‘mesma posição’ encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista.

Para ilustrar este processo de progressão serão utilizados os casos de dois alunos, compostos pelas respostas dos mesmos às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino.

- Das figuras que se seguem, indique aquela(s) que considera poder representar um cientista. Justifique. (momento antes de ensino)

[Marcou apenas a letra B] “Acredito que o cientista seja apenas o B por estar nas mãos com um material utilizado em laboratório, nas outras figuras os objetos utilizados são comuns, não me fazendo lembrar de um laboratório.” (aluna A1)

[Marcou as letra B e E] “É comum vermos em filmes e até em desenhos a figura do cientista como um senhor de idade, jaleco, com canetas no bolso, cabelo arrepiado e cercado de tubos de ensaio.” (aluna A10)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Eu tinha uma visão diferente do que é o cientista, acreditava que existia um tipo específico, e que para ser cientista teria que ter alguma característica ligada ao laboratório, hoje já tenho uma visão diferente, os vejo como pessoas normais, por isso marcaria todas.” (aluna A1)

“Qualquer figura pode representar um cientista, pois não existe um padrão exato para ser cientista.” (aluna A10)

A aluna A1 supera a imagem estereotipada de cientista, de um indivíduo geralmente integrado em um laboratório, e passa a considerar, no momento pós-ensino, que todas as figuras apontadas na questão poderiam representar um cientista. Além disso, essa aluna afirmou que os cientistas não precisam estar ligados a um laboratório, característica que sugere que ela passou a não reconhecer o laboratório como único espaço do fazer científico. A produção de conhecimento científico através de processos mobilizados fora do ambiente laboratorial – aspecto trabalhado na presente intervenção pedagógica –, a exemplo da observação do corpo humano aquando do tratamento cirúrgico de gladiadores (Galeno foi médico dos gladiadores), pode ter contribuído para a construção dessa visão da aluna A1. Portanto, verifica-se que essa aluna progrediu de uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista para uma de cariz pós-positivista de Ciência, em relação ao parâmetro *caracterização iconográfica do cientista*.

A aluna A10 também caracterizou o cientista com uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista, no momento antes de ensino. No momento pós-ensino, esta aluna indicou que qualquer uma das figuras poderia representar um cientista, portanto, passou a sustentar uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista, quer dizer, a imagem do cientista sem estereótipos. A presença de cientistas negros (Charles Richard Drew e Vivien Thomas) e do sexo feminino (Helen Taussig), na intervenção pedagógica, pode ter colaborado para a mudança de perspectiva dessa aluna.

A análise do Quadro 4.18 revela, ainda, que oito alunos não tiveram progressão, nem regressão, em suas imagens sobre o cientista, porque mantiveram a mesma concepção do momento antes de ensino. Desses, a maioria (seis alunos) já manifestava concepções pós-positivistas no momento antes de ensino e, portanto, apenas manteve tal concepção no momento pós-ensino. Por outro lado, dois alunos indicaram imagens usualmente associadas a perspectiva de cariz positivista, nos momentos antes e pós-ensino, evidenciando que a intervenção pedagógica foi incapaz de modificar as concepções desses alunos. Avalia-se que a imagem de cientista geralmente integrado num laboratório, manifestada por esses dois alunos no momento antes de ensino, possuía um alto grau de coerência para os mesmos e, portanto, foram mantidas no momento pós-ensino (ver Quadro 4.17). De acordo com Miras (1998, p. 62):

“o problema que se coloca no caso da aprendizagem escolar não será tanta a existência ou não de

conhecimentos prévios, mas o estado desses conhecimentos. Diante de um novo conteúdo de aprendizagem, os alunos podem apresentar conhecimento prévios mais ou menos elaborados, mais ou menos coerentes e, sobretudo, mais ou menos pertinentes, mais ou menos adequados ou inadequados em relação a esse conteúdo.”

Para ilustrar esta situação, utilizou-se o caso da aluna A18, composto por suas respostas às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino.

**- Das figuras que se seguem, indique aquela(s) que considera poder representar um cientista. Justifique. (momento antes de ensino)**

[Marcou as letras B, D, E e G] “Pessoas que estão devidamente trajadas, com equipamentos ou livros, evidenciando que estão estudando algo.” (aluna 18)

**- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)**

“Um cientista não precisa estar todo o tempo em um laboratório, e fazer do jaleco seu uniforme, leva uma vida normal, tem problemas, como todas as pessoas.” (aluna A18)

No momento antes de ensino, a aluna marcou as letras que representam a imagem de um indivíduo integrado em um laboratório (B e E) e que representam um indivíduo lendo/estudando (D e G). As letras escolhidas, em conjugação com a justificativa manuscrita, sugerem que esta aluna caracterizou uma imagem do cientista usualmente associada a perspectivas de cariz positivista, ou seja, a imagem estereotipada de um indivíduo geralmente integrado em um laboratório e intelectualmente superior. No momento pós-ensino, esta aluna manifestou que o cientista “não precisa estar todo o tempo em um laboratório”, pois este “leva uma vida normal”. O argumento prende-se a uma imagem associada a perspectivas de cariz positivista, ou seja, a imagem de um indivíduo integrado em um laboratório, ainda que não seja o tempo todo. Portanto, julgou-se que a aluna continuou considerando que o fazer científico restringe-se ao âmbito laboratorial.

Na sequência, passa-se à análise das imagens perfilhadas pelos alunos acerca dos cientistas, considerando-se os momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro *caracterização da atividade do cientista*. O Quadro 4.19 expõem essas imagens.

A análise do Quadro 4.19 revela que, no momento antes de ensino, um número reduzido de alunos (apenas dois) perfilhava imagens dos cientistas usualmente associadas a perspectivas de cariz pós-positivista, ou seja, considerava que o cientista vive como um cidadão comum.

Quadro 4.19: Imagens perfilhadas pelos alunos acerca dos cientistas nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro caracterização da atividade do cientista (n = 22)

Imagens acerca dos cientistas	Momento antes de ensino	Momento pós-Ensino
	f	f
<b>Imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista</b>	<b>2</b>	<b>12</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indivíduo que vive como um cidadão comum</li> <li>- Intercala trabalho e descanso</li> <li>- Tem uma vida similar à de outras pessoas</li> <li>- Tem uma vida social e/ou familiar</li> <li>- Sem padrão de vida específico</li> </ul>	<p>1</p> <p>1</p> <p>0</p> <p>0</p>	<p>1</p> <p>5</p> <p>3</p> <p>3</p>
<b>Imagem usualmente associada a perspectivas de cariz positivista</b>	<b>12</b>	<b>9</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indivíduo que vive à margem do mundo real</li> <li>- Na busca constante pelo conhecimento</li> <li>- Entre pesquisa e leitura</li> <li>- Seguindo etapa(s) do “método científico”</li> <li>- Aplicando o que aprendeu</li> <li>- Dedicando-se e persistindo de forma autônoma</li> </ul>	<p>5</p> <p>5</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>	<p>3</p> <p>4</p> <p>3</p> <p>1</p> <p>0</p>
<b>Ausência de resposta</b>	<b>8</b>	<b>1</b>

**Nota:** O somatório das frequências sem negrito é superior ao número total de alunos da categoria imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista porque alguns alunos indicaram mais de um atributo que torna patente que o cientista é um indivíduo que vive à margem do mundo real.

Em caráter ilustrativo, segue uma das respostas associadas a perspectiva de cariz pós-positivista:

“Uma semana da vida de um cientista deve ser como a vida do gari, do professor, bem como a de um aluno como eu, entretanto, seus momentos de intervalo serão mais ‘aproveitados’ focando no seu objetivo, acredito.” (aluno A17)

O aluno A17, ao responder à questão “Caracterize/Descreva o período de uma semana da vida de um cientista”, considerou que o cientista vive como qualquer outro cidadão. Por outro lado, a maioria dos alunos perfilhou imagens usualmente associadas a perspectivas de cariz positivista, quer dizer, descreveram, no momento antes de ensino, imagens dos cientistas que permitiram considerar que os mesmos vivem à margem do mundo real. Entre essas imagens, figuraram em maior destaque aquelas que indicaram que o cientista vive entre pesquisa e leitura ou na busca constante pelo conhecimento. Abaixo são apresentados exemplos ilustrativos de respostas dos alunos que representam tais imagens, usualmente associadas a perspectiva de cariz positivista:

“Ao acordar, geralmente pela manhã, executa suas atividades matinais e se dirige ao laboratório. No seu laboratório, ou seu local de trabalho, dará início as suas atividades de pesquisa ou continuidade ao projeto já em andamento, utilizando-se de ferramentas para a execução desse projeto, desde um livro até sua cobaia. Incansável, leva horas à dentro, até que nota que, infelizmente, deve ir para casa repousar e recarregar-se para o dia seguinte.” (aluno A5)

“Busca incessante pelo conhecimento.” (aluna A9)

Os alunos A5 e A9 indicaram que os cientistas vivem entre pesquisa e leitura e na busca constante pelo conhecimento, respectivamente. Investigações realizadas com alunos do ensino fundamental (Costa e Silva, Santana & Arroio, 2012), médio (Kosminsky & Giordan, 2002) e superior (Zanon & Machado, 2013), também evidenciaram representações dos cientistas similares a essas, em que os mesmos são considerados indivíduos desconectados do mundo real, sem qualquer tipo de convívio social. O estudo de Zanon & Machado (2013), por exemplo, com licenciandos de um curso de Química, mostrou que esses alunos consideravam que a rotina diária do cientista é constituída, basicamente, por estudos e pesquisas. Tais representações podem estar associadas, mais uma vez, à influência da mídia, que retrata os cientistas como “pessoas com inteligências acima da média, muito dedicadas às suas experiências e sem vida social ou afetiva” (Mesquita & Soares, 2008, p. 423, sublinhado nosso).

Retornando ao Quadro 4.19, pode-se verificar que oito alunos não responderam à questão referente ao momento antes de ensino. Tais resultados prendem-se, provavelmente, ao fato da questão “10. Caracterize/Descreva o período de uma semana da vida de um cientista” ter sido a última questão da atividade de aprendizagem, e, por esse motivo, alguns alunos ficaram sem tempo para respondê-la, em função do prazo estabelecido para o término da atividade.

A análise do Quadro 4.19, quanto ao momento pós-ensino, revela que a maioria dos alunos sustentou uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista, ou seja, consideraram que o cientista vive como um cidadão comum. Costa e Silva, Santana & Arroio (2012) realizaram um estudo comparativo entre dois grupos de alunos do Ensino Fundamental, em que um deles havia realizado discussões acerca da Natureza da Ciência, junto ao professor, ao longo dos dois anos anteriores de escolaridade e o outro grupo não tinha realizado essas discussões. No momento antes de ensino, os autores constataram que o grupo que havia realizado discussões anteriores, sobre a Natureza da Ciência, apresentava imagens do cientista com características pós-positivistas, diferente do grupo que não tinha realizado tais

discussões previamente, evidenciando que intervenções de ensino, nesse sentido, contribuem para a reconstrução de visões sobre a Natureza da Ciência. No que tange à presente investigação, considera-se que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para a desconstrução da imagem de que o cientista é um indivíduo que vive à margem do mundo real, ou seja, uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista. Na intervenção foram inseridos elementos do contexto familiar e episódios/aspectos particulares da vida dos cientistas, com o intuito de humanizar esses indivíduos e, conseqüentemente, a atividade científica. Os seguintes trechos, de duas das entrevistas com grupos focais, ilustram as percepções dos alunos sobre o papel da estratégia de intervenção pedagógica na aprendizagem relacionada à Imagem do Cientista:

#### Trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal

1. **Professor:** (...) o emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Quais aspectos? Que aspectos?

(...)

2. **Aluno A13:** (...) desmanchou aquela ideia figurativa do cientista que a gente tinha, aquela visão de cientista, aquele louco, isolado, e fez ver que, que é totalmente diferente...

#### Trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal

1. **Professor:** E sobre o cientista?

2. **Aluno A18:** Consegui, também, quebrar isso, porque eu achava que o cientista era quase um Deus. Imaginava que ele não tinha vida, uma vida normal, no final teve um que praticava esportes, outro tinha dificuldades financeiras, sofreu preconceitos e eu achava que o cientista não passava por nada disso, não tinha os problemas que nós temos. Outro a família interferiu, ele queria uma determinada profissão, a família terminou fazendo com que ele mudasse, procurasse outra, e eu achava que o cientista não passava por nenhum desses problemas.

No trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal, a aluna A13 manifestou os contributos da intervenção pedagógica para desfazer o estereótipo do cientista louco, à margem do mundo real. Por outro lado, no trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal, a aluna A18 mobiliza vários elementos que no seu conjunto contribuíram para a mudança de visão. Em primeiro lugar, essa aluna indicou um cientista – necessariamente, Charles Richard Drew, discutido na atividade de aprendizagem intitulada *Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew* (AtAp-HC7 – Anexo 10) – que praticava esportes. Logo em seguida, ela se refere a outro cientista – obrigatoriamente, Vivien Thomas, discutido na atividade de aprendizagem intitulada *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC7 – Anexo 9) – que teve problemas financeiros e sofreu com o preconceito racial. Por fim, a aluna A18 conseguiu ilustrar como a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para a integração dos cientistas no contexto familiar, recorrendo à descrição de um episódio particular

da vida do médico grego Galeno, questão trabalhada na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2).

Finalmente, a análise do Quadro 4.19 também revela que, no momento pós-ensino, um número expressivo de alunos perfilhava imagens dos cientistas usualmente associadas a perspectivas de cariz positivista, ou seja, imagens que consideram que o cientista é um indivíduo que vive à margem do mundo real. Esta imagem do cientista desconectado do mundo real, e sem uma vida social (com contexto familiar, episódios particulares, etc.), construída sob preponderante influência da mídia, retira o caráter humano da empreitada científica e compromete a construção de visões mais coerentes sobre o fazer científico. Na continuidade, apresenta-se, através do Quadro 4.20, o processo de desenvolvimento das imagens perfilhadas pelos 22 alunos acerca dos cientistas, tendo-se em consideração o parâmetro *caracterização da atividade do cientista*.

Quadro 4.20: Desenvolvimento das imagens perfilhadas pelos alunos acerca do Cientista, considerando-se o parâmetro caracterização da atividade do cientista (n = 22)

Alunos	Imagem usualmente associada a perspectivas de cariz		Desenvolvimento das Imagens acerca do Cientista
	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino	
A1	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A2	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A6	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A10	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A12	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A14	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A4	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A5	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A9	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A19	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A20	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A22	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A11	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A17	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A7	Ausência de Resposta	Pós-Positivista	Progressão
A8	Ausência de Resposta	Pós-Positivista	Progressão
A13	Ausência de Resposta	Pós-Positivista	Progressão
A16	Ausência de Resposta	Pós-Positivista	Progressão
A18	Ausência de Resposta	Ausência de Resposta	<b>Mesma Posição</b>
A3	Ausência de Resposta	Positivista	Processo Indefinido
A15	Ausência de Resposta	Positivista	Processo Indefinido
A21	Ausência de Resposta	Positivista	Processo Indefinido

**Nota:** A expressão ‘mesma posição’ encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista. Em contrapartida, a expressão ‘mesma posição’ encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz positivista ou a ausência de resposta.

A análise do Quadro 4.20 revela que dez alunos passaram por um processo de progressão, no que tange ao desenvolvimento de suas imagens acerca do cientista, considerando-se o parâmetro *caracterização da atividade do cientista*. Este aspecto aponta a presença de reconstrução das concepções dos alunos sobre a Imagem do Cientista. Para ilustrar o referido processo de progressão, serão utilizados os casos dos alunos A7, A8 e A10. Os casos dos alunos A7 e A8 serão compostos apenas pelas respostas dos mesmos às questões referentes ao momento pós-ensino, pois esses alunos não responderam à questão referente ao momento antes de ensino.

**- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)**

“Não respondi essa questão, mas se tivesse que respondê-la, hoje, diria que não se pode descrever o período de uma semana de um cientista, pois ser cientista não é seguir um padrão de vida e cada pessoa tem sua individualidade e suas particularidades.” (aluna A7)

“O período de uma semana de um cientista é um período cheio de atividades diversas, desde que tenha separado tempo para tal, afinal ele é uma pessoa que tem necessidades comuns, porém com tarefas específicas de sua área.” (aluno A8)

A resposta da aluna A7 prende-se à uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivista, pois a mesma considera que os cientistas não possuem um padrão de vida específico, já que “cada pessoa tem sua individualidade e suas particularidades” (Aluna A7). O aluno A8 sustenta o mesmo tipo de imagem através de sua resposta, embora a mesma indique, mais especificamente, que os cientistas tem uma vida similar à de outras pessoas. As respostas desses dois alunos, à questão colocada no momento pós-ensino, permitem considerar que os mesmos sustentaram à perspectiva de que os cientistas vivem como cidadãos comuns. O mesmo se aplica ao caso da aluna A10, como pode ser visualizado abaixo:

**- Caracterize/Descreva o período de uma semana da vida de um cientista. (momento antes de ensino)**

“Trabalha 12 horas por dia, durante cinco dias uteis e descansa aos finais de semana. O seu dia-a-dia é extremamente ocupado e produtivo, com várias horas de estudo e experimento.” (aluna A10)

**- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)**

“Trabalha 8 horas por dia. Possui afazeres domésticos. Possui horário de descanso.” (aluna A10)

No momento antes de ensino, a aluna A10 sustenta uma posição que indica que o cientista é um indivíduo que vive à margem do mundo real, entre pesquisa e leitura. Entretanto,

no momento pós-ensino esta aluna passa a considerar, em sua resposta, elementos que indicam que o cientista intercala trabalho e descanso, e que possui afazeres domésticos (cozinhar, limpar a casa, lavar a roupa etc., ações não discriminadas pela aluna A10), aspectos que, no seu conjunto, evidenciam que o cientista vive como um cidadão comum.

O Quadro 4.20 também mostra que nove alunos mantiveram a mesma posição, pois não passaram por processos de progressão ou regressão, quanto às imagens de cientista perfilhadas, considerando-se o parâmetro *caracterização da atividade do cientista*. Este aspecto aponta para a ausência de reconstrução das concepções dos alunos sobre a Imagem do Cientista. Destaca-se que, entre esses alunos, dois já manifestavam uma imagem usualmente associada a perspectiva de cariz pós-positivistas no momento antes de ensino e, por isso, apenas mantiveram tal imagem no momento pós-ensino. Por outro lado, seis alunos indicaram imagens usualmente associadas a perspectivas de cariz positivista, nos momentos antes e pós-ensino. Nestes casos, supõem-se que as outras atividades realizadas pelos cientistas, discutidas na intervenção pedagógica, como as de caráter social, familiar e de ensino, não foram suficientes para que esses alunos modificassem às suas descrições/caracterizações do cotidiano dos cientistas. Provavelmente, esses alunos precisariam de um número maior de atividades de reflexão metacognitiva que possibilitassem um trabalho focalizado no cotidiano dos cientistas. Para ilustrar esta situação, de manutenção de imagens usualmente associadas a perspectivas de cariz positivista, utilizaram-se as respostas apresentadas pelo aluno A4 nos momentos antes de ensino e pós-ensino.

**- Caracterize/Descreva o período de uma semana da vida de um cientista. (momento antes de ensino)**

“- Leituras, avaliação de resultados de análise, observação de experimentos, relatórios.” (aluno A4)

**- Com relação às questões 4 a 10 da atividade As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)**

“Não ocorreu.” (aluno A4)

A análise da resposta do aluno A4, no momento antes de ensino, permitiu inferir que o mesmo considerou que o cientista é um indivíduo que vive à margem do mundo real, entre pesquisas e leituras, uma imagem usualmente associada a perspectivas de cariz positivista. No momento pós-ensino, este aluno afirmou que não ocorreram mudanças na forma como inicialmente pensava sobre essa questão. Dessa forma, considera-se que o aluno A4 permaneceu sustentando uma imagem usualmente associada a perspectivas de cariz positivista, em relação ao parâmetro *caracterização/descrição do cotidiano dos cientistas*, relacionado à

Imagem do Cientista.

Finalmente, o Quadro 4.20 mostra que três alunos passaram por um processo indefinido, em relação ao desenvolvimento das imagens perfilhadas acerca dos cientistas, tendo-se em conta o parâmetro *caracterização da atividade do cientista*. Esses alunos não responderam à questão referente ao momento antes de ensino – aspecto explicado nas análises referentes ao Quadro 4.19 – e, portanto, não manifestaram nenhuma imagem acerca dos cientistas. No entanto, responderam à questão referente ao momento pós-ensino, perfilhando imagens dos cientistas usualmente associadas a perspectiva de cariz positivista. Tais imagens indicam que o cientista é um indivíduo que vive à margem do mundo real, focalizado apenas no trabalho e sem relações sociais. Como não se sabe as respostas desses alunos, em relação ao momento antes de ensino, não se pode afirmar que os mesmos passaram por um processo de regressão, ou mantiveram a mesma posição. O único aspecto que se é capaz de afirmar, com certeza, é que esses alunos não passaram por um processo de progressão. Seguem abaixo as respostas desses três alunos:

**- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)**

“Deveria ter colocado que a semana de um cientista é feita com muitas pesquisas e descobertas.” (aluna A3)

“Não respondi na 1ª atividade, mas hoje acho que o período de vida de uma semana de um cientista é repleto de privações, tanto familiares, como em relação ao lazer, a amigos, e muitas vezes há uma rotina de várias horas perdidas, acordado, dedicado ao projeto, podendo-se gerar até problemas de saúde.” (aluno A15)

“Inicialmente, um cientista deve ter algum tipo de objetivo, planos traçados de como proceder, ao desenvolver um novo método de ensino, o cientista observa, cria teorias, compara o que é observado, altera suas teorias em busca de um denominador comum que dificilmente é encontrado em apenas uma semana, neste período acredito que exista muita observação e teorias sendo boladas para ser feito um estudo que visa adaptar o ensino à realidade, sem prejudicar o foco principal que é o bem comum.” (aluno A21)

A explicação para os alunos A3 e A21 terem recorrido a imagens usualmente associadas a perspectiva de cariz positivista, ao responderem à questão referente ao momento pós-ensino, pode estar relacionada ao fato dos mesmos terem compreendido que a questão “10. Caracterize/Descreva o período de uma semana da vida de um cientista” prende-se, apenas, aos aspectos laborais. Portanto, avalia-se que esses alunos negligenciaram as relações sociais e familiares que os cientistas estabelecem, elementos que foram discutidos ao longo da intervenção pedagógica.

Diferente dos alunos A3 e A21, o aluno A15 respondeu à questão pós-ensino enfatizando

as privações – familiares, de lazer e em relação a amigos – por que passam os cientistas, ao dedicaram-se exaustivamente à pesquisa, a ponto de comprometer a saúde. Supõe-se que a ideia de um cientista *workaholic* já poderia fazer parte dos esquemas de conhecimento<sup>79</sup> desse aluno, apesar de não tê-la utilizado no momento antes de ensino – pois não respondeu a questão, em função dos aspectos já mencionados nas análises relacionadas ao Quadro 4.19 – e, portanto, essa característica foi prontamente utilizada para a descrição da semana de vida dos cientistas, no momento pós-ensino.

Por fim, as análises efetuadas em relação à Imagem do Cientista permitem afirmar que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para que muitos alunos construíssem imagens do cientista usualmente associadas a perspectivas de cariz pós-positivista. Entretanto, destaca-se que esse processo foi mais acentuado no que se refere ao parâmetro *caracterização iconográfica do cientista*.

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados relativos às concepções dos alunos sobre o Contexto da Atividade Científica. Os dados referentes às concepções dos alunos sobre a referida dimensão da Natureza da Ciência, no momento antes de ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos às seguintes questões da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 – Anexo 1):

- Indique, justificando, se concorda ou discorda com a seguinte afirmação: “A atividade dos cientistas é um trabalho individual, isolado, solitário, independente uns dos outros e dos restantes cidadãos”.
- Das seguintes perspectivas, indique aquela que reflete a sua visão acerca da relação entre a Ciência e o contexto em que é praticada. a) A Ciência é influenciada por valores sociais, culturais e por interesses econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. b) A Ciência é universal, isto é, transcende as fronteiras nacionais e culturais, não sendo afetada por valores sociais, culturais, econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. Justifique a sua resposta, recorrendo a exemplos.

---

<sup>79</sup> Mauri (1998, p. 96) define esquemas de conhecimento como “representação que uma pessoa tem, em determinado momento, sobre uma parcela da realidade”.

A primeira questão relaciona-se ao parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*, enquanto a segunda questão prende-se ao parâmetro *influência do contexto na atividade científica*. A análise das respostas dos alunos a essas questões possibilitou a identificação de atributos capazes de integrar tais respostas em duas categorias de concepção de Ciência: (a) pós-positivista e (b) positivista. Por outro lado, os dados referentes às concepções dos alunos sobre o Contexto da Atividade Científica, no momento pós-ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos à seguinte questão, presente na atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica (AtAp-R4 - Anexo 12)*: - Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. Nessa perspectiva, as concepções dos alunos sobre essa dimensão da Natureza da Ciência, no momento pós-ensino, referem-se à avaliação que os mesmos fizeram de suas concepções no momento antes de ensino, e, portanto, prenderam-se à capacidade dos mesmos de identificar atributos de suas respostas que deveriam ser alterados para integrá-las à concepção de cariz pós-positivista. O Quadro 4.21 mostra as concepções dos alunos sobre o Contexto da Atividade Científica, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*.

**Quadro 4.21: Concepções dos alunos sobre o Contexto da Atividade Científica, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro trabalho científico como empreendimento individual/coletivo (n = 22)**

Concepções acerca da Ciência	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino
	f	f
<b>Concepção Pós-positivista</b>	<b>17</b>	<b>21</b>
▪ Trabalho científico como um empreendimento individual e coletivo		
- Perspectivado na partilha/mobilização de saberes	12	18
- Perspectivado na colaboração de carácter tecnicista, assentando no apoio à execução procedimental	5	3
<b>Concepção Positivista</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
▪ Trabalho científico como um empreendimento individual		
- Os cientistas buscam resultados individuais, de forma isolada, solitária e independente	2	0
<b>Diffícil categorização</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Ausência de resposta</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

A análise do Quadro 4.21 revela que, no momento antes de ensino, a maioria dos alunos sustentava concepções pós-positivistas de Ciência, em relação ao parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*, ou seja, considerava o trabalho científico como um empreendimento individual e coletivo. Em caráter ilustrativo, seguem duas respostas associadas a esta concepção:

“Não concordo. O trabalho de um cientista muitas vezes é feito em etapas, onde ao decorrer do processo o cientista recebe colaboração de colegas que podem ajudá-lo em uma etapa do processo em que o mesmo não conseguiu executar, e essas pesquisas geralmente estão diretamente ligadas aos problemas da sociedade.” (aluna A1)

“Não concordo no todo com o que a afirmação mostra, creio que existem momentos de individualismo e solidão, mas é necessário que se compartilhe, pesquise e dependa de outras ideias, outras pessoas, outros experimentos” (aluno A8).

As respostas desses alunos indicam que a empreitada científica é um empreendimento individual e coletivo, entretanto, a resposta da aluna A1 indica uma colaboração de caráter tecnicista, assentando no apoio na execução procedimental, enquanto a resposta do aluno A8 aponta para um trabalho claramente individual e coletivo, sendo este último perspectivado na partilha de e na mobilização de saberes. Portanto, por diferentes vias, a maioria dos alunos não sustentou o mito (McComas, 2002) de que a atividade científica é um empreendimento apenas individual. Por outro lado, dois alunos consideraram, em suas respostas referentes ao momento antes de ensino, elementos que possibilitaram integrar as mesmas à categoria de concepções positivistas de Ciência, aspecto patente nas respostas abaixo:

“Concordo, pois os cientistas exercem suas funções buscando resultados de forma individual, isolada, solitária e independente. Sendo que as atividades deles é de imensa importância para os demais.” (aluna A16)

A aluna A16 afirma, explicitamente, que labor dos cientistas é individual, isolado, solitário e independente. O estudo conduzido por Zanon & Machado (2013), no âmbito do ensino superior, também identificou alunos que representaram os cientistas como trabalhadores isolados. Os autores explicam esses resultados afirmando que a pesquisa foi realizada com alunos do terceiro do período do curso de Licenciatura em Química, neste sentido, alunos muito próximos aos conhecimentos do ensino médio – como no presente estudo – e, portanto,

alinhados com representações construídas nesse nível de ensino. Essa visão coaduna com a perspectiva defendida por Gil Pérez, et al. (2001), quando esses autores afirmam que a visão individualista e elitista do trabalho científico pode ter sua origem relacionada ao ensino de Ciências, pois, em muitas salas de aula, “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo” (p. 133). Além disso, acredita-se que as produções cinematográficas (Barca, 2005), os desenhos animados (Mesquita & Soares, 2008), o telejornalismo (Gutiérrez Julián, Gómes Crespo & Martín-Díaz, 2001), entre outras mídias, influenciam na construção de concepções de cariz positivista, como as que identificam o trabalho científico como um empreendimento apenas individual.

O Quadro 4.21 também mostra que três alunos apresentaram uma resposta de difícil categorização:

“Não, quando um cientista publica seu trabalhos, por exemplo, sobre uma possível cura de uma doença, todos ficam apreensivos e esperançosos.” (aluno A19)

Como pode ser visto, embora o aluno A19 indique que discorda da afirmação presente na questão, a sua resposta não possui atributos que permitam categorizá-la no conjunto de concepções, positivistas ou pós-positivistas, de acordo com o parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*.

No momento pós-ensino, a maioria dos alunos manifestou uma concepção pós-positivista de Ciência, ao considerarem o trabalho científico como um empreendimento individual e coletivo. Percebe-se, também, um aumento no número de alunos que indica que o trabalho coletivo incide na partilha/mobilização de saberes, e uma diminuição no número de alunos que considera que este trabalho manifesta-se através de uma colaboração de caráter tecnicista, assentando no apoio à execução procedimental. Ainda, destaca-se que nenhum aluno manifestou concepções positivistas, no momento pós-ensino. O trecho que se segue, de uma entrevista grupo focal, ilustra as percepções dos alunos sobre o papel da estratégia de intervenção pedagógica na aprendizagem relacionada ao Contexto da Atividade Científica, em específico, no que se refere ao parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*:

#### Trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal

1. **Professor:** O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Ajudou a ter um entendimento sobre Ciência? O quê de Ciência? Que aspectos?  
(...)

**2. Aluno A5:** (...) Que é necessário que exista colaboração, porque acho que não tem como se efetuar um processo científico sozinho...

No trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A5 ressalta que é necessário que exista a colaboração entre os investigadores, afirmando a impossibilidade de se “efetuar um processo científico sozinho”, visão que alinha-se com a concepção pós-positivista de Ciência.

O conjunto dos resultados elencados acima indica que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para a (re)construção das concepções dos alunos sobre a dimensão da Natureza da Ciência em análise, devido às ações desenvolvidas no conjunto das atividades de aprendizagem. Por exemplo, nas atividades *Interpretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2), *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3), *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* (AtAp-HC5 – Anexo 8) e *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9) foram evidenciadas as interações entre investigadores no processo de produção do conhecimento científico. Os seguintes trechos de duas atividades ilustram como essa interação foi trabalhada ao longo da estratégia de intervenção pedagógica:

“Bizzozero participou como médico militar na Terceira Guerra de Independência contra a Áustria. Logo em seguida, ele viajou para o exterior para expandir seu conhecimento científico, visitando os laboratórios do histologista Heinrich Frey, em Zurique, e o fundador da patologia celular, Rudolf Virchow, em Berlim.” (AtAp-HC5, sublinhado nosso)

“Blalock, normalmente, ficava no laboratório à tarde quando os dois discutiam os resultados de Thomas. Blalock definia o tom para essas discussões e escolhia a direção de cada conjunto de estudos, mas, muitas vezes, solicitava as opiniões de Thomas.” (AtAp-HC6)

Na continuidade, apresenta-se o processo de desenvolvimento das concepções dos 22 alunos acerca do Contexto da Atividade Científica, tendo-se em consideração o parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*. Os dados contidos no Quadro 4.22 representam o referido processo.

Quadro 4.22: Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca do Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro trabalho científico como empreendimento individual/coletivo (n = 22)

Alunos	Concepção acerca do Contexto da Atividade Científica		Desenvolvimento das Concepções
	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino	
A16	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A6	Difícil Categorização	Pós-Positivista	Progressão
A14	Difícil Categorização	Pós-Positivista	Progressão
A19	Difícil Categorização	Pós-Positivista	Progressão
A1	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A2	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A3	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A4	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A5	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A7	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A8	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A9	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A10	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A11	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A12	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A13	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A15	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A18	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A20	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A21	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A22	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A17	Positivista	Ausência de Resposta	Processo Indefinido

A análise do Quadro 4.22 revela que a maioria dos alunos manteve a concepção pós-positivista em relação ao Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*, certamente porque a estratégia de intervenção pedagógica, deu maior solidez as concepções esboçadas no momento antes de ensino. Para ilustrar esse processo de manutenção de concepções pós-positivistas recorreu-se ao caso do aluno A8, compostos pelas respostas dos mesmos às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

- Indique, justificando, se concorda ou discorda com a seguinte afirmação: “A atividade dos cientistas é um trabalho individual, isolado, solitário, independente uns dos outros e dos restantes cidadãos” (momento antes de ensino)

“Não concordo no todo que a afirmação mostra, creio que existe momentos de individualismo e solidão, mas é necessário que se compartilhe, pesquise e dependa de outras ideias, outras pessoas, outros experimentos.” (aluno A8)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfologia do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Afirmar que não concordava no todo mas agora afirmo que discordo no todo, porque o trabalho de um cientista é totalmente dependente de outras pessoas, outros trabalhos e etc., como no texto da derivação Blalock-Taussig.” (aluna A8)

O Quadro 4.22 também mostra que quatro alunos passaram por um processo de progressão, no que tange ao desenvolvimento de suas concepções sobre o Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*. Para ilustrar o referido processo de progressão serão utilizados os casos dos alunos A16 e A19, compostos pelas respostas dos mesmos às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

- Indique, justificando, se concorda ou discorda com a seguinte afirmação: “A atividade dos cientistas é um trabalho individual, isolado, solitário, independente uns dos outros e dos restantes cidadãos”. (momento antes de ensino)

“Concordo, pois os cientistas exercem suas funções buscando resultados individuais; isolados, solitários e independentes. Sendo que as atividades deles são de imensa importância para os demais.” (aluna A16)

“Não, quando um cientista publica seu trabalhos, por exemplo, sobre uma possível cura de uma doença, todos ficam apreensivos e esperançosos.” (aluno A19)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Discordo da minha resposta, pois o trabalho dos cientistas é contínuo e dependente, uns dos outros.” (aluna A16)

“Acrescentaria dizendo que o trabalho de outro cientista pode influenciar, pois ele pode tomar como ponto de partida ou questioná-lo. No texto de William Harvey foi utilizada a teoria de Colombo.” (aluno A19)

No caso da aluna A16 percebe-se que a mesma concordou, no momento antes de ensino, com a afirmação que compôs a questão e, portanto, assumiu uma perspectiva associada à concepção positivista. No entanto, no momento pós-ensino, a mesma aluna discordou de sua resposta anterior afirmando que os cientistas dependem uns dos outros, em seus trabalhos, perspectiva associada à concepção pós-positivista. Quanto ao aluno A19, sua resposta referente ao momento antes de ensino integrou a categoria ‘difícil categorização’, como comentado anteriormente. No momento pós-ensino, por outro lado, sua resposta foi categorizada no âmbito das concepções pós-positivistas, pois o mesmo considerou o trabalho coletivo como atividade perspectivada na partilha/mobilização de saberes, inclusive, utilizando argumentos baseados nos elementos trabalhados na intervenção pedagógica: “No texto de William Harvey foi utilizada a teoria de Colombo.” (aluno A19). Tais argumentos relacionam-se à atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5) e foram mobilizados, provavelmente, pelas seguintes questões problematizadoras que compuseram essa atividade: (1.1) Quais foram os principais métodos utilizados na pesquisa sobre o sistema cardiovascular,

no período anterior a Harvey?; (1.2) Esses métodos, inclusive os utilizados por Erasítrato e Colombo, foram capazes de produzir conhecimentos importantes para os estudos de William Harvey? Quais?

Finalmente, o Quadro 4.22 mostra que o aluno A17 manifestou uma concepção positivista no momento antes de ensino, mas não respondeu à questão relacionada ao momento pós-ensino. Dessa forma, considerou-se que o aluno passou por um processo indefinido em relação ao parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*. Esse aluno utilizou o campo de resposta, referente ao momento pós-ensino, para responder algo relacionado à outra dimensão da Natureza da Ciência. Desta forma, supõem-se que o preenchimento equivocado pode ter levado o aluno à esquecer de responder a questão referente ao parâmetro sob análise.

Na sequência, passa-se à análise das concepções dos alunos sobre o Contexto da Atividade Científica, considerando-se os momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro *influência de fatores externos na atividade científica*. O Quadro 4.23 expõem essas concepções.

**Quadro 4.23: Concepções dos alunos sobre o Contexto da Atividade Científica, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, de acordo com o parâmetro influência de fatores externos na atividade científica (n = 22)**

Concepções acerca da Ciência	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino
	f	f
<b>Concepção Pós-positivista</b> ▪ A Ciência é influenciada por fatores externos à atividade científica	16	18
<b>Concepção Positivista</b> ▪ A Ciência não é influenciada por fatores externos à atividade científica	3	3
<b>Visões pouco claras e ambíguas</b>	2	1
<b>Ausência de resposta</b>	1	0

A análise do Quadro 4.23 revela que, no momento antes de ensino, a maioria dos alunos perfilhava concepções pós-positivistas de Ciência em relação ao parâmetro *influência de fatores externos na atividade científica*, ou seja, esses alunos consideravam que valores sociais e culturais e interesses econômicos e políticos, presentes no contexto em que a Ciência é praticada, influenciam o empreendimento científico. Esta concepção é amparada por investigadores que integram o campo da Educação em Ciências, a exemplo de McComas, Almazroa & Clough (1998), Gil Pérez, et al. (2001) e El-Hani (2006), e por filósofos da Ciência,

como Chalmers (1994). Em caráter ilustrativo, seguem duas respostas dos alunos associadas à concepção pós-positivista:

[Marcou a letra A] “Um indiano jamais abriria uma vaca para estudar a sua anatomia, pois para eles este animal é sagrado, assim como se estudam ervas com interesse no medicamento que pode ser produzido.” (aluno A11, sublinhado nosso)

[Marcou a letra A] “Infelizmente a prática da ciência se depara e esbarra em fatores que podem influenciá-la positivamente ou negativamente, segundo aspectos sociais, econômicos e até mesmo interesse políticos. Grande parte dos medicamentos que no Brasil poderiam ser extraídos por nossos laboratórios, são retirados da nossa Amazônia e patenteados por países desenvolvidos que investem em grande escala na prática da ciência.” (aluno A22, sublinhado nosso)

A resposta do aluno A11 manifesta a influência de fatores econômicos e culturais (religião) no desenvolvimento de atividades científicas, enquanto a resposta do aluno A22 indica a influência de fatores sociais, econômicos e políticos. A relação entre Ciência e os interesses econômicos da indústria farmacêutica, referida pelos alunos A11 e A22, é um aspecto discutido no trabalho de Palma & Vilaça (2012). Nesse estudo, os autores caracterizam os conflitos éticos associados aos procedimentos utilizados pela indústria farmacêutica em suas ações de pesquisa, produção e comercialização de medicamentos. Entre outros aspectos, esses autores colocam em suspeição a complexa relação entre a indústria farmacêutica, que financia uma série de pesquisas voltadas a testagem da eficácia de fármacos, e os pesquisadores que executam as investigações.

Retornando ao Quadro 4.23, verifica-se que três alunos manifestaram concepções positivistas de Ciência, no momento antes de ensino, ao considerarem, por exemplo, que a Ciência não é influenciada por fatores externos à atividade científica, aspecto patente na resposta da aluna A12:

[Marcou a letra B] “A ciência é universal não sendo afetada por valores sociais, o ser humano que acredita, que busca, consegue chegar ao seu objetivo, consegue fazer tal descoberta, capaz de assustar a si próprio, para isto não é necessário a influência de valores sociais, culturais e econômicos, o que faz realmente sentido é o desejo de aprofundar-se no seu ideal.” (aluna A12)

A resposta da aluna A12 exprime uma concepção ingênua de Ciência, aquela desenvolvida por um indivíduo solitário, obstinado, que se nutre, apenas, do desejo de descobrir

algo novo e chega a assustar-se com a própria descoberta. Esta visão de Ciência socialmente neutra, desenvolvida por indivíduos “fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções” (Gil Pérez, et al., 2001, p. 133) é mais uma das visões deformadas de Ciência, transmitida pela educação científica, segundo Gil Pérez, et al. (2001).

Ainda em relação ao momento antes de ensino, verifica-se, através da leitura do Quadro 4.23, que as respostas de dois alunos foram integradas à categoria ‘visões pouco claras e ambíguas’, como ilustrado abaixo:

[Marcou a letra B] “Desde que nascemos já somos pequenos pesquisadores, já convivemos com a descoberta, à medida que nos desenvolvemos conceituamos esta coletânea de descobertas organizadas da ciência. Deste modo, fica claro que a ciência é universal, pois está presente no cotidiano do ser humano, em geral, e influencia, e é influenciada, pela sociedade atual e pelos diversos contextos sociais.” (aluno A6)

O aluno A6 argumenta que a Ciência é universal porque está no cotidiano do ser humano, portanto, avalia-se que esse aluno não levou em consideração o processo de produção dos conhecimentos científicos, ‘o fazer científico’, aspecto que torna sua resposta pouco clara. Por outro lado, o aluno A6, embora tenha marcado a letra B – que indica que a Ciência é Universal – , reconheceu que a Ciência “influencia, e é influenciada, pela sociedade atual e pelos diversos contextos sociais”. (aluno A6). Nessa perspectiva, avaliou-se que o aluno A6 apresentou uma resposta ambígua, pois, para ele, a Ciência seria, ao mesmo tempo: (a) universal, ou seja, não influenciada por fatores externos à atividade científica e (b) influenciada por fatores externos à atividade científica.

A análise do Quadro 4.23 revela que um número maior de alunos sustentou concepções pós-positivistas de Ciência no momento pós-ensino, quando comparado ao momento antes de ensino, ou seja, considerou que a Ciência é influenciada por fatores externos à atividade científica. Os seguintes trechos, de duas entrevistas com grupos focais, ilustram as percepções dos alunos sobre o papel da estratégia de intervenção pedagógica na aprendizagem relacionada ao Contexto da Atividade Científica, em específico, no que se refere ao parâmetro *influência de fatores externos na atividade científica*:

#### Trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** Ok. A quarta questão é: o emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Quais?

(...)

**2. Aluno A14:** (...) eu nunca tinha parado para pensar que tinham outros aspectos além da Ciência, do científico, dentro da construção da Ciência, que tinha, sim, o lado econômico, tinha o lado social, tem o racismo, tem o feminismo, o machismo. Eu nunca tinha parado para perceber isso, e hoje eu vejo a Ciência de uma forma diferente, também, por conta disso, que são vários fatores que constroem a Ciência, não só o científico, de fato, nem o cientista.

**3. Aluno A4:** Todo mundo já falou quase tudo, sofre influências econômicas, sociais, culturais. (...). Ela [a Ciência] muda dependendo do momento histórico. E, muitas vezes, devido às influências que sofre. A influência histórica, porque na questão de Galeno levou tanto tempo válido, porque ele se adaptava ao modelo estabelecido na época. Então, eu não posso dizer que alguém já tinha descoberto que o conhecimento dele não era válido. Isso a gente não pode, nem dizer, porque como o modelo não aceitava.

**4. Professor:** Sim.

**5. Aluno A4:** Os cientistas eram incentivados a estudar Galeno porque aquele modelo é que era válido.

**6. Professor:** Sim.

**7. Aluno A4:** Qualquer coisa fora de Galeno era excomungada.

**8. Professor:** Sim.

#### Trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** Então o emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Ajudou a ter um entendimento sobre Ciência? O quê de Ciência? Que aspectos?  
(...)

**2. Aluno A5:** (...) E que na Ciência existe sempre influência da sociedade, do meio em que ela vive, que ela vive não, que ela faz, faz parte.

No trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A14 manifestou que passou a ver a Ciência de outra forma, após a intervenção pedagógica, afirmando que a Ciência é influenciada por fatores externos à própria atividade científica, entre eles, os aspectos econômico e o social (nomeadamente, racismo, feminismo e machismo). Duas das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência – *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9) e *Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew* (AtAp-HC7 – Anexo 10) – trataram da influência do racismo na atividade científica. Além disso, a atividade *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9). Ainda no trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A4 destacou a influência de fatores religiosos sobre a atividade científica, relatando a relevância da Igreja Católica (não mencionada explicitamente) para a manutenção do modelo estabelecido pelo médico Galeno – questão trabalhada na atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3). No trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A5 situa a Ciência dentro da sociedade, ao corrigir uma afirmação anterior (sublinhada) que denota certa independência da Ciência em relação à sociedade da qual faz parte.

Outros estudos desenvolvidos no âmbito do ensino universitário (Zanotello, 2011;

Zanotello & Almeida, 2013) também evidenciaram os contributos de atividades de aprendizagem, focalizadas na exploração da História da Ciência, para a compreensão de como fatores econômicos e sociais interferem no desenvolvimento científico. No estudo de Zanotello (2011), os alunos leram textos originais de cientistas, como Gay-Lussac e Fahrenheit, no seio de um trabalho focalizado em duas áreas, termodinâmica e teoria cinética. Segundo o investigador, tais fontes de informação contribuíram para que os alunos compreendessem como elementos de natureza econômica e social influenciam os objetivos e os objetos da investigação científica. Zanotello e Almeida (2013) utilizaram como fonte de informação um texto de divulgação científica, “A Dança do Universo<sup>80</sup>”, para trabalhar aspectos como a natureza física do calor e a evolução dos conhecimentos científicos. Para esses autores, a leitura desse texto integrou-se aos discursos dos alunos, no que tange à influência do poder econômico no desenvolvimento científico. Na continuidade, apresenta-se o processo de desenvolvimento das concepções dos 22 alunos acerca do Contexto da Atividade Científica, tendo-se em consideração o parâmetro *influência de fatores externos na atividade científica*. Os dados contidos no Quadro 4.24 representam o referido processo.

**Quadro 4.24: Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca do Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro influência de fatores externos na atividade científica (n = 22)**

Alunos	Concepção acerca do Contexto da Atividade Científica		Desenvolvimento das Concepções
	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino	
A1	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A2	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A3	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A4	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A8	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A9	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A10	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A11	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A18	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A19	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A20	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A21	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A22	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A14	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A15	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A12	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A16	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A5	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A6	VPCA	Pós-Positivista	Progressão

<sup>80</sup> Livro de autoria do físico brasileiro Marcelo Gleiser.

Quadro 4.24 (continuação): Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca do Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro influência de fatores externos na atividade científica (n = 22)

Alunos	Concepção acerca do Contexto da Atividade Científica		Desenvolvimento das Concepções
	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino	
A7	VPCA	Pós-Positivista	Progressão
A13	Ausência de resposta	Pós-Positivista	Progressão
A17	Pós-Positivista	Positivista	Regressão

**Legenda – VPCA:** visões pouco claras e ambíguas.

**Nota:** A expressão ‘mesma posição’ encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma concepção pós-positivista. Em contrapartida, a expressão ‘mesma posição’ encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma concepção positivista.

A análise do Quadro 4.24 revela que a maioria dos alunos manteve a mesma posição em relação às suas concepções sobre o Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro *influência de fatores externos na atividade científica*. Entre esses alunos, a maioria já manifestava concepções pós-positivistas no momento antes de ensino e, portanto, apenas manteve tal concepção no momento pós-ensino. Para ilustrar esse processo de manutenção de concepções pós-positivistas, recorreu-se aos casos dos alunos A4 e A14, compostos pelas respostas dos mesmos às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

- Das seguintes perspectivas, indique aquela que reflete a sua visão acerca da relação entre a Ciência e o contexto em que é praticada. a) A Ciência é influenciada por valores sociais, culturais e por interesses econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. b) A Ciência é universal, isto é, transcende as fronteiras nacionais e culturais, não sendo afetada por valores sociais, culturais, econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. Justifique a sua resposta, recorrendo a exemplos. (momento antes de ensino)

[Marcou a letra A] “Quem financia, influencia a sua produção. Por exemplo: a empresa Monsanto não tem interesse nenhum em financiar uma pesquisa com objetivo da cultura não necessitar utilizar agrotóxico.” (aluno A4)

[Marcou a letra A] “Creio que a opção “A” reflete melhor a ciência, pois, querendo ou não, esta é influenciada, sim, por valores culturais (podem existir dogmas, regras religiosas, que impeçam a realização de uma pesquisa). Com relação a interesses econômicos, com certeza, exemplo disso é a própria indústria farmacêutica.” (aluno A14)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“A influência da religião na validação do conhecimento produzido por Galeno.” (aluno A4)

“Ainda continuo com a opção “A”, pois os textos mostraram que a ciência é afetada por processos sociais, econômicos e políticos. Como os textos mostraram que muitos cientistas precisaram de bolsas de estudo para terminarem seus estudos e pesquisas, que a igreja apoiava a ideia de Galeno sobre o espírito vital, sendo assim, acrescentaria o que esta acima para reforçar a minha resposta.” (aluno A14)

As respostas dos alunos A4 e A14 corroboram com o ponto de vista de que a estratégia de intervenção pedagógica possibilitou não apenas que os alunos mantivessem concepções pós-positivistas, apresentadas no momento antes de ensino, como ampliou o embasamento das

mesmas, pois esses alunos referem fatores adicionais que interferem na atividade científica, como os de ordem religiosa (aluno A4), social e política (aluno A14).

Por outro lado, o Quadro 4.24 evidencia que dois alunos mantiveram as concepções positivistas que manifestavam no momento antes de ensino. Avalia-se que essa imagem descontextualizada, socialmente neutra de Ciência, pode apresentar resistências à mudança, pois recebe reforços contínuos da mídia (Gutiérrez Julián, Gómez Crespo & Martín-Díaz, 2001) e da educação científica (Gil Pérez, et al., 2001). Para ilustrar esse processo de manutenção de concepções positivistas, recorreu-se ao caso da aluna A16, composto pelas respostas da mesma às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

- Das seguintes perspectivas, indique aquela que reflete a sua visão acerca da relação entre a Ciência e o contexto em que é praticada. a) A Ciência é influenciada por valores sociais, culturais e por interesses econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. b) A Ciência é universal, isto é, transcende as fronteiras nacionais e culturais, não sendo afetada por valores sociais, culturais, econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. Justifique a sua resposta, recorrendo a exemplos. (momento antes de ensino)

[Marcou a letra B] “A ciência é uma arte de procurar entender justificativas da formação de um todo. A explicação da realidade parte através dos resultados buscados na ciência. Ela não tem relação com nenhum valor social, cultural, econômico e político, como diz a afirmação b. A ciência não tem limite, através dela são encontradas diversas soluções e explicações com busca de conhecimento, o qual é adquirido, cada vez mais, através da busca pela ciência.” (aluna A16)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfologia do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Concordo com a minha resposta, pois a ciência é uma arte e a busca por ela obtém resultados por quem a busca.” (aluna A16)

No momento antes de ensino, a aluna A16 afirmou que a Ciência “não tem relação com nenhum valor social, cultural, econômico e político” e “não tem limite”, perspectivas que esboçam a ideia de uma ciência pura e desinteressada oriunda de um tradicionalismo científico (Solomon, 1993), concatenado à concepção positivista de Ciência. No momento pós-ensino, essa aluna continuou sustentando essa perspectiva, aspecto que indica que a estratégia de intervenção pedagógica não contribuiu para a (re)construção de suas concepções sobre o parâmetro *influência de fatores externos na atividade científica*.

O Quadro 4.24 também mostra que quatro alunos passaram por um processo de progressão, no que tange ao desenvolvimento de suas concepções sobre o Contexto da Atividade Científica, considerando-se o parâmetro *influência do contexto na atividade científica*. Para ilustrar esse processo recorreu-se ao caso da aluna A7:

- Das seguintes perspectivas, indique aquela que reflete a sua visão acerca da relação entre a Ciência e o contexto em que é praticada. a) A Ciência é influenciada por valores sociais, culturais e por interesses econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. b) A Ciência é universal, isto é, transcende as fronteiras nacionais e culturais, não sendo afetada por valores sociais, culturais, econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. Justifique a sua resposta, recorrendo a exemplos. (momento antes de ensino)

[Marcou a letra B] “Infelizmente a ciência não é influenciada por valores sociais e culturais. Talvez até seja por interesses econômicos e políticos. A exemplo disso temos o Instituto Royal que realiza testes em cães que foram libertados há aproximadamente um ano.” (aluna A7)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Modificaría completamente a resposta, pois através das actividades eu pude observar que a ciência é sim influenciada por valores sociais, culturais e por interesses econômicos e políticos como pude observar na Derivação Blalock-Taussig que teve uma terceira pessoa directamente envolvida e que não foi mencionada por não fazer parte da alta sociedade da época.” (aluna A7)

A resposta da aluna A7, referente ao momento antes de ensino, indica que a mesma apresentava uma visão pouco clara e ambígua, em relação ao o parâmetro *influência de fatores externos na atividade científica*. Afirma-se isso porque a resposta dessa aluna indica que a Ciência não é influenciada por fatores sociais e culturais, mas, talvez, por fatores econômicos e políticos. No que tange aos aspectos econômicos e políticos, a mesma aluna cita o caso do Instituto Royal – uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, brasileira – que efetua testes de medicamentos em cães e que é acusada de maus-tratos animais. Nesse sentido, acredita-se que a resposta da aluna indica que o poder econômico e político da indústria farmacêutica consegue subverter os mecanismos de controle ético, utilizados em experimentação animal. No momento pós-ensino, essa aluna muda, parcialmente, de opinião e passa a reconhecer a influência de fatores sociais e culturais na atividade científica. Em sua resposta, a aluna A7 cita a atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9), na qual foram feitas discussões relacionadas à Vivien Thomas, pesquisador que não recebeu os devidos créditos pelos seus contributos para o desenvolvimento do procedimento cirúrgico intitulado Derivação Blalock-Taussig.

Finalmente, o Quadro 4.24 mostra que o aluno A17 passou por um processo de regressão, pois manifestou uma concepção pós-positivista, no momento antes de ensino, e uma concepção positivista, no momento pós-ensino, aspecto que pode ser verificado através das respostas desse aluno:

- Das seguintes perspectivas, indique aquela que reflete a sua visão acerca da relação entre a Ciência e o contexto em que é praticada. a) A Ciência é influenciada por valores sociais, culturais e por interesses econômicos e

políticos do contexto em que ela é praticada. b) A Ciência é universal, isto é, transcende as fronteiras nacionais e culturais, não sendo afetada por valores sociais, culturais, econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. Justifique a sua resposta, recorrendo a exemplos. (momento antes de ensino)

[Marcou a letra A] “a). A ciência é influenciada, como sempre foi. A igreja católica sempre se evoluiu em muitas decisões, a exemplo de soluções de muitos problemas a partir das células-tronco, o aborto, entre outros.” (aluno A17)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Baseando-me por um novo olhar mudo minha resposta para a letra “B”. Os textos da História da Ciência, alguns deles, me deram respaldo para esta mudança” (aluno A17)

No momento antes de ensino, o aluno A17 assinala a letra ‘a’ e cita a influência da Igreja Católica (fator social) sobre a Ciência. Entretanto, no momento pós-ensino esse aluno muda sua opção para a letra ‘b’, afirmando que os textos da História da Ciência deram respaldo para tal mudança. Acredita-se na possibilidade de esse aluno não ter estabelecido uma diferenciação entre o ‘fazer científico’ e o alcance dos ‘produtos’ da Ciência. Em outras palavras, ‘produtos’ da Ciência, como um procedimento cirúrgico ou uma técnica para conservação do sangue, discutidos na presente estratégia de intervenção pedagógica, alcançaram diferentes países, aspecto que pode ter levado o aluno em questão a pensar em uma Ciência universal, não afetada por valores sociais, culturais, econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada. Neste sentido, avalia-se que o conceito “universal” poderá estrá a criar alguma confusão, ambiguidade, para esse aluno.

Por fim, as análises efetuadas em relação à dimensão ao Contexto da Atividade Científica permitem afirmar que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para que a maioria dos alunos permanesse sustentando, ou (re)construísse concepções pós-positivistas de Ciência.

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados referentes às concepções dos alunos sobre o Processo de Criação Científica. Os dados referentes às concepções dos alunos sobre esta dimensão da Natureza da Ciência, no momento antes de ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos à seguinte questão da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 – Anexo 1):

- Descreva o(s) processo(s) mobilizado(s) pelos cientistas durante uma investigação.

A análise das respostas dos alunos a essa questão possibilitou a identificação de atributos capazes de integrar tais respostas nas seguintes categorias de concepção de Ciência: (a) pós-positivista e (b) positivista. Em contrapartida, os dados referentes às concepções dos alunos sobre o Processo de Criação Científica, no momento pós-ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos à seguinte questão, presente na atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica* (AtAp-R4 - Anexo 12): - Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. Nessa perspectiva, as concepções dos alunos sobre essa dimensão da Natureza da Ciência, no momento pós-ensino, referem-se à avaliação que os mesmos fizeram de suas concepções no momento antes de ensino e, portanto, prenderam-se à capacidade dos mesmos de identificar atributos de suas respostas que deveriam ser alterados para integrá-las à perspectivas de cariz pós-positivista.

O Quadro 4.25 mostra as concepções dos alunos sobre o Processo de Criação Científica, nos momentos antes de ensino e pós-ensino.

**Quadro 4.25: Concepções dos alunos sobre o Processo de Criação Científica, nos momentos antes de ensino e pós-ensino (n = 22)**

Concepções acerca da Ciência	Momento antes de ensino	Momento pós-Ensino
	f	f
<b>Concepção Pós-positivista</b>	<b>0</b>	<b>9</b>
▪ Pluralidade de processos mobilizados pelos cientistas	0	9
▪ Inexistência de um método científico linear	0	3
<b>Concepção Positivista</b>	<b>12</b>	<b>9</b>
▪ O processo de criação científica restringe-se a um método único	9	8
▪ A observação é o único processo mobilizado pelos cientistas	1	1
▪ A intuição é o único processo mobilizado pelos cientistas	1	0
▪ A testagem experimental constitui o critério de validação do conhecimento científico	1	0
<b>Diffícil categorização</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
▪ Não são referidos processos de investigação		
<b>Ausência de resposta</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

**Nota:** O somatório das frequências sem negrito, na categoria concepção pós-positivista, é superior ao número total de alunos desta categoria porque vários alunos indicaram mais de um aspecto que associa sua resposta a esta concepção.

A análise do quadro 4.25 revela que, no momento antes de ensino, nenhum dos alunos perfilhava concepções pós-positivistas de Ciência, isto é, nenhum aluno considerava em suas respostas a pluralidade de processos mobilizados pelos cientistas ou a inexistência de um método científico linear. Doze alunos sustentavam concepções positivistas de Ciência, ou seja, indicavam: (a) que o processo de criação científica restringe-se a um método único; (b) a observação é o único processo mobilizado pelos cientistas; e (c) a testagem experimental como critério de validação do conhecimento científico. Entre esses alunos, que manifestaram concepções positivistas, a maioria elaborou respostas que esboçavam a ideia de que o processo de criação científica restringe-se a um método único, como pode ser observado nos dois exemplos que se seguem:

“O cientista analisa o que se quer estudar e qual resultado ele pretende obter, após isso ele realiza experimentos e analisa o resultado, em seguida repete o experimento e estuda como chegou a tal resultado.” (aluno A11)

“Um cientista, ao investigar um patógeno, primeiro separa seu grau de contágio, após isso avalia os sintomas causados, daí, dependendo da situação, estabelece um perímetro para avaliar se o patógeno é, ou não, do local. Pesquisa qual seria o ponto zero, para daí, então, iniciar o estudo do patógeno, em si, patogenicidade, mecanismos moleculares de sobrevivência e reprodução, daí tenta desenvolver uma droga, que o inibe, ou tratamento, que sendo eficaz, inicia-se testes em animais de pequeno porte e, caso haja resultados positivos, os testes avançam para animais de grande porte até que se chegue ao organismo alvo, onde é testado incessantemente, se comprovada a sua eficiência é que é liberado para uso global.” (aluno A21)

Nas respostas de ambos os alunos, percebe-se a descrição de uma sequência de passos, que podem ser considerados como etapas de um único método científico. Os passos referidos pelo aluno A11 poderiam ser escritos como: identificação de um problema – previsão de resultados – experimentação – análise de resultados – repetição do experimento – nova análise de resultados. Por outro lado, o aluno A21 focaliza sua resposta em supostos passos relacionados ao desenvolvimento de fármacos: identificação das características de um patógeno – estudo de sua patogenicidade – desenvolvimento de um fármaco – testes *in vitro* – testes em animais de pequeno porte – testes em animais de pequeno porte – teste no espécime alvo – mais testes – liberação para uso global. Em uma investigação realizada no âmbito da disciplina de História da Química, obrigatória para um curso de Licenciatura em Química, Oki & Moradillo (2008) também identificaram que a maioria dos alunos acreditava na existência de um único

método científico, no momento antes de ensino. Apesar das diferenças quanto às etapas, a ideia de uma lista de passos ordenados, perfilhada pelos alunos do presente estudo, pode estar associada às visões transmitidas pelos professores de Ciências, que, muitas vezes, associam o emprego do “método científico” a uma forma segura de se chegar ao conhecimento científico (Moreira & Ostermann, 1993; Gil Pérez, et al., 2001). Além disso, diversos manuais escolares expõem uma lista de passos ordenados como essa, contribuindo, assim, para a construção do mito do “método científico” (Moreira & Ostermann, 1993; McComas, 2002).

O Quadro 4.25 também mostra que quatro alunos não responderam à questão referente ao momento antes de ensino, provavelmente por falta de tempo, devido ao término do prazo para resolução da atividade, ou por ausência de compreensão do enunciado da questão. Além disso, seis alunos não se referiram aos processos de investigação, em suas respostas e, portanto, estas últimas foram incluídas na categoria ‘difícil categorização’. Em caráter ilustrativo, seguem respostas em que não há referência aos processos de investigação mobilizados pelos cientistas:

“Foco – objetivo – prós e contras – pesquisa – conclusão.” (aluno A5)

“Dependendo do que este cientista esteja investigando ele vai escolher o material que será pesquisado, o tempo, o espaço e o local.” (aluno A8)

“Reconhecimento pessoal.” (aluno A19)

A análise do Quadro 4.25, quanto ao momento pós-ensino, mostra que nove alunos manifestaram concepções positivistas de Ciência, em relação ao Processo de Criação Científica, sendo que a maioria desses mobiliza respostas que indicam que o processo de criação científica restringe-se a um método único. Por outro lado, nove alunos passam à manifestar concepções pós-positivistas, ao indicarem, principalmente, a pluralidade de processos mobilizados pelos cientistas. Três alunos não referem processos de investigação, enquanto um dos alunos não responde à questão referente ao momento pós-ensino.

Tais aspectos divergem dos resultados encontrados no estudo de Oki & Moradillo (2008), autores que também investigaram as potencialidades da aproximação entre História e Filosofia da Ciência e educação científica, no âmbito do ensino superior. Após a participação na intervenção pedagógica elaborada por esses autores, todos os alunos “passaram a reconhecer a

existência de vários métodos científicos e o caráter histórico desses métodos” (Oki & Moradillo, 2008, p. 80). Esta expressiva modificação pode estar relacionada, entre outros aspectos, ao fato de esses autores terem utilizado um texto intitulado “Sobre o ensino do método científico”, de autoria de Moreira & Ostermann (1993), que explicita o caráter plurimetodológico da Ciência. Provavelmente, alguns dos alunos que participaram da presente intervenção pedagógica precisariam de uma abordagem mais explícita e direta, em torno da dimensão Processo de Criação Científica – como a implementada por Oki & Moradillo (2008) – para que modificassem suas concepções sobre essa dimensão da Natureza da Ciência. Neste sentido, avalia-se a relevância de se complementar a presente estratégia de intervenção pedagógica com outros materiais, em intervenções futuras.

Retornando ao Quadro 4.25, reafirma-se que nove alunos passaram a reconhecer a pluralidade de processos mobilizados pelos investigadores. O estudo de Teixeira, Freire Junior & El-Hani (2009), assente na utilização da História e Filosofia da Ciência, no âmbito de uma disciplina relacionada à mecânica clássica, também evidenciou um aumento pós-ensino na diversidade de visões sobre os métodos científicos. Assim como no presente estudo, esses autores fizeram discussões sobre métodos científicos, ao longo da intervenção pedagógica. Por exemplo, quando Galileu Galilei (1564-1642) foi citado discutiu-se o uso mais sistemático da matemática e da experimentação. Aspecto similar ocorreu na presente intervenção pedagógica, no contexto das discussões relacionadas a William Harvey (1578-1657), investigador que viveu no mesmo período histórico de Galileu e que passa a empregar a experimentação de forma mais sistematizada, no contexto das Ciências Biológicas (Delizoicov, Carneiro & Delizoicov, 2004).

Os seguintes trechos, de duas entrevistas com grupos focais, ilustram as concepções de alguns alunos sobre os contributos das atividades de aprendizagem para a reconstrução das concepções referentes ao Processo de Criação Científica:

#### Trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Quais?

(...)

**2. Aluno A1:** Pra mim ficou bem nítido que não tem uma receita pronta para se fazer Ciência, que os métodos são influenciados por fatores como a teoria, por exemplo, o que se tem de base teórica naquele momento histórico, a tecnologia daquele momento histórico. A Ciência ainda vai depender se a academia vai considerar que aquilo ali é uma pesquisa, ou não, se que aquilo é, realmente, Ciência, ou não, e não há uma fórmula pronta pra se chegar à aquilo. Por exemplo, a parte do intuitivo, eu jamais pensei nisso, que precisava de intuição para fazer Ciência, eu sempre imaginei que precisaria apenas de uma teoria, mas só que foi demonstrado que teoria, espírito crítico, principalmente naquela questão de Bizzozero, que ele buscou sanar a questão da produção de sangue, que Harvey

descobriu que não era produzido naquele determinado lugar que Galeno acreditava, no entanto ele não buscou essa informação. Bizzozero foi lá, buscou essa informação e ele foi crítico ao observar que a medula não seria apenas um excremento. Então é isso, constrói uma nova etapa, uma nova visão, na verdade, em relação a esse ponto...

#### Trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** A utilização da história do sistema circulatório dificultou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?

(...)

**2. Aluno A6:** (...) falam, qual é a sua preferência? Assistir o filme ou ler o livro? Muitas pessoas preferem assistir o filme, do quê ler o livro, eu. O filme já lhe dá a imagem pronta do que seria e o livro você tem que criar a imagem na sua cabeça, desenhar o que seria aquela cena que tá sendo ali transcrita, e foi mais ou menos isso que a gente viu em alguns textos, a gente tinha que criar aquela representação do que eles imaginam porque eles também usavam, o cientista também utilizava a imaginação, a criatividade, pra determinar o que era aquilo, como no caso dos espíritos, do ar nas artérias, tudo aquilo foi questão de experimento, de criatividade, de raciocínio a respeito daquele processo científico...

(...)

**3. Aluno A14:** É como o senhor falou, a anatomia trabalha muito com imagem, então a gente vê e tá tudo pronto, então, quando você trabalha a construção, você vê como a criatividade deles ao imaginar o que é que tinha lá dentro, se era sangue mesmo, se era ar, hoje a gente sabe que é sangue.

O relato da aluna A1, no trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal, indica que a intervenção pedagógica contribuiu para que ela tivesse uma nova visão sobre o Processo de Criação Científica (sublinhado). Esta aluna declarou, de forma inequívoca, que não há uma receita pronta para se fazer Ciência, e que os métodos científicos são influenciados pelo conhecimento científico e tecnológico existente em determinado período histórico (sublinhado duplo). Ademais, essa aluna indicou alguns processos mobilizados pelos cientistas em suas investigações, como a intuição e a criticidade (sublinhado tracejado). Ao mencionar a questão da criticidade, a aluna A1 refere-se ao tópico produção de sangue – trabalhado na intervenção pedagógica através dos contributos de três cientistas citados pela aluna, Galeno, Harvey e Bizzozero – para afirmar como Bizzozero foi crítico ao sustentar que a medula não seria, apenas, um excremento ósseo e sim, o local onde o sangue seria produzido (sublinhado ondulado). No trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A6 ilustrou alguns dos processos mobilizados pelos cientistas em suas investigações, entre eles imaginação, criatividade e raciocínio. Para isso, o aluno A6 recorreu à questão dos elementos/substâncias transportados pelas artérias (sublinhado), discutida na atividade de aprendizagem intitulada *Intepretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2). A discussão sobre os elementos/substâncias transportados pelas artérias também foi mencionada pelo aluno A14 para considerar a criatividade dos cientistas.

Destaca-se que todas as atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência, à exceção da atividade *Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew* (AtAp-HC7 – Anexo 10), contemplaram os processos mobilizados pelos cientistas durante a investigação. Como exemplo desses processos pode-se destacar a observação, efetuada por meio de procedimentos diversificados, entre eles: vivissecção e dissecação de animais, dissecação de seres humanos, exame de esqueletos/cadáveres humanos e observação do corpo humano durante tratamentos cirúrgicos.

Retornando ao Quadro 4.25, no que tange ao momento pós-ensino, percebe-se que três alunos não teceram considerações sobre o Processo de Criação Científica, ou seja, não se referiram aos processos de investigação mobilizados pelos cientistas. Uma possível explicação para esse resultado pode estar relacionada à ausência de compreensão do que seriam os possíveis “processos mobilizados pelos cientistas”. As respostas da aluna A13, por exemplo, suportam esse ponto de vista:

“Estudo – pesquisa – descoberta – resultado” (aluna A13, momento antes de ensino)

“Sem alteração” (aluna A13, momento pós-ensino)

Por fim, um aluno não respondeu à questão referente ao momento pós-ensino, por motivo desconhecido.

Na continuidade, apresenta-se o processo de desenvolvimento das concepções dos 22 alunos acerca do Processo de Criação Científica. Os dados contidos no Quadro 4.26 representam o referido processo.

A análise do Quadro 4.26 revela que a maioria dos alunos manteve a mesma posição em relação às concepções sobre ao Processo de Criação Científica. Entre esses alunos, a maioria manifestava concepções positivistas no momento antes de ensino, enquanto a minoria apresentou respostas de difícil categorização, em ambos os momentos, pois não indicaram processos de investigação mobilizados pelos cientistas. Considerando-se que o conflito entre pontos de vista moderadamente divergentes é capaz de promover a revisão e reestruturação dos próprios pontos de vista, no trabalho em grupo (Colomina & Onrubia, 2004), avalia-se que o estado inicial dos conhecimentos dos alunos – a maioria manifestava concepções positivistas e nenhum representava concepções pós-positivistas – pode ter sido um fator que comprometeu a aprendizagem de alguns alunos.

Quadro 4.26: Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca do Processo de Criação Científica (n = 22)

Alunos	Concepção acerca do Processo de Criação Científica		Desenvolvimento das Concepções
	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino	
A1	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A6	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A9	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A11	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A14	Ausência de resposta	Pós-Positivista	Progressão
A15	Ausência de resposta	Pós-Positivista	Progressão
A8	Difícil categorização	Pós-Positivista	Progressão
A17	Difícil categorização	Pós-Positivista	Progressão
A19	Difícil categorização	Pós-Positivista	Progressão
A3	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A4	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A10	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A12	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A16	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A20	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A21	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A22	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A2	Difícil categorização	Difícil categorização	<b>Mesma Posição</b>
A5	Difícil categorização	Difícil categorização	<b>Mesma Posição</b>
A13	Difícil categorização	Difícil categorização	<b>Mesma Posição</b>
A18	Ausência de resposta	Ausência de resposta	Mesma Posição
A7	Ausência de resposta	Positivista	Processo Indefinido

**Nota:** A expressão ‘mesma posição’ encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma concepção pós-positivista. Em contrapartida, a expressão ‘mesma posição’ encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma concepção positivista ou uma resposta de difícil categorização.

Para ilustrar esse processo de manutenção de concepções, recorreu-se aos casos dos alunos A4 e A10, compostos pelas respostas dos mesmos às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino:

**- Descreva o(s) processo(s) mobilizado(s) pelos cientistas durante uma investigação.**

“Levantamento de hipótese. Experimentação da hipótese. Avaliação dos resultados da experimentação. Elaboração de relatório confirmando a hipótese, ou não...” (aluno A4)

“Pesquisa simples para identificar o objeto de estudo, logo depois a coleta de material para a pesquisa. Feito a coleta inicia-se a análise do material, realiza-se alguns testes e no final faz-se a divulgação dos resultados encontrados.” (aluna A10)

**- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)**

“Não ocorreu.” (aluno A4)

“Acrescentaria a etapa de observação.” (aluna A10)

As respostas desses alunos, em relação ao momento antes de ensino, indicam que os mesmos compreendiam o processo de criação científica como algo restrito a um método único. No momento pós-ensino, não ocorreram modificações. Considera-se que a resposta da aluna A10, no momento pós-ensino, apenas reforça a ideia de um único método científico, composto por um conjunto de etapas que devem ser rigidamente seguidas.

Por outro lado, a análise do Quadro 4.26 também revela que nove alunos passaram por um processo de progressão em relação as suas concepções sobre o Processo de Criação Científica. Para ilustrar esse processo serão utilizados os casos dos alunos A14 e A15, composto, apenas, pelas respostas desses alunos às questões referentes ao momento pós-ensino, pois, no momento antes de ensino, esses alunos não responderam à questão “Descreva o(s) processo(s) mobilizado(s) pelos cientistas durante uma investigação.”

**Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)**

“Não respondi essa questão. Porém, hoje, depois de ler os textos, colocaria que existem vários processos de investigação realizados pelos cientistas, podendo haver mais de um método a ser utilizado e tendo influencia a criatividade, intuição e a visão crítica do problema. Também podem ser mobilizados por questões sociais, políticas e econômicas, para ajudar outras pessoas, como no texto de Drew, sobre o banco de sangue para ajudar na Guerra.” (aluno A14)

“Não respondi a questão, porém, hoje tenho uma visão de que há vários tipos de processos mobilizados durante uma investigação, por exemplo: dissecação, vivissecção, observação, imaginação, com a criação de instrumentos, mecanismos, que colaborem e contruam o conhecimento e os procedimentos científicos. (aluno A15)

A leitura das respostas desses dois alunos, que no início da estratégia de intervenção pedagógica não manifestavam qualquer tipo de posicionamento sobre os processos mobilizados pelos cientistas, indica que os mesmos passaram a se referir à existência de uma pluralidade de processos. Deve-se ressaltar que os processos mencionados pelos alunos vinculam-se, em sua totalidade, aos aspectos discutidos na estratégia de intervenção pedagógica, resultado que indica o impacto positivo da intervenção sobre as aprendizagens dos alunos referentes ao Processo de Criação Científica.

Por fim, o Quadro 4.26 também mostra que a aluna A7 passou por um processo indefinido, em relação ao desenvolvimento das concepções acerca do Processo de Criação Científica. Esta aluna não respondeu à questão referente ao momento antes de ensino e, portanto, não manifestou nenhuma concepção. No entanto, ela respondeu à questão referente

ao momento pós-ensino perfilhando uma concepção positivista, ao indicar a observação como o único processo mobilizado pelos cientistas, como pode ser verificado abaixo:

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Deveria ter respondido que a observação e a neutralidade do observador são processos mobilizados pelos cientistas durante uma investigação.” (aluno A7)

Com base nas considerações anteriores e na resposta da aluna A7, pode-se afirmar, somente, que a mesma não progrediu, pois, ao final da intervenção, manifestou uma concepção positivista de Ciência. Nesse sentido, considerou-se que essa aluna passou por um processo indefinido, pois não se sabe que concepção ela perfilhava no momento antes de ensino. Provavelmente, o limitado estado inicial das ideias dessa aluna, sobre os processos mobilizados pelo cientistas, pode ter feito com a mesma construísse uma aprendizagem superficial, que contemplou, apenas a observação como processo de investigação. Deve-se salientar que a aluna A7 utilizou a expressão “neutralidade do observador” em sua resposta, posição diametralmente oposta aos aspectos considerados na intervenção pedagógica, em específico, nas atividades *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* (AtAp-HC4 – Anexo 6) e *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* (AtAp-HC5 – Anexo 8). Portanto, em sentido contrário ao posicionamento da aluna A7, defendeu-se, nesta intervenção pedagógica, que as observações não são neutras.

Por fim, as análises efetuadas em relação ao Processo de Criação Científica permitem afirmar que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para que nove dos 22 alunos (re)construíssem concepções pós-positivistas de Ciência. Embora esse número seja reduzido (inferior à metade), foi considerado relevante perante o quadro inicial do grupo turma.

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados referentes às concepções dos alunos sobre a Evolução do Conhecimento Científico. No que tange ao momento antes de ensino, esses dados foram recolhidos por meio das respostas dos alunos à uma questão da atividade de aprendizagem *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência* (AtAp-R1 – Anexo 1):

- Indique, justificando, a sua concordância ou discordância com a seguinte afirmação: “a progressão do conhecimento científico é um processo linear, contínuo, gradual,

cumulativo, harmonioso e consensual”.

A análise das respostas dos alunos a essa questão possibilitou a identificação de atributos que permitiram integrar as mesmas nas seguintes categorias de concepção de Ciência: (a) pós-positivista e (b) positivista. Em contrapartida, os dados referentes às concepções dos alunos sobre a referida dimensão da Natureza da Ciência, no momento pós-ensino, foram recolhidos a partir das respostas dos alunos à seguinte questão, que constituiu a atividade de aprendizagem *As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica (AtAp-R4 - Anexo 12)*: - Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. Nessa perspectiva, as concepções dos alunos sobre esta dimensão da Natureza da Ciência, no momento pós-ensino, referem-se à avaliação que os mesmos fizeram de suas concepções no momento antes de ensino e, desta forma, associam-se à capacidade dos alunos de identificar atributos de suas respostas que deveriam ser alterados para integrá-las à perspectiva de cariz pós-positivista.

O Quadro 4.27 mostra as concepções dos alunos sobre a Evolução do Conhecimento Científico, nos momentos antes de ensino e pós-ensino.

**Quadro 4.27: Concepções dos alunos sobre a Evolução do Conhecimento Científico, nos momentos antes de ensino e pós-ensino (n = 22)**

Concepções acerca da Ciência	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino
	f	f
<b>Concepção Pós-positivista</b> ▪ A progressão do conhecimento científico não é um processo linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo	3	16
<b>Concepção Positivista</b> ▪ A progressão do conhecimento científico é um processo linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo	8	2
<b>Visões pouco claras e ambíguas</b>	5	3
<b>Difícil categorização</b> ▪ Os atributos não foram relacionados à evolução do conhecimento científico	3	1
<b>Ausência de resposta</b>	3	0

A análise do Quadro 4.27 mostra que oito alunos perfilhavam concepções positivistas de Ciência no momento antes de ensino, pois consideravam que a progressão do conhecimento científico é um processo linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo. Por outro lado, apenas três alunos consideram que o progressão do conhecimento não possui as características mencionadas acima, isto é, uma concepção pós-positivista.

No que tange às concepções positivistas, as respostas dos alunos A1 e A17, referentes ao momento antes de ensino, são exemplos ilustrativos:

“Concordo com a afirmação, o conhecimento obtido vai ser sempre contínuo, onde um cientista pode fazer uma eventual descoberta, a partir de dados que foram obtidos por outros, e que ao se integrar com seus dados fazem sentido, ocorrendo no fim de tudo um consenso.” (aluna A1)

“Concordo com a afirmação. É sim um processo linear, deve ser contínuo, porque ele é como a água de um rio, a próxima corrente será outra, e esta certamente trará, sempre, uma novidade para ser compartilhada, chegando a um consenso” (aluno A17)

Para os alunos A1 e A17, a progressão do conhecimento científico está associada a atributos como continuidade, linearidade e consensualidade, normalmente associados a perspectivas de cariz positivista. Esta visão acumulativa e de crescimento linear do conhecimento científico, uma das visões deformadas de Ciência, pode ter origem no ensino, através de um processo de omissão que ocorre quando os professores apresentam “os conhecimentos hoje aceites sem mostrar como eles foram alcançados, não se referindo às frequentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem aos complexos processos de mudança” (Gil Pérez, et al., 2001, pp. 132-133).

A análise do Quadro 4.27 revela, também, que três alunos perfilhavam concepções pós-positivistas de Ciência no momento antes de ensino, ou seja, consideravam que a progressão do conhecimento científico não é um processo linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo. A resposta do aluno A4 ilustra tal perspectiva:

“Discordo. A progressão do conhecimento não é harmoniosa, como exemplo, a descoberta do cálculo diferencial por Leibniz e Newton. Quando muda o paradigma, há uma nova visão no progresso do conhecimento. É acumulativo, até certo ponto.” (aluno A4)

Como pode ser visualizado, o aluno A4 não concordou com a afirmação que faz parte do enunciado da questão e focalizou sua justificativa na ausência de harmonia no progresso do conhecimento científico, citando a disputa intelectual entre Leibniz e Newton, pela prioridade de invenção do cálculo diferencial. Além disso, o aluno afirmou que tal processo é acumulativo até certo ponto, provavelmente, ele considera que é acumulativo até a mudança de paradigma. Se tomarmos a perspectiva kuhniana, de que o crescimento do conhecimento científico ocorre de forma acumulativa, no período de ciência normal, e de forma revolucionária, quando há mudança paradigmática (Mendonça & Videira, 2007), é possível categorizar a resposta desse aluno no conjunto das concepções pós-positivistas.

Retornando ao Quadro 4.27, verifica-se que cinco alunos apresentaram respostas categorizadas como 'visões pouco claras e ambíguas', como a destacada abaixo:

"A progressão do conhecimento não acredito que seja linear, às vezes pensa ser de uma forma e depois de muitos pensamentos muda a trajetória para um outro ângulo não pensado antes, contínuo sim, gradual na medida em que os conhecimentos são ancorados no que se refere a "pesquisa", cumulativo penso que sim, harmônico nem sempre, consensual sim e é aqui onde podem entrar as conveniências." (aluna A2)

A resposta da aluna A2 expressa uma série de ambiguidades, por exemplo, a progressão do conhecimento científico não é um processo linear, embora seja contínuo e gradual. Além disso, ela refere que a progressão não é sempre harmônica, entretanto, sempre consensual. Essa aluna também utiliza uma frase pouco clara "gradual na medida em que os conhecimentos são ancorados no que se refere a 'pesquisa'."

Ainda em relação ao momento antes de ensino, o Quadro 4.27 revela que três alunos não responderam a questão, enquanto outros três responderam, mas os atributos não foram relacionados à evolução do conhecimento científico, aspecto ilustrado através da resposta da aluna A12:

"A progressão do conhecimento é, realmente, um processo cumulativo, o indivíduo não adquire o conhecimento simplesmente quando lê um livro, mas, sim, com anos de estudos acadêmicos vivenciando e colocando em prática tudo aquilo que vem sendo adquirido no decorrer da sua vida" (aluna A12).

Como pode ser visto, essa aluna utiliza o atributo cumulativo, mas não se refere à evolução do conhecimento científico, e, sim, a evolução do conhecimento de um único indivíduo.

Nesse sentido, a resposta dessa aluna e de outros dois alunos foi incluída na categoria 'difícil categorização'.

A análise do Quadro 4.27, quanto ao momento pós-ensino, mostra que 16 alunos apresentaram respostas compostas por atributos que se prendem a concepções pós-positivistas de Ciência, em relação à Evolução do Conhecimento Científico. Por outro lado, apenas dois alunos manifestavam concepções positivistas e três, visões pouco claras e ambíguas.

Os estudos de Zanotello (2011) e Zanotello & Almeida (2013), baseados na utilização de materiais focalizados na História da Ciência, também evidenciaram o potencial desses recursos no desenvolvimento das concepções de alunos universitários sobre a evolução do conhecimento científico. Segundo Zanotello (2011, p. 1004):

“A contraposição entre antigas e novas interpretações para certos conceitos ilustra o dinamismo da atividade científica; uma atividade viva, que se modifica e se corrige em seus fundamentos conceituais e metodologias de investigação”.

Tendo-se em conta as palavras desse autor, acredita-se que as discussões efetuadas na presente investigação, em torno da evolução das ideias científicas referentes à produção de sangue e à circulação de sangue podem ter contribuído para que estes 16 alunos concebessem a progressão do conhecimento científico como um processo que não é: linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo. Por exemplo, no que tange ao conteúdo circulação do sangue, foi discutido o processo de transição entre os modelos de Galeno e Harvey, referentes à movimentação do sangue no corpo humano. Os seguintes trechos, de duas entrevistas com grupos focais, ilustram as percepções dos alunos sobre o papel da estratégia de intervenção pedagógica na aprendizagem relacionada à Evolução do Conhecimento Científico:

#### Trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Quais?

**2. Aluna A13:** Contribuiu sim, na minha visão contribuiu porque quebrou paradigmas, dogmas, que a gente tinha formado, derrubou conhecimentos, ao ponto que nos fez ver que o processo científico não é acumulativo, ele não é linear...

**3. Aluna A1:** Pensei basicamente nisso também, sobre a parte do linear e acumulativo, que a Ciência ela não é, não se faz, linear e nem cumulativamente, quando partiu de um texto, para outro, a gente percebeu isso, o conhecimento de Galeno foi destruído, porque vem um novo conhecimento, o de Harvey. Ou seja, Harvey pode ter utilizado, acredito que ele usou a pequena circulação, que foi de... esqueci o nome do autor, mas eu acho...

**4. Aluna A13:** Erasistrato.

**5. Professor:** de Colombo

6. **Aluna A1:** Colombo e, ele usou também a ideia de Erasítrato, se eu não me engano, sobre a existência das válvulas.

7. **Professor:** Isso...

8. **Aluna A1:** Então é...

9. **Professor:** ...válvulas, valvas cardíacas

10. **Aluna A1:** ...ele utilizou esses conceitos, teve essa base teórica, só que, no entanto, ele destruiu completamente a ideia de Galeno, ou seja, ele não acumulou e também ele não seguiu de forma linear, e isso pra mim foi complicado entender, de início, porque eu sempre tive a visão de que o conhecimento ia sendo construído e nunca desfeito.

#### Trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal

1. **Professor:** A utilização da história do sistema circulatório dificultou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?

(...)

2. **Aluna A18:** Bom, no começo eu acho que eu estava atrapalhando muito as questões. Como os textos foram dados, no caso, cada aula um texto, às vezes vinha uma coisa em um texto, no outro vinham coisas, ao contrário. Mas aí, com o tempo, fui conseguindo fazer a socialização, vendo que, na verdade, não era sempre que ia um completando o que o outro tinha descoberto. Sim, que às vezes ia, depois voltava, e assim por diante. Aí, consegui, mesmo com dificuldade, mas consegui entender melhor a atividade, que não era um completando o outro, às vezes um ia, justamente, contra o outro, pra conseguir fazer avanços na história da Ciência.

No trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal, as alunas A1 e A13 manifestaram que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para compreender a construção da Ciência como um processo não linear, e não cumulativo (sublinhado). Entretanto, a aluna A1 explicou como a intervenção pedagógica contribuiu para que ela desenvolvesse tal concepção sobre a Evolução do Conhecimento Científico. Em sua explicação, a aluna A1 torna patente que Harvey tinha fundamentos teóricos baseados em Erasítrato e Colombo – perspectiva trabalhada na atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5) – e que tais fundamentos contribuíram para a “destruição” do modelo galênico (sublinhado duplo), aspecto que caracteriza um processo de crescimento não cumulativo.

No trecho da 2ª Entrevista Grupo Focal, a aluna A18 relatou como a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para a compreensão da não linearidade do processo de criação científica. Em um fragmento de sua fala (sublinhado), a aluna A18 descreveu como o referido processo é marcado por avanços e recuos. De acordo com a fala dessa aluna, a intervenção pedagógica também elucidou que a passagem de umas descobertas a outras não ocorre de forma harmoniosa e cumulativa, ou seja, que a nova descoberta apenas completa a anterior, sem a existência de controvérsias ou conflitos (sublinhado duplo).

Na continuidade, apresenta-se o processo de desenvolvimento das concepções dos 22 alunos acerca da Evolução do Conhecimento Científico. Os dados contidos no Quadro 4.28

representam o referido processo.

A análise do Quadro 4.28 revela que a maioria dos alunos passou por um processo de progressão, enquanto dois alunos, apenas, permaneceram sustentando concepções positivistas no momento pós-ensino.

**Quadro 4.28: Desenvolvimento das concepções dos alunos acerca da Evolução do Conhecimento Científico (n = 22)**

Alunos	Concepção acerca da Evolução do Conhecimento Científico		Desenvolvimento das Concepções
	Momento antes de ensino	Momento pós-ensino	
A1	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A3	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A14	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A15	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A17	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A18	Positivista	Pós-Positivista	Progressão
A6	VPCA	Pós-Positivista	Progressão
A7	VPCA	Pós-Positivista	Progressão
A8	Ausência de resposta	Pós-Positivista	Progressão
A10	Ausência de resposta	Pós-Positivista	Progressão
A13	Ausência de resposta	Pós-Positivista	Progressão
A12	Difícil categorização	Pós-Positivista	Progressão
A19	Difícil categorização	Pós-Positivista	Progressão
A4	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A5	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A11	Pós-Positivista	Pós-Positivista	Mesma Posição
A2	VPCA	VPCA	<b>Mesma Posição</b>
A9	VPCA	VPCA	<b>Mesma Posição</b>
A21	VPCA	VPCA	<b>Mesma Posição</b>
A16	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A20	Positivista	Positivista	<b>Mesma Posição</b>
A22	Difícil categorização	Difícil categorização	<b>Mesma Posição</b>

**Legenda – VPCA:** visões pouco claras e ambíguas.

**Nota:** A expressão ‘mesma posição’ encontra-se sem negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma concepção pós-positivista. Em contrapartida, a expressão ‘mesma posição’ encontra-se em negrito nas situações em que os alunos mantiveram, no momento pós-ensino, uma concepção positivista ou uma resposta de difícil categorização.

Para ilustrar o processo de progressão serão utilizados os casos dos alunos A12 e A14, compostos pelas respostas desses alunos às questões referentes aos momentos antes de ensino e pós-ensino.

- Indique, justificando, a sua concordância ou discordância com a seguinte afirmação: “a progressão do conhecimento científico é um processo linear, contínuo, gradual, cumulativo, harmonioso e consensual”.

“A progressão do conhecimento é realmente um processo cumulativo, o indivíduo não adquire o conhecimento simplesmente em lê um livro mas sim com anos de estudo acadêmico, vivenciando e colocando em prática tudo aquilo que vem sendo adquirido no decorrer da sua vida.” (aluna A12)

“Creio que sim, pois o conhecimento científico não é imutável, podendo ser acrescentado conhecimentos futuros gerado a partir do primeiro, existindo um crescimento gradual e cumulativo. Sendo que qualquer pessoa pode ter acesso a esse conhecimento gerado.” (aluno A14)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Mudaria minha resposta, pois o conhecimento científico não é cumulativo, pois vimos que um cientista descobre algo, e um outro toma como base, e descobre que não é exatamente verdade, o que todos acreditavam e podemos dizer que o o conhecimento ‘caiu por terra’, acredito que o texto de Giulio Bizzozero trás um pouco disto.” (aluna A12)

“Eu mudaria, pois coloquei que era linear, gradual e acumulativo. Hoje não colocaria essa resposta, colocaria que a ciência não é linear, pois pode ser interrompida, por outros estudos, não é acumulativa, e nem contínua, sendo mostrado nos textos que os cientistas derrubavam as teorias anteriores e isso comprova que não é linear, acumulativa, gradual e etc..” (aluno A14)

A resposta da aluna A12, em relação ao momento antes de ensino, foi integrada à categoria ‘difícil categorização’, pelos motivos já expostos no segmento de texto relacionado à análise do Quadro 4.27. Por outro lado, no momento pós-ensino, essa aluna relata que “o [progresso] conhecimento científico não é cumulativo” (aluna A12), utilizando argumentos provenientes dos aspectos trabalhados na atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* (AtAp-HC5 – Anexo 8). Quanto ao aluno A14, sua resposta inicial indica que a progressão do conhecimento científico é um processo contínuo, gradual e cumulativo. Entretanto, no momento pós-ensino, o aluno declarou que mudaria a sua resposta inicial, considerando que a progressão do conhecimento científico não ocorre da forma como tinha afirmado. Embora este aluno não faça uma distinção precisa entre os conceitos “acumulativa” (relacionado à justaposição de fatos) e “linear” (relacionado à ausência de avanços e recuos), ao negar esses dois adjetivos, percebe-se que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para que o mesmo integrasse em sua resposta atributos associados à orientação pós-positivista.

Por outro lado, a análise do Quadro 4.28 também revela que nove alunos mantiveram a mesma posição em relação às concepções sobre a Evolução do Conhecimento Científico. Entre estes alunos, três manifestavam concepções pós-positivistas no momento antes de ensino, aspecto que indica que a estratégia de intervenção pedagógica apenas deu mais sustentabilidade as posições defendidas anteriormente. Em contrapartida, três alunos apresentaram respostas associadas a categoria ‘visões pouco claras e ambíguas’, em ambos os momentos referidos, aspecto patente nas respostas da alunos A9:

- Indique, justificando, a sua concordância ou discordância com a seguinte afirmação: “a progressão do conhecimento científico é um processo linear, contínuo, gradual, cumulativo, harmonioso e consensual”.

“O conhecimento científico pode ser um processo linear ou não linear, gradual ou não gradual. É contínuo, cumulativo e consensual. Não é harmonioso, pois as idéias podem ser confrontadas, até então os indivíduos analisarem as ideias e entrar em consenso. Porém, podem ser refutáveis.” (aluna A9)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Não tenho o que acrescentar.” (aluna A9)

A resposta da aluna A9, referente ao momento antes de ensino, é pouco clara em virtude da forma como ela se refere aos atributos, relacionados à evolução conhecimento científico, a exemplo do que ocorre na seguinte frase: “O conhecimento científico pode ser um processo linear ou não linear, gradual ou não gradual”. Além disso, a resposta é ambígua porque ela afirma que a evolução não é harmoniosa, embora consensual. Quanto ao momento pós-ensino a aluna A9 refere que não tem o que acrescentar.

O quadro 4.28 também mostra que dois alunos permaneceram sustentando concepções positivistas, aspecto exemplificado abaixo, através do caso da aluna A20:

- Indique, justificando, a sua concordância ou discordância com a seguinte afirmação: “a progressão do conhecimento científico é um processo linear, contínuo, gradual, cumulativo, harmonioso e consensual”.

“Concordo, pois todo o conhecimento é gradual e contínuo. A todo tempo são descobertas mais coisas que atualizam os conhecimentos antigos.” (aluna A20)

- Com relação às questões 4 a 10 da atividade *As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência*, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão. (momento pós-ensino)

“Concordo em parte, pois após a leitura de todos os textos pude perceber que a progressão do conhecimento científico não é linear. O texto interpretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue mostra diversos cientistas em que a pesquisa de um, era base para o outro.” (aluna A20)

A aluna A20 utiliza adjetivos como gradual e contínuo, para se referir à progressão do conhecimento científico, no momento antes ensino, aspecto que permitiu integrar sua resposta na categoria de concepção positivista. No momento pós-ensino, essa aluna refere que concorda, em parte, com sua resposta, mas utiliza um argumento que não sustenta a sua nova perspectiva, de que a progressão do conhecimento científico não é linear, ao descrever: “o texto interpretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue mostra diversos cientistas em que a pesquisa de um, era base para o outro.” (aluna A20). Esse argumento não suporta a ideia de que a evolução do conhecimento científico não é linear. Portanto, avalia-se que essa aluna fez uma interpretação incorreta do adjetivo linear e dos

aspectos trabalhados na atividade de aprendizagem referida pela mesma e, portanto, permanece sustentando uma concepção positivista. A resposta da aluna A16 – que também permaneceu sustentando uma concepção positivista –, referente ao momento pós-ensino, também indica o uso incorreto do adjetivo linear: “O conhecimento científico não é linear pois ele cresce a cada busca, a cada comprovação” (Aluna A16). Com base nestes resultados, avalia-se que alguns dos alunos precisariam de um trabalho mais explícito e sistemático, no que se refere à relação entre a evolução do conhecimento científico e os adjetivos incluídos na questão “Indique, justificando, a sua concordância ou discordância com a seguinte afirmação: “a progressão do conhecimento científico é um processo linear, contínuo, gradual, cumulativo, harmonioso e consensual” (AtAp-R1 – Anexo 1, sublinhado nosso).

Por fim, as análises efetuadas em relação à Evolução do Conhecimento Científico permitem afirmar que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu para que a maioria dos alunos (re)construísse concepções pós-positivistas de Ciência.

Os resultados das análises efetuadas relativamente às quatro dimensões da Natureza da Ciência – (1) Imagem do Cientista; (2) Contexto da Atividade Científica; (3) Processo de Criação Científica; e (4) Evolução do Conhecimento Científico – corroboram, em parte, com os dados recolhidos por meio da quinta questão do questionário final de avaliação global. Esta questão solicitou que os alunos avaliassem os contributos das atividades da intervenção pedagógica para a aprendizagem referente às quatro dimensões da Natureza da Ciência, através de uma escala com vários graus de intensidade – nenhum, algum, muito e bastante. O Quadro 4.29 expõe os resultados das análises das respostas dos alunos a essa questão.

**Quadro 4.29: Percepções dos alunos sobre os contributos das atividades da intervenção pedagógica para a aprendizagem referente a quatro dimensões da Natureza da Ciência (n = 22)**

Dimensões da Natureza da Ciência	Nenhum	Algum	Muito	Bastante
	f	f	f	f
Imagem do Cientista	0	2	9	11
Contexto da Atividade Científica	0	2	7	13
Processo de Criação Científica	0	1	9	12
Evolução do Conhecimento Científico	0	3	10	9

Como pode ser observado no Quadro 4.29, a maioria dos alunos julgou que a intervenção pedagógica contribuiu “muito + bastante” para a aprendizagem da Imagem do Cientista, aspecto que corrobora com as análises relacionadas aos parâmetros *caracterização iconográfica dos*

*cientistas e caracterização da atividade do cientista*. A análise do primeiro parâmetro indicou que a maioria dos alunos passou por um processo de progressão, enquanto que dez alunos passaram por esse mesmo processo, em relação ao parâmetro *caracterização da atividade do cientista*.

Quanto ao Contexto da Atividade Científica, a maioria dos alunos avaliou que a intervenção pedagógica contribuiu “bastante” para a aprendizagem dessa dimensão, avaliação que não corrobora com as análises referentes aos parâmetros *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo* e *influência de fatores externos na atividade científica*, pois somente 4 alunos passaram por um processo de progressão em relação à cada um desses parâmetros. Essas divergências, entre as percepções dos alunos e os resultados de aprendizagem, podem estar relacionadas ao fato de que um número substancial de alunos já manifestava concepções pós-positivistas sobre estes parâmetros, no momento antes de ensino, e, portanto, a intervenção pedagógica corroborou com suas concepções iniciais, aspecto que pode ter sido compreendido como um contributo para a aprendizagem.

No que corresponde ao Processo de Criação Científica, a maioria dos alunos avaliou que a intervenção pedagógica contribuiu “bastante” para a aprendizagem relacionada à esta dimensão, aspecto que corrobora, parcialmente, com os resultados anteriores, pois apenas nove alunos passaram por um processo de progressão. Neste caso, considera-se que as percepções de alguns dos alunos, sobre seus aprendizados, não corresponderam ao que foi aprendido, tendo-se em consideração às análises das respostas dos mesmos às atividades de aprendizagem.

Finalmente, a maioria dos alunos avaliou que a intervenção pedagógica contribuiu “muito + bastante” para a aprendizagem relacionada à Evolução do Conhecimento Científico, percepções que corroboram com as análises efetuadas anteriormente, já que a maioria dos alunos passou por um processo de progressão, no que se refere à essa dimensão da Natureza da Ciência.

Em suma, pode-se afirmar que a estratégia de intervenção pedagógica implementada na disciplina de Anatomia Humana proporcionou os seguintes resultados de aprendizagem, de acordo com as quatro dimensões da Natureza da Ciência analisadas:

- **Imagem do Cientista.** A maioria dos alunos passou a sustentar imagens usualmente associadas à concepção pós-positivista, em relação ao parâmetro *caracterização iconográfica dos cientistas*, enquanto dez alunos passaram a indicar essa imagem, em relação ao parâmetro *caracterização da*

*atividade do cientista*. Em relação ao parâmetro *caracterização iconográfica dos cientistas*, destaca-se que as seguintes imagens de cientista que evidenciam estereótipo, ou seja, imagens usualmente associadas à concepção positivista, foram indicadas no momento antes de ensino: (a) indivíduo geralmente integrado num laboratório; (b) indivíduo intelectualmente superior; (c) indivíduo que procura constantemente o novo; (d) indivíduo com aparência relacionada à área em que pesquisa; (e) indivíduo do sexo masculino, de cor de pele branca e ocidental. Em contrapartida, a única imagem de cientista que evidencia estereótipo, registrada no momento pós-ensino, foi aquela expressa no item (a). Quanto ao parâmetro *caracterização da atividade do cientista*, sublinha-se que alguns alunos indicaram, no momento antes de ensino, imagens usualmente associadas à concepção positivista ao afirmarem que o cientista é um indivíduo que vive à margem do mundo real: (a) na busca constante pelo conhecimento; (b) entre pesquisa e leitura; (c) seguindo etapa(s) do “método científico”; (d) aplicando o que aprendeu; (e) dedicando-se e persistindo de forma autônoma. Com exceção da imagem de cientista relacionada ao item (e), todas as outras imagens, que indicam que o cientista é um indivíduo que vive à margem do mundo real, foram manifestadas no momento pós-ensino.

- **Contexto da Atividade Científica.** Apenas quatro alunos passaram a sustentar concepções pós-positivistas, em relação aos parâmetros considerados na análise dessa dimensão da Natureza da Ciência, ou seja, *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo* e *influência de fatores externos na atividade científica*. Em relação ao parâmetro *trabalho científico como empreendimento individual/coletivo*, destaca-se que a seguinte concepção positivista foi indicada no momento antes de ensino: os cientistas buscam resultados individuais, de forma isolada, solitária e independente. Em contrapartida, nenhuma concepção positivista foi indicada no momento pós-ensino. Quanto ao parâmetro *influência de fatores externos na atividade científica*, sublinha-se que alguns alunos indicaram, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, uma concepção positivista, ao manifestar que a Ciência não é influenciada por fatores externos à atividade científica.
- **Processo de Criação Científica.** Nove alunos passaram a sustentar uma concepção pós-positivista de Ciência, em relação à essa dimensão da Natureza da Ciência. Sublinha-se que as seguintes concepções positivistas, foram manifestadas pelos alunos no momento antes de ensino: (a) o processo de criação científica restringe-se a um método único; (b) a observação é o único processo mobilizado pelos cientistas; (c) a intuição é o único processo mobilizado pelos cientistas; (d) a testagem experimental constitui o critério de validação do conhecimento científico. No momento pós-ensino foram manifestadas as concepções patentes nos itens (a) e (b).
- **Evolução do Conhecimento Científico.** A maioria dos alunos passou a sustentar uma concepção pós-positivista de Ciência, em relação à essa dimensão da Natureza da Ciência. Sublinha-se que a seguinte concepção positivista, foi indicada pelos alunos no momento antes de ensino: a progressão do conhecimento científico é um processo linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo. A referida concepção positivista foi referida, também, no momento pós-ensino.

#### **4.3. Valor educativo apontado pelos alunos à abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano**

A presente seção focaliza-se na apresentação e análise dos dados em função do seguinte objetivo de investigação:

- Identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano.

A consecução do referido objetivo de investigação processou-se através da análise de:

- a) Representações dos alunos sobre os contributos de cada uma das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência;
- b) Representações dos alunos sobre a importância da utilização de materiais focalizados na História da Ciência para a aprendizagem da Anatomia Humana;
- c) Representações dos alunos sobre os contributos da abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano, no âmbito da formação profissional docente.

Inicia-se esta seção com a apresentação e análise dos dados referentes às representações dos alunos sobre os contributos de cada uma das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência. Esses dados foram recolhidos a partir: (a) de respostas dos alunos a uma questão do questionário final de avaliação global; (b) de respostas dos alunos a questões do guião da entrevista dos grupos focais. A análise das respostas dos alunos à questão “Qual foi a atividade que mais gostou? Justifique a sua resposta”, presente no questionário final de avaliação global, possibilitou a: (1) identificação da preferência dos alunos em relação às atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência; (2) construção de categorias de justificativas associadas à preferência por determinada atividade de aprendizagem. Esses dois aspectos são considerados nos Quadros 4.30 e 4.31.

Quadro 4.30: Atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência que os alunos mais gostaram (n = 22)

Atividade de aprendizagem	Atividade preferida (f)
Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig	15
Interpretação de um texto original de William Harvey	2
Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey	2
Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação.	1
Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue	0
Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero	0
Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew	0
Todas	1
Todas, exceto a Interpretação de um texto original de William Harvey	1

A análise do Quadro 4.30 indica que a maioria dos alunos preferiu a atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9), enquanto nenhum dos alunos manifestou, de forma específica, preferência pelas atividades *Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2), *Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero* (AtAp-HC5 – Anexo 8) e *Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew* (AtAp-HC7 – Anexo 10). De forma inespecífica, dois alunos manifestaram preferência por todas as atividades de aprendizagem, sendo que um deles excluiu a atividade *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5) desse conjunto. As justificativas dos alunos para a preferência em relação às atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência estão patentes no Quadro 4.31.

Quadro 4.31: Justificativas dos alunos para a preferência em relação às atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência (n = 22)

Atividade de aprendizagem preferida	Justificativa
Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig	Proporcionou aprendizagens relacionadas Imagem do Cientista (n = 9)
	Proporcionou aprendizagens relacionadas ao Contexto da Atividade Científica (n = 4)
	Proporcionou aprendizagens relacionadas à morfofunção do coração (n = 3)
	Proporcionou aprendizagens relacionadas à Circulação do sangue (n = 1)
	Devido a possibilidade de compreender o sofrimento e o tratamento das crianças com a Tetralogia de Fallot (n = 2)
	Devido à compreensão da atividade e ao comprometimento do grupo de trabalho (n = 1)
	Não específica (n = 1)
Interpretação de um texto original de William Harvey	Proporcionou aprendizagens relacionadas à Evolução do conhecimento científico (n = 2)

Quadro 4.31 (continuação): Justificativas dos alunos para a preferência em relação às atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência (n = 22)

Atividade de aprendizagem preferida	Justificativa
Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey	Proporcionou aprendizagens relacionadas ao Processo de Criação Científica (n = 1)
	Devido a possibilidade de poder reconstruir o experimento histórico de William Harvey em sala de aula (n = 1)
Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação	Proporcionou aprendizagens relacionadas à morfofunção dos vasos sanguíneos e à pequena circulação (n = 1)
Todas	Proporcionou aprendizagens relacionadas à morfofunção do coração e à circulação do sangue (n = 1)
Todas, exceto a Interpretação de um texto original de William Harvey	Devido ao enriquecimento que proporcionou ao assunto

**Nota:** As respostas de alguns alunos, que preferiram a atividade de aprendizagem “Derivação Blalock-Taussig”, foram associadas a mais de uma categoria de justificativa.

O Quadro 4.31 evidencia o expressivo número de justificativas relacionadas à preferência pela atividade *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9). Entre as justificativas utilizadas pelos alunos, para esta escolha, destacam-se aquelas relacionadas à aprendizagem referente a dimensões da Natureza da Ciência, principalmente a dimensão Imagem do Cientista, aspecto patente nas respostas de alguns alunos:

“Pois foi quando inseriu a participação e a importância de um negro na construção do conhecimento científico” (aluna A7)

“Pois através dela pude, realmente, enxergar que qualquer um pode ser um cientista, independente de cor, formação acadêmica ou condições financeiras.” (aluna A10)

“Pois nela pude ver um homem ‘comum’ que fez pesquisas maravilhosas, salvou milhares de vida e não foi reconhecido pelo seu feito.” (aluna A20)

Considera-se que a história de vida do cientista Vivien Thomas – contemplada na atividade de aprendizagem intitulada *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9) – associada à discriminação racial, às dificuldades financeiras e ao limitado reconhecimento técnico-científico, tenha contribuído para que os alunos (re)construíssem suas concepções sobre a dimensão da Natureza da Ciência Imagem do Cientista. Além disso, tais concepções podem ter sido influenciadas pela história de vida da

cientista Helen Taussig, também discutida na atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9), que foi rejeitada pela Faculdade de Medicina de Harvard, pois essa faculdade não concedia acesso às mulheres até o ano de 1945.

Os contributos dessa atividade de aprendizagem para a aprendizagem referente à dimensão da Natureza da Ciência Imagem do Cientista podem ser ilustrados, ainda, pelo seguinte trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal:

#### Trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Quais?

(...)

**2. Aluno A22:** (...) a parte que me chamou a atenção foi a de Thomas, porque desmitifica a ideia de que um cientista tem que ser um super gênio, formado nas grandes universidades. Claro que hoje exige de nós essa formação, e é importante buscá-la, mas, porém, o processo de ser cientista é a ideia de buscar, de pesquisar, que foi o caso de Vivien Thomas, que contribuiu bastante para aquele processo da doença do bebê azul.

Nesse trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A22 relata que a história de Vivien Thomas contribuiu para desmitificar a visão elitista do cientista, considerado, muitas vezes, como gênio, sendo esta uma das imagens deformadas do trabalho científico (Gil Pérez, et al., 2001). Considera-se, também, que esse aluno indicou, de forma implícita o valor social da investigação conduzida por Vivien Thomas (sublinhado).

A preferência dos alunos pela atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9) foi relacionada, também, à aprendizagem sobre a morfofunção do sistema circulatório humano, em especial, a morfofunção do coração, aspecto patente na resposta do aluno A9:

“Foi uma atividade em que aprendi com mais detalhe à respeito da morfofunção do coração.” (aluno A9)

A comparação entre um coração com a tetralogia de Fallot e outro com a anatomia normal – aspecto discutido na seção 4.1, durante as análises referentes ao tópico *morfologia interna do coração* –, pode ter facilitado a aprendizagem sobre a morfofunção cardíaca. Convém destacar que algumas questões problematizadoras da atividade de aprendizagem *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9) provocaram,

intencionalmente, tal comparação, entre elas: (1) Por que os bebês que nascem com a tetralogia de Fallot desenvolvem cianose? (2) Quais são as modificações anatômicas efetuadas no procedimento cirúrgico denominado derivação Blalock-Taussig?

A análise do Quadro 4.31 permite constatar que dois alunos preferiram a atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5). As justificativas utilizadas por esses alunos, para essa escolha, prenderam-se à aprendizagem sobre a Evolução do Conhecimento Científico, como pode ser observado abaixo:

“Porque nesse texto que minha visão realmente mudou, não via mais a ciência da mesma forma, quando ele fez cair por terra a ideia de Galeno a minha visão de ciência linear e acumulativa também caiu e senti que já estava no momento de buscar mais informações sobre o assunto, e agora, sempre que penso em qualquer assunto, fico imaginando o que originou aquela pesquisa, qual o quadro teórico que se tinha antes, os primeiros métodos que foram utilizados, a influência da sociedade, os problemas que cada cientista enfrentou para continuar aquela pesquisa.” (aluna A1)

“Este texto me chamou a atenção porque ele é recente, em comparação com os anteriores. Quando estávamos com os outros textos, falando da história da ciência, parecia ser coisa bem antiga mesmo, do tempo de Aristóteles e companhia. Mas quando peguei esse texto meus olhos se abriram e vi que a história continua sendo escrita.” (aluno A8)

Como pode ser visto nas respostas acima, a aluna A1 refere o impacto dessa atividade de aprendizagem nas suas atitudes face à Ciência, enquanto o aluno A8 indica a data do texto e o impacto que esse aspecto tem para sua compreensão de que o desenvolvimento científico é um processo em aberto.

Retornando ao Quadro 4.31, é possível observar que dois alunos preferiram a atividade de aprendizagem *Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey* (AtAp-HC4 – Anexo 6). As justificativas utilizadas por esses alunos para tal escolha prenderam-se à aprendizagem sobre o Processo de Criação Científica e à possibilidade de poder reconstruir o experimento histórico de William Harvey em sala de aula, aspectos patentes, respectivamente, nas respostas dos alunos A4 e A11:

“A partir dessa prática pude perceber como é importante o quadro teórico do observador durante a investigação científica.” (aluno A4)

“Gostei dessa atividade porque trouxe para o grupo o experimento realizado por Harvey.” (aluno A11)

Apesar do aluno A11 não justificar porque gostou de reproduzir o experimento de Harvey, pode-se supor, com base no que foi observado em sala de aula, que tal reprodução proporcionou momentos de intensa interação entre os alunos, caracterizados, também, pelo notório entusiasmo diante da compreensão do raciocínio empregado pelo médico inglês para demonstrar como o sangue se movimento no corpo humano. Além disso, percebeu-se, durante essa atividade, a satisfação dos alunos ao compreenderem o papel das válvulas das veias, no raciocínio utilizado por Harvey. O entusiasmo decorrente da possibilidade de ter reconstruído o experimento histórico de William Harvey pode ser ilustrado pelo seguinte trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal:

#### Trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** A utilização da história do sistema circulatório facilitou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?

(...)

**2. Aluno A8:** (...) eu achei magnífico naquele texto, que a gente tava até aqui, nesta mesa, aquela experiência de, acho que foi o americano.

**3. Professor:** Inglês, inglês.

**4. Aluno A8:** O Inglês.

**5. Professor:** Harvey.

**6. Aluno A8:** Harvey. Aí quando você colocou aquilo ali [referindo-se à ligadura] foi realmente magnífico pra gente descobrir a questão das válvulas nas veias, então isso daí foi muito, realmente, interessante.

Ao empregar o adjetivo magnífico, por duas vezes, no segundo e sexto turnos do diálogo, o aluno A8 deixa transparecer o seu entusiasmo decorrente da possibilidade de ter reconstruído o experimento histórico de William Harvey e do contributo desse experimento para a aprendizagem sobre as válvulas das veias. Em termos específicos, a interrupção do retorno venoso, provocado pela ligadura utilizada na reprodução do experimento de Harvey, possibilitou aos alunos a identificação das válvulas das veias e a compreensão da função das mesmas. Certamente, esses aspectos proporcionaram o entusiasmo patente na fala do aluno A8.

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados referentes às representações dos alunos sobre a importância da utilização de materiais focalizados na História da Ciência para a aprendizagem da Anatomia Humana. Tais representações foram analisadas a partir de respostas dos alunos a: (a) uma questão do questionário final de avaliação global; (b) questões

do guião da entrevista dos grupos focais.

A análise das respostas dos alunos à questão “Gostou de trabalhar com materiais voltados à História da Ciência? Por quê?”, presente no questionário final de avaliação global, possibilitou identificar se os alunos gostaram de trabalhar com estes materiais. Além disso, a análise das respostas à referida questão também possibilitou a construção de categorias de justificativas que podem ser visualizadas no Quadro 4.32.

**Quadro 4.32: Percepções dos alunos sobre a importância da utilização de materiais voltados à História da Ciência para a aprendizagem da Anatomia Humana (n = 22)**

Percepções sobre o trabalho com materiais históricos	Justificativa	Alunos
		(f)
Gosto pelo trabalho	Ampliou o meu conhecimento epistemológico sobre Ciência	16
	Contribuiu para a aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório	5
	Despertou o meu interesse sobre os assuntos estudados	1
	Servi de estímulo para o engajamento em atividades de pesquisa	1
	Ampliou a minha visão de mundo	1
	Possibilitou aprender assuntos não encontrados em outras fontes, como os livros didáticos	1
	Permitiu compreender que um cientista completo deve conhecer a História da Ciência que pratica	1

**Nota:** Algumas das respostas dos alunos foram incluídas em mais de uma categoria de justificativas.

O Quadro 4.32 mostra que os 22 alunos gostaram de trabalhar com materiais focalizados na História da Ciência. Entre as categorias de justificativas para tal fato, figura-se em maior destaque a categoria “Ampliou o meu conhecimento epistemológico sobre Ciência”. As seguintes respostas à pergunta “Gostou de trabalhar com materiais voltados à História da Ciência? Por quê?” foram incluídas nesta categoria:

“Porque tive a oportunidade de aprender de forma contextualizada como ocorreu cada descoberta, mudei meu jeito de ver uma pesquisa, o cientista, agora sei que não existe métodos mecanizados, e que a ciência não é infalível.” (aluna A1, sublinhado nosso)

“Sim. Porque eu ouvia falar nos sistemas do corpo humano, no geral, mas com o estudo dos textos abriu uma porta nova na construção do conhecimento: avaliar, analisar como as descobertas aconteceram, na íntegra. “Um bolo, quando pronto, parece saboroso, vistoso, olhamos apenas quem fez.” Mas como fez? ou como foi feito para que ele se tornasse o que é? Então estudamos quem fez, como fez, e que as descobertas de hoje derivam de estudos nos primórdios; de alguém que colaborou para o que temos.” (aluna A2, sublinhado nosso)

“Gostei, porque fiquei sabendo como se faz ciência e que ela vem de muitos anos e séculos e até agora ela continua sendo feita e não vai parar porque a cada dia aparecem desafios que vão precisar de respostas dadas pela ciência, e eu descobri que os cientistas estão em busca dessas respostas.”

(aluno A8, sublinhados nossos)

As resposta dos alunos A1, A2 e A8 foram incluídas nessa categoria porque prendem-se ao Processo de Criação Científica. Ademais, a resposta do aluno A8 relaciona-se, também a Evolução do Conhecimento Científico.

Constatar que a utilização de materiais focalizados na História da Ciência foi aceita por todos os alunos é um aspecto a ser destacado, entretanto, possui maior relevância o fato de as respostas da maioria dos alunos indicarem que os mesmos gostaram de trabalhar com esses materiais porque os mesmos ampliaram seus conhecimentos epistemológicos sobre Ciência. A forma como a História da Ciência ampliou o conhecimento epistemológico dos alunos sobre a Ciência pode ser ilustrada pelo seguinte trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal:

#### Trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal

1. **Professor:** A utilização da história do sistema circulatório facilitou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?

(...)

2. **Aluno A7:** Em minha opinião, não. Não facilitou porque como o senhor tinha dito seria muito mais fácil chegar e dar uma aula expositiva.

3. **Professor:** Sim.

4. **Aluno A7:** No entanto, a atividade enriqueceu mais o aprendizado sobre a anatomia humana, porque nos levou a pesquisar contexto histórico, social, econômico, de alguns conteúdos técnicos, de alguns conteúdos específicos...

5. **Professor:** Sim.

6. **Aluno A7:** ...mas, eu acredito que com a atividade da intervenção meu conhecimento, pelo menos, foi bem mais rico do que seria sem a atividade.

A aluna A7 declarou a relevância da perspectiva histórica para o enriquecimento de seu conhecimento sobre Ciência, em específico, sobre o Contexto da Atividade Científica. O trecho sublinhado na resposta dessa aluna coaduna com a perspectiva defendida por Martins (1990), quando afirma que uma das aplicações didáticas da História da Ciência é contrapesar os aspectos essencialmente técnico-específicos de uma aula ao incorporar o estudo de aspectos humanos, culturais e sociais. A relevância da contextualização histórica dos conceitos científicos é explicitada por Monk & Osborne (1997, p. 410, tradução nossa):

“a apresentação e interpretação de evidências para conceitos científicos bem estabelecidos em um

ambiente ahistórico é o equivalente literário de argumentar a importância do trabalho de Shakespeare, sem discutir o contexto sociocultural do trabalho. O conhecimento científico é, também, um produto cultural contingente e, como as obras de Shakespeare, o significado de suas realizações e a compreensão de sua natureza só serão reforçados por algum conhecimento do contexto histórico.”

A análise do Quadro 4.32 também mostra que alguns alunos gostaram de trabalhar com materiais voltados à História da Ciência porque estes contribuíram para a aprendizagem sobre a morfofunção do sistema circulatório – outra intenção da estratégia de intervenção pedagógica, em paralelo ao trabalho sobre dimensões da Natureza da Ciência. As seguintes respostas foram incluídas nessa categoria:

“Sim, pois estes textos eram desconhecidos para mim, o único cientista que eu obtinha um pouco de conhecimento era William Harvey, além disso, adquiri um grande conhecimento com os estudos destes textos, acerca do sistema circulatório, e conheci um pouco da história da ciência” (aluna A12).

“Sim, pois me deu a oportunidade de aprender como a Ciência se desenvolve, seus pontos negativos e positivos, e saio da intervenção com outra visão sobre o corpo humano” (aluno A21).

As respostas desses dois alunos foram incluídas em duas categorias: (1) “Ampliou o meu conhecimento sobre Ciência” e (2) “Contribuiu para a aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório”. Em relação a esta segunda categoria, acredita-se que a História da Ciência pode ter contribuído para a aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório humano porque, segundo Martins (1990, p. 4), “geralmente, os resultados científicos atualmente aceitos são pouco intuitivos e óbvios, tendo resultado de uma longa discussão e evolução. O ensino dessa evolução facilita a compreensão dos resultados finais e de seu real significado”. O seguinte trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal ilustra esta perspectiva:

#### Trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** De uma forma geral, qual é a opinião de vocês sobre a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório?

(...)

**2. Aluno A22:** No meu caso achei bastante interessante esse tipo de abordagem.

**3. Professor:** Hum.

**4. Aluno 22:** Já que é mais do que simplesmente mostrar em desenhos como é que funciona, onde tá cada tipo de artéria, nos leva a um processo mais histórico de como foi descoberta aquela circulação, aquele tipo de circulação,

aquela veia, enfim. Eu também já ouvi, entre os alunos, que alguns desejariam o método tradicional de ensino...

5. **Professor:** Sim.

6. **Aluno A22:** ...que queriam aprender sobre os órgãos, mas não esse tipo de processo histórico...

7. **Professor:** Sim.

8. **Aluno A22:** ..mas, eu achei bastante interessante porque nos leva a pesquisar mais, a saber como foi aquele processo até chegar aquela descoberta, o processo científico, a evolução, um processo gradativo, enfim, achei bastante interessante e importante, principalmente para quem vai se especializar em ensinar. Não somente abordar aquela área teórica, mas já ter uma bagagem histórica acerca daquele ensino, daquele sistema, no caso.  
(...)

9. **Aluno A3:** (...) foi possível entender como tudo aconteceu, foi a partir de pontos negativos e positivos que a história foi se desenvolvendo, alguns descobriam algo, outros vinham e discordavam e provavam que o outro estava errado, então você hoje tem noção de como tudo surgiu. Então a história é fundamental para uma compreensão melhor do conteúdo.

10. **Aluno A2:** Não foi um pacotinho pronto...

11. **Aluno A5:** Sim...

12. **Aluno A2:** ...jogado no colo.

Nesse trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A22 salienta como a abordagem de ensino, baseada na História da Ciência, supera a simples exposição das estruturas anatômicas e de suas funções (sublinhado). Em sua fala, esse aluno manifestou como tal abordagem conduziu os alunos a compreenderem o processo de descoberta da circulação, dos tipos de circulação, das veias (sublinhado duplo). Além disso, o aluno A22 declarou que a compreensão do processo de criação científica (denominado por ele de processo científico) e da evolução do conhecimento científico é muito interessante e importante, principalmente para o futuro professor (sublinhado tracejado). Nessa perspectiva, o aluno destaca a importância do professor fazer a integração entre os conteúdos científicos (denominados por ele de área teórica) e a História da Ciência (sublinhado ondulado). Essas considerações do aluno A22 encontram eco nas palavras de Matthews (1992), quando o mesmo afirma que a História da Ciência contribui para o ensino porque “motiva e atrai os alunos” e “promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento” (p. 17-18, tradução nossa). Nesse sentido, a aluna A3 afirma que: “a história é fundamental para uma melhor compreensão do conteúdo”. De acordo com essa aluna, a história permite entender o desenvolvimento do conhecimento científico, através das divergências entre os cientistas, inerentes à empreitada científica. Finalmente, as ideias da aluna A3 foram corroboradas por seus pares, alunos A2 e A5.

Em seguida, inicia-se a apresentação e análise dos dados referentes às representações dos alunos acerca dos contributos da abordagem histórica da morfofunção do sistema

circulatório humano, no âmbito da formação profissional docente. Tais representações foram analisadas a partir das respostas dos alunos a: (a) uma questão do questionário final de avaliação global e (b) questões do guião da entrevista dos grupos focais. A análise das respostas dos alunos à questão “Você considera que a utilização da História da Ciência, no ensino do sistema circulatório humano, contribuiu em sua formação como professor de Biologia? Por quê?”, possibilitou: (1) identificar se os alunos consideraram que a História da Ciência contribuiu para a formação profissional docente; (2) a construção de categorias de justificativas relacionadas às perspectivas sustentadas pelos alunos. O Quadro 4.33 evidencia estes aspectos.

**Quadro 4.33: Concepções dos alunos sobre os contributos da integração da História da Ciência no ensino do sistema circulatório humano, considerando-se a formação profissional docente**

Contributos para a formação profissional	Justificativa	Alunos (n = 22)
		(f)
Sim	Ampliou as visões sobre a Ciência	5
	Permitiu compreender que os conteúdos devem ser ensinados de forma contextualizada	4
	Permitiu compreender que é uma alternativa ao ensino tradicional (focalizado no professor)	3
	Permitiu compreender que o perfil do professor deve integrar os conteúdos específico e epistemológico	3
	Permitiu compreender que é uma abordagem pedagógica passível de ser transposta para futuros contextos educativos;	3
	Contribuiu no desenvolvimento dos conhecimentos sobre o sistema circulatório humano;	2
	Resposta dissociada da questão	1
Não	As aulas expositivas fazem falta	1

O Quadro 4.33 mostra que 21 alunos afirmaram que a utilização da História da Ciência, no ensino do sistema circulatório humano, contribuiu para a sua formação como professores de Biologia. As justificativas da maioria desses alunos, para tal contributo, prenderam-se à categoria “ampliou as visões sobre a Ciência”, como pode ser visualizado nas respostas discriminadas abaixo:

“Sim. Ajudou-me a ter uma visão mais ampla sobre ciência. Ajudou-me a compreender que fatores externos (sociais, econômicos e políticos) influenciam o desenvolvimento científico. Ajudou-me a desconstruir (e reconstruir) algumas teorias equivocadas.” (aluna A7)

“Sim, pois vários fatores e aspectos necessários à construção do conhecimento científico foram assimilados, além da construção de uma visão cuidadosa com os materiais didáticos, ou materiais expostos por colegas, para que não se passe uma visão deformada e incerta dos conhecimentos.”

(aluno A15)

Em relação à questão da formação profissional, destaca-se, na resposta do aluno A15, a nobre preocupação com a possibilidade de transmissão de uma visão deformada e incerta da produção dos conhecimentos. Portanto, percebe-se, na resposta desse aluno, uma reflexão e indagação sobre as próprias práticas, processo importante na formação dos licenciandos (ver Zeichner, 2008). Tal preocupação pode ter tido origem nas discussões proporcionadas pela estratégia de intervenção pedagógica, principalmente as que se relacionaram às dimensões da Natureza da Ciência Processo de Criação Científica e Evolução do Conhecimento Científico. Considerando-se que esses alunos serão futuros professores de Biologia, torna-se, também relevante que alarguem suas visões sobre a Ciência, para que possam, de acordo com Matthews (1992): tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e estimular o desenvolvimento de habilidades de raciocínio e pensamento crítico; humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; promover uma compreensão mais profunda e adequada dos conteúdos científicos que trabalham; demonstrar que a Ciência é dinâmica e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações.

O seguinte trecho, de uma das entrevistas com grupos focais, ilustra as representações dos alunos sobre os contributos da intervenção pedagógica para a ampliação de visões sobre a Ciência:

#### Trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** De uma forma geral, qual é a opinião de vocês sobre a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório?

**2. Aluna A1:** Eu achei que foi uma forma diferente de aprender o assunto. Em minha opinião, inovadora, já que eu nunca participei de uma de atividade desse tipo. E de início acreditei que não seria possível aprender, de fato, o sistema circulatório com aquelas intervenções, sendo sincera.

**3. Professor:** Sim, claro, mas a sinceridade é necessária aqui.

**4. Aluna A1:** Só que no decorrer do processo, com os textos, vendo como a Ciência é construída e que ela não está pronta, não está ao meu dispor, como sempre me apareceu o conceito disso e daquilo. Sempre fui muito de ter conceito, o que é isso? O que é aquilo? Mas de onde aquele conceito surgiu? E porque aquele conceito surgiu?

**5. Professor:** Hum.

**6. Aluna A1:** E eu pude estar relacionando isso, também, buscando mais informações sobre o sistema circulatório, ou seja, eu não, não vim na sala pegar tudo, mas eu me senti na obrigação de sair daqui e buscar mais informação, porque eu acho que associar o contexto histórico, com o assunto, acho que modifica bastante a visão do indivíduo, dá a ele a possibilidade de se apropriar daquilo, e de tentar, realmente, de fato, entender o que aconteceu e porque aconteceu, não ter aquela informação recente, totalmente descontextualizada.

Nesse trecho da 1ª Entrevista Grupo Focal, no segundo turno do diálogo, a aluna A1

destaca a natureza diferenciada e inovadora da estratégia de intervenção pedagógica. Os questionamentos que a aluna A1 coloca (sublinhado) elucidam como a intervenção alargou a sua visão sobre Ciência, pois nota-se que ocorre uma mudança em suas preocupações, anteriormente focalizadas na definição de conceitos científicos e, no momento pós-ensino, em questões mais profundas, como “Mas de onde aquele conceito surgiu?” e “E porque aquele conceito surgiu?”. No sexto turno do diálogo a aluna tece algumas considerações que indicam como a estratégia de intervenção pedagógica foi capaz de motivar a busca por novas informações (sublinhado duplo). De acordo com Matthews (1992), a História da Ciência contribui para o ensino de Ciências porque, entre outros aspectos, motiva e atrai os alunos. Por fim, a aluna A1 aponta à relevância da História da Ciência para um ensino mais contextualização capaz de contribuir para uma maior apropriação do conteúdo científico.

Retornando ao Quadro 4.33, pode-se observar que as respostas dos alunos à questão “Você considera que a utilização da História da Ciência, no ensino do sistema circulatório humano, contribuiu em sua formação como professor de Biologia? Por quê?” foram associadas a outras categorias, não menos relevantes: (a) os conteúdos devem ser ensinados de forma contextualizada; (b) pode ser uma alternativa ao ensino tradicional; (c) o professor deve compreender os conteúdos específico e epistemológico; (d) transposição para futuros contextos. Cada uma das respostas abaixo relaciona-se, respectivamente, a essas categorias:

“Sim. Porque acredito que o correto seria ensinar o conteúdo de forma contextualizada e não chegar com o conhecimento pronto, sem saber como chegou àquela conclusão, que problemas foram levantados e as dificuldades vividas. O aluno precisa ter uma visão histórica da ciência para compreender, de fato, o que está estudando.” (aluna A1)

“Sim. Para formar alunos mais críticos em relação ao processo de geração dos conhecimentos científicos, acabando com a passividade do ensino tradicional.” (aluno A4)

“Sim. Como professor, preciso ser defensor do conhecimento. Eu acho importante saber como surgiu, tanto quanto, como funciona. Enriquece nosso conhecimento e nos torna mais seguros e preparados.” (aluno A5)

“Sim, vou poder abordar essa parte no ensino deles, coisa que sei que não terei em outras matérias, e o trabalho em grupo também me ajudou muito a desenvolver alguma habilidade como a de coordenação de grupo.” (aluno A14)

O seguinte trecho, de uma das entrevistas com grupos focais, ilustra as representações dos alunos em relação aos contributos da integração da História da Ciência no ensino do sistema circulatório humano, considerando-se a formação profissional docente:

#### Trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** De uma forma geral, qual é a opinião de vocês sobre a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório?

**2. Aluno A5:** (...) a gente está acostumado a ter um tipo de metodologia de ensino muito tradicional onde o professor ensina aquilo que a gente deve aprender e nada mais. A gente acabou aprendendo de uma forma diferente sobre a anatomia, mais especificamente do sistema circulatório, porque a gente não aprendeu só a parte específica, de como o sistema funciona, mas, também, um pouco da história. Acho que é tão importante, principalmente quando se trata de discentes que vão se tornar professores. Então, é tão importante quanto aprender a parte específica, entender um pouco da história (...).

**4. Professor:** Ok.

**5. Aluna A2:** Eu concordo com o aluno A5, a questão da intervenção ela é aplicável, viável, não só no ensino superior, mas se colocar na visão de ensino médio, de ensino fundamental, é uma metodologia que leva o aluno a perceber a disciplina, não como cada coisa em sua caixinha separada, mas, conseguir contextualizar a parte histórica. Eu achei fantástica, eu não conhecia, e saber como começou os pensamentos, dos primórdios, tudo, até hoje, o que a gente tem de conhecimento e os avanços que continuam...

Nesse trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal, o aluno A5 destaca que a estratégia de intervenção pedagógica não seguiu o modelo tradicional, pois: (a) os conteúdos foram trabalhados de outra forma, diferente da metodologia de ensino tradicional; (b) além do conteúdo específico – sistema circulatório humano –, foi trabalhado o conteúdo histórico que, segundo o aluno, possui o mesmo grau de importância do conteúdo específico, principalmente quando se considera a formação de professores. Em sua fala, a aluna A2 considera a viabilidade de utilizar elementos da História da Ciência no ensino médio e fundamental, ação que, de acordo com ela, propiciaria a contextualização do ensino. Os aspectos referidos elucidam a capacidade da estratégia de intervenção pedagógica de despertar nos alunos um olhar sobre a possibilidade de utilização da História da Ciência, no âmbito da atividade profissional. As falas da aluna A2, em outro trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal, ratificam esse ponto de vista (sublinhado):

#### Trecho da 3ª Entrevista Grupo Focal

**1. Professor:** O que você gostaria de falar sobre a intervenção pedagógica referente ao sistema circulatório e não foi perguntado?

(...)

**2. Aluno A2:** (...)quanto ao sistema circulatório, realmente, muita coisa ficou mais clara. Quanto à pergunta,

assim, eu não tenho nenhuma objeção, por hora. Pra mim, realmente, foi algo novo, e muito aplicável em sala de aula, agora deixo aqui registrado (...) que eu quero todas as xerox [fotocópias] dos textos da História da Ciência, que o professor não esqueça, jamais, de me passar as cópias dos textos, porque eu quero trabalhar em sala de aula, pronto.

**4. Aluno A17:** Faço minhas as palavras dela.

O Quadro 4.33 ainda mostra que um dos alunos considerou que a integração da História da Ciência, no ensino do sistema circulatório humano, não contribuiu para sua formação profissional. Esse aluno justificou sua opinião afirmando que sentiu falta das aulas expositivas e, portanto, não fez uma crítica direta à integração da História da Ciência, mas sim, à sua operacionalização. Por tratar-se de uma estratégia de intervenção pedagógica alicerçada no socioconstrutivismo (ver capítulo 3), sua operacionalização ocorreu, fundamentalmente, através da interação entre os alunos, e entre estes e o professor, em momentos de discussão em pequenos grupos e no grupo turma. Em sua resposta à questão “Você considera que a utilização da História da Ciência, no ensino do sistema circulatório humano, contribuiu em sua formação como professor de Biologia? Por quê?”, esse aluno utiliza as seguintes palavras: “Não o bastante. Sinto falta da aula teórica, talvez porque já esteja acostumado” (aluno A11). A resposta desse aluno elucida como uma perspectiva socioconstrutivista de ensino e aprendizagem pode receber resistências de alunos que foram, possivelmente, acomodados por um sistema educativo que centraliza as ações nos professores.

Em suma, as análises efetuadas na presente seção indicam que os alunos reconheceram o valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano. Em termos gerais, as representações dos alunos analisadas indicam que a abordagem histórica do sistema circulatório humano contribuiu para a ampliação das visões sobre a Ciência e para a aprendizagem dos conteúdos científicos. Tais aspectos fornecem subsídios à tese de que a integração entre a História da Ciência e a Anatomia Humana é viável e traz resultados educacionais. Em termos específicos, destaca-se que:

- (a) Todos os alunos gostaram de trabalhar com materiais focalizados na História da Ciência, principalmente porque esses materiais ampliaram o conhecimento epistemológico sobre Ciência e contribuíram com a aprendizagem sobre a morfofunção do sistema circulatório humano;

(b) Algumas atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência foram mais valorizadas, como a *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9), principalmente pelos seus contributos para as aprendizagens referentes à Imagem do Cientista e à morfofunção do coração. Em contrapartida, algumas atividades não foram tão valorizadas pelos alunos, entre elas, *Intepretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2).

(c) A maioria dos alunos considerou que a abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano contribuiu para a formação profissional porque: (1) essa abordagem ampliou as visões sobre a Ciência; (2) permitiu compreender que os conteúdos devem ser ensinados de forma contextualizada; (3) permitiu compreender que é uma alternativa ao ensino tradicional (focalizado no professor); (4) permitiu compreender que o perfil do professor deve integrar os conteúdos específico e epistemológico; (5) permitiu compreender que é uma abordagem pedagógica passível de ser transposta para futuros contextos educativos; (6) contribuiu no desenvolvimento dos conhecimentos sobre o sistema circulatório humano.

#### **4.4. Constrangimentos na abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano**

A presente seção focaliza a apresentação e análise dos dados em função do seguinte objetivo de investigação:

- Identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano.

A consecução do referido objetivo de investigação processou-se através da análise dos fatores de constrangimento à exploração da História da Ciência no âmbito das atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência. Tais fatores de constrangimento foram analisados a partir de: (a) respostas dos alunos a uma questão do questionário final de avaliação global; (b) respostas dos alunos a uma questão presente em todas as atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência; (c) diário do professor-

investigador.

Inicia-se esta seção com a análise das respostas dos alunos à questão “Qual foi a atividade que menos gostou? Justifique a sua resposta.”, presente no questionário final de avaliação global. Esta questão possibilitou a identificação de constrangimentos dos alunos em relação às atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência. Além disso, a análise das respostas à referida questão também possibilitou a construção de categorias de justificativas, associadas a constrangimentos em relação a determinada atividade de aprendizagem. A análise das respostas dos alunos à referida questão foi utilizada como eixo norteador das análises, pois se assumiu que as atividades que os alunos menos gostaram foram aquelas em que ocorreram maiores fatores de constrangimento à exploração da História da Ciência. Os Quadros 4.34 e 4.35 evidenciam esses aspectos.

**Quadro 4.34: Atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência que os alunos menos gostaram (n = 22)**

Atividade de aprendizagem	Atividade que menos gostou
	(f)
Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação	9
Intepretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue	4
Interpretação de um texto original de William Harvey	3
Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero	2
Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey	1
Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew	0
Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig	0
Nenhuma	3

O Quadro 4.34 mostra que a atividade *Intepretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2) foi a que os alunos menos gostaram. Em contrapartida, nenhum aluno afirmou que não gostou da atividade *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9). Estes resultados são coerentes com os dados contidos no Quadro 4.30, relacionado às atividades que os alunos mais gostaram. As justificativas relacionadas ao fato de gostaram menos de determinada atividade de aprendizagem focalizada na História da Ciência estão patentes no Quadro 4.35.

**Quadro 4.35: Constrangimentos dos alunos em relação às atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência (n = 22)**

Atividade que menos gostou	Justificativa	
Intepretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue	Constrangimentos decorrentes do processo de adaptação às atividades de aprendizagem (n = 6)	Dificuldade dos alunos em trabalhar em grupo (n = 3)
		Dificuldade dos alunos para gerir o tempo (n = 2)
		Dificuldade dos alunos em virtude do primeiro contato com textos da História da Ciência (n = 2)
		Dificuldade na compreensão do propósito da atividade (n = 1)
	Dificuldade na interpretação das questões da atividade (n = 1)	
	Constrangimentos decorrentes das limitações dessa atividade quanto à exploração da morfofunção do sistema circulatório (n = 2)	
Constrangimentos decorrentes da visão ingênua de Ciência sustentada no início da intervenção pedagógica (n = 1)		
Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação	Constrangimento decorrente da ausência de conhecimentos prévios (n = 1)	
	Constrangimento decorrente da complexidade da atividade e do cansaço (n = 1)	
	Constrangimento decorrente da compreensão dos fragmentos de texto (n = 1)	
	Constrangimento decorrente das limitações dessa atividade quanto à exploração da morfofunção do sistema circulatório (n = 1)	
Interpretação de um texto original de William Harvey	Constrangimentos decorrentes das características do texto original (n = 3)	Dificuldade dos alunos quanto à utilização de unidades de medidas em desuso
		Dificuldade dos alunos relacionadas ao discurso do texto original
Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero	Constrangimento decorrente da interpretação do texto da atividade (n = 1)	
	Constrangimento decorrente da falta de interesse pela atividade (n = 1)	
Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey	Constrangimento decorrente da compreensão da evolução do conhecimento científico (n = 1)	

**Nota:** As respostas de alguns alunos relacionam-se a mais de um constrangimento decorrente do processo de adaptação às atividades de aprendizagem.

O Quadro 4.35 mostra que a principal justificativa, para o fato dos alunos gostarem menos da atividade *Intepretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2), prende-se aos constrangimentos decorrentes do processo de adaptação às atividades de aprendizagem, como: (1) dificuldade dos alunos em trabalhar em grupo; (2) dificuldade dos alunos para gerir o tempo e (3) dificuldade dos alunos em virtude do primeiro contato com textos da História da Ciência. As seguintes respostas à questão “Qual foi a atividade que menos gostou? Justifique a sua resposta” ilustram um ou mais desses três elementos:

“Devido à novidade do processo, o estudo em grupo, os textos históricos, os papéis dos membros do grupo e o gerenciamento do tempo. Durante as realizações das atividades seguintes fui me adaptando e gostando da metodologia.” (aluno A4)

“Porque eu e meu grupo tivemos certas dificuldades em cooperação, entendimento com relação ao que foi solicitado ao grupo, sendo que a minha maior dificuldade foi acostumar-me aos métodos solicitados.” (aluna A16)

Considerando-se o sistema de educação formal – centralizado na figura do professor e baseado na transmissão de conteúdos descontextualizados –, podem-se compreender tais dificuldades de adaptação enfrentadas pelos alunos. As respostas deles à questão “Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem”, respondida logo após o término da atividade de aprendizagem *Intepretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2), também ilustram alguns dos fatores de constrangimento mencionados acima e decorrentes do processo de adaptação às atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência:

“– No primeiro momento senti dificuldade para assumir o papel designado, às vezes, assumia o papel do outro colega. – Dificuldades do grupo gerenciar o tempo para concretização de cada etapa da tarefa. – Sistematizar as contribuições dos membros, o que dificultou no gerenciamento do tempo. – Trabalhar em grupo com determinação de tempo” (Aluno A4).

“No desenvolvimento da atividade a minha maior dificuldade, e do grupo, foi se “desprender” de nossos costumes como, por exemplo, impor opiniões, respeitar o momento do outro, seguir as regras e os métodos estabelecidos” (Aluna A16).

O aluno A4 destacou a dificuldades em trabalhar em grupo, assim como a aluna A16, além da dificuldade para gerir o tempo. Em relação a esse processo de adaptação ao trabalho de grupo, que envolve uma ruptura com o modelo tradicional de ensino, centralizado na figura do professor, Cohen & Lotan (2014, p. 42, tradução nossa) afirmam que:

“Em vez de ouvir apenas o professor, eles [os alunos] são convidados a ouvir outros alunos. Para que o grupo passe a trabalhar sem problemas, eles devem aprender a pedir opiniões de outras pessoas, para dar a outras pessoas a oportunidade de falar, e fazer contribuições breves e sensíveis ao esforço coletivo.”

A resposta da aluna A16 torna explícita a sua dificuldade em desvencilhar-se do costume de impor opiniões e de não oportunizar a fala a outros colegas de sala, aspecto que corrobora

com as considerações de Cohen & Lotan (2014), citadas acima. Além disso, essas autoras reconhecem que o trabalho em grupo envolve uma grande mudança nas normas das salas de aula tradicionais, pois os alunos passam a depender uns dos outros, sendo responsáveis pelo comportamento do grupo e não apenas pelo próprio comportamento. Os constrangimentos associados ao trabalho de grupo também foram registradas no diário do professor-investigador, aspecto patente no seguinte trecho do mesmo:

#### **Trecho do Diário do Professor-Investigador – 2015/02/05**

Um dos alunos veio até mim e afirmou que teria dificuldades no trabalho com o seu grupo, em virtude da ausência de consensos entre os membros. Conversei com este aluno sobre a importância do trabalho em grupo e sobre a necessidade, neste tipo de trabalho, de ir contra as ideias dos colegas e não contra os colegas. Expliquei que nestes casos de ausência de consenso seria necessário construir argumentos para sustentar uma posição, evitando a mera imposição de uma ideia, sem fundamentação.

(...)

Os membros de um dos pequenos grupos de trabalho não gostaram da ideia de ter apenas dois textos por grupo de trabalho, pois os mesmos gostariam de fazer a leitura individual, assim como separar quem responderia as perguntas, por exemplo, o aluno um responderia as questões 1 e 2, o aluno dois responderia as questões 3 e 4, e assim por diante. Conversei com os membros desse grupo e externei, para o grupo turma, que a ideia de trabalho em grupo não girava em torno da fragmentação de partes da tarefa e da posterior soma de esforços individuais. O propósito era exatamente o oposto, possibilitar que os alunos compartilhassem ideias, em cada uma das questões, estabelecendo consensos.

Nesse trecho do diário, há a descrição de duas situações relacionadas aos constrangimentos decorrentes da adaptação ao trabalho de grupo. Na primeira situação, um aluno refere-se à dificuldade em lidar com ausência de consensos no seio do seu grupo de trabalho. Para tentar colmatar essa situação explicou-se a importância de fundamentar as ideias sustentadas nas discussões de grupo, aspecto essencial para o bom andamento do trabalho, de acordo Cohen & Lotan (2014). Na segunda situação, os alunos de um dos grupos de trabalho questionaram a quantidade de material ofertada para cada grupo. Em resposta a essa demanda foi explicado, para o grupo turma, que a proposta do trabalho de grupo não se prendia à fragmentação da tarefa, em ações individuais, mas sim, ao compartilhamento de ideias. Tornou-se relevante explicitar que a entrega de dois textos por grupo de trabalho, composto por quatro ou cinco alunos, teve a intenção de fazer com que os indivíduos trabalhassem juntos na interpretação das questões orientadoras, relacionadas a cada atividade de aprendizagem.

A percepção do professor/investigador sobre a questão do gerenciamento do tempo, outro constrangimento decorrente do processo de adaptação às demandas da atividade de

aprendizagem, pode ser observada no seguinte trecho do diário:

#### **Trecho do Diário do Professor-Investigador – 2015/02/05**

Uma das maiores dificuldades dos alunos, nesta atividade de aprendizagem, prendeu-se ao tempo para a execução da mesma. Ao término dos 45 minutos fornecidos, inicialmente, para a resolução das questões, nenhum grupo tinha finalizado as respostas. Portanto, foram fornecidos mais 15 minutos, mas após esse novo prazo, apenas um grupo tinha terminado a atividade. O prazo foi prorrogado por mais 15 minutos e, mesmo assim, dois grupos não tinham terminado. Foi proposto ao grupo turma que os dois grupos, com trabalhos pendentes, deveriam terminar a atividade até o final da aula e que as questões seriam discutidas no início da aula seguinte. Desta forma, os grupos que já tinha terminado a tarefa ficaram revisando o que já tinham respondido. Ao perceber a dificuldade dos alunos para responder as questões, dentro do prazo estabelecido, passei em cada grupo tentando pontuar que a falta de experiência neste tipo de trabalho contribuiu para o alargamento do prazo. Além disso, referi que o grau de entrosamento, entre os membros do grupo, melhoraria tal problemática.

Observa-se nesse trecho a opção pelo prolongamento do tempo fornecido aos alunos para a resolução das questões da atividade de aprendizagem *Intepretação de fragmentos da história da ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2). Tal medida levou em consideração o fato de que os alunos estavam passando por um processo de adaptação às demandas da atividade. De acordo com Zabala (1998), autor filiado à concepção socioconstrutivista de aprendizagem, é necessário organizar o tempo sob pressupostos de flexibilidade, permitindo, assim, a adaptação dele às características das atividades, necessárias à aprendizagem dos conteúdos propostos. Em sentido complementar, a opção pelo prolongamento do tempo baseou-se na assunção de que a aprendizagem dos alunos está relacionada à quantidade de tempo disponibilizada para uma tarefa e, certamente, ao período de tempo que os alunos ocupam na sua realização (Puentes & Aquino, 2008).

Segundo Puentes & Aquino (2008, p. 112), “a otimização e a gestão do tempo escolar são uma preocupação relevante de pedagogos e teóricos educacionais.” Acredita-se que a gestão do tempo das atividades em sala de aula é um dos principais conflitos vivenciados pelos professores durante a sua prática profissional. Na perspectiva dos alunos, o tempo ofertado pelo professor parece, muitas vezes, escasso e, de fato, para alguns alunos ele é mesmo, independentemente do alargamento dos prazos. Portanto, considera-se a gestão do tempo como um ponto de tensão contínuo entre professores e alunos e entre os próprios alunos, aspecto que incide em qualquer atividade de aprendizagem, não apenas naquelas focalizadas na História da Ciência.

A análise do Quadro 4.35 permite constatar que quatro alunos gostaram menos da

atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3). As justificativas utilizadas por esses alunos para essa escolha relacionaram-se a aspectos diversificados que se prenderam a constrangimentos decorrentes da(s): (1) ausência de conhecimentos prévios; (2) complexidade da atividade e cansaço; (3) compreensão dos fragmentos de texto; (4) limitações dessa atividade quanto à exploração da morfofunção do sistema circulatório. A resposta do aluno A14 associa-se ao segundo aspecto mencionado:

“Foi bem complexa e cansativa.” (aluno A14)

A resposta desse aluno à questão “Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem”, respondida logo após o término dessa atividade de aprendizagem, possibilita inferir que a complexidade da atividade associou-se à dificuldade na interpretação de questões da atividade de aprendizagem:

“Sobre essa atividade, as dificuldades apresentadas foram algumas interpretações acerca de algumas perguntas, poderiam ser mais diretas e com relação ao restante do desenvolvimento foi bem clara e de fácil execução” (Aluno A14).

De acordo com o diário do professor-investigador, a dificuldade com relação à interpretação de uma das questões da atividade de aprendizagem foi um fator de constrangimento à exploração da História da Ciência, como pode ser observado no seguinte trecho:

#### **Trecho do Diário do Professor-Investigador – 2015/02/12**

Os representantes da maioria dos grupos de alunos me perguntaram o que a questão 1.1, “Com base na resposta a esta questão e à mesma questão da atividade de aprendizagem sobre Veias, Artérias, Produção de Sangue, façam uma caracterização sumária do grupo de ‘cientistas’ envolvidos na construção do conhecimento acerca do sistema vascular humano”, requeria. Depreende-se, a partir desses questionamentos, que os alunos não compreenderam o que seria uma caracterização sumária, ou não entenderam que características deveriam ser valorizadas em suas descrições. Com o intuito de contribuir para a superação dessa dificuldade, pedi para que os alunos analisassem o que estes ‘cientistas’ tinham em comum. Após tal orientação, percebi, durante as discussões no grupo turma, que os alunos resolveram satisfatoriamente a questão proposta.

No trecho do diário do professor-investigador, transcrito acima, relata-se, inicialmente, as dificuldades referidas pelos alunos na interpretação da questão 1.1 da atividade de

aprendizagem *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação*. Tal questão pretendeu contribuir com a (re)construção da imagem dos cientistas. Em seguida, especifica-se a medida tomada para superar esse problema e o resultado dessa ação, que culminou em uma profícua discussão (não citada no diário) acerca da dimensão da Natureza da Ciência Imagem do Cientista. Avalia-se que as dificuldades de interpretação das questões prendem-se, certamente, às limitações que alguns alunos apresentam quanto à compreensão em leitura, um problema que faz parte da realidade dos estudantes universitários brasileiros, de acordo com pesquisas realizadas por Cunha & Santos (2006) e Oliveira (2011).

Retornando ao Quadro 4.35, pode-se observar que três alunos gostaram menos da atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5) em virtude, principalmente, de constrangimentos decorrentes das características do discurso do texto original, como dificuldades dos alunos quanto à utilização de unidades de medidas em desuso e relacionadas ao discurso do texto original. As respostas dos alunos A11 e A22 ilustram esses dois aspectos:

“Por se tratar de um texto original as unidades de medida relatadas no texto são extremamente complicadas e não usadas nos dias atuais.” (aluno A11)

“Pois o fato de interpretar um texto com ideias antigas – importantes, claro – leva a uma fadiga mental, o que leva a tornar meio cansativa a ideia de interpretá-lo.” (aluno A22)

Em relação à questão das unidades de medida, deve-se afirmar que houve uma preocupação com esse ponto durante a elaboração da atividade de aprendizagem *Interpretação de um texto original de William Harvey* (AtAp-HC3 – Anexo 5), aspecto que resultou na inserção de uma nota de rodapé, no corpo do texto original, com o intuito de facilitar a leitura do mesmo e a interpretação das questões orientadoras. Nesse sentido, acredita-se que os constrangimentos mencionados pelo aluno A11 são questionáveis à luz dos argumentos dispostos acima. Por outro lado, o aluno A22 relatou que a interpretação de um texto original leva ao cansaço e a fadiga mental. Acredita-se que esse relato pode estar associado ao fato de que “o discurso original não possui o mesmo vocabulário, a mesma estrutura e organização atual do conhecimento” (Colonese, 2009, p. 3), características que poderiam dificultar a leitura e compreensão textual.

Considerando-se que os textos autênticos de cientistas são raramente utilizados no ensino de Ciências (Souza & Almeida, 2001), avalia-se que é absolutamente natural que ocorram alguns constrangimentos decorrentes de características que essa fonte de informação possui, como

linguagem e estrutura com características diferentes das encontradas em textos contemporâneos. Em contrapartida, deve-se manifestar que o texto autêntico fez parte do conjunto diversificado de fontes de informação utilizado na presente estratégia de intervenção pedagógica e, portanto, contribuiu para que os alunos tivessem a oportunidade de trabalhar o conteúdo sistema circulatório humano por meio de diferentes discursos, aspecto promissor para a educação, segundo a perspectiva defendida por Almeida & Sorpreso (2011, p. 94):

“podemos apontar alguns deslocamentos nos modos de propor e analisar leituras. Em primeiro lugar, ressaltamos a não expectativa de que elas produzam um único significado. Se, então, pensarmos na conveniência do acesso a muitos tipos de discursos para um mesmo conteúdo, essa nos parece uma perspectiva promissora para a educação. Um estudante que resista ao estudo por livros didáticos pode gostar de ler textos de divulgação científica. O aprendizado decorrente da leitura dos diferentes tipos textuais certamente não será o mesmo. Mas, nos dois casos, provavelmente ocorrerão crescimentos culturais significativos.”

Em suma, as análises efetuadas na presente seção indicam que ocorreram constrangimentos na abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano, destacando-se:

- (a) Os fatores de constrangimento decorrentes do processo de adaptação às demandas da atividade de aprendizagem, como dificuldade em trabalhar em grupo, dificuldade no contato inicial com a História da Ciência e dificuldade para gerir o tempo. Os constrangimentos decorrentes do processo de adaptação às demandas da atividade de aprendizagem, como trabalhar em grupo e gerenciar o tempo, também foram identificados a partir da análise do diário do professor-investigador;
- (b) Os fatores de constrangimentos decorrentes da compreensão e interpretação dos fragmentos de texto da História da Ciência. De acordo com as análises do diário do professor-investigador, os constrangimentos decorrentes da interpretação de uma questão da atividade de aprendizagem, baseada em fragmentos de texto da História da Ciência, foram superados através do trabalho de mediação efetuado;
- (c) Os fatores de constrangimentos decorrentes das características do texto original, como dificuldades dos alunos quanto à utilização de unidades de medidas em desuso e

dificuldade dos alunos relacionadas ao discurso do texto original, aspecto que prende-se, provavelmente, ao vocabulário e a estrutura textual desses materiais.

## V – CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES

### Introdução

O presente capítulo inicia-se com a apresentação das principais conclusões decorrentes da avaliação da intervenção pedagógica implementada na presente investigação. Em seguida, são descritas propostas de desenvolvimento/continuidade da intervenção pedagógica implementada no presente estudo. Posteriormente são apontadas algumas implicações para o Ensino da Anatomia Humana. Finalmente, são apresentadas sugestões para futuras investigações.

#### 5.1. Principais conclusões do estudo

O presente estudo incidiu na concepção, implementação e avaliação de uma estratégia de intervenção pedagógica focalizada na temática *Sistema Circulatorio Humano* e realizada com estudantes de um curso de Licenciatura em Biologia. Esta intervenção foi composta, principalmente, por atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência em articulação com atividades de aprendizagem centradas na reflexão metacognitiva. Considerando-se esses aspectos afirma-se que as principais conclusões do estudo estão estruturadas em torno de quatro vertentes: (1) impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano; (2) impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência; (3) valor educativo apontado pelos alunos à abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano; (4) constrangimentos na abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano.

##### 5.1.1. Impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano

Este eixo de análise baseou-se no seguinte objetivo de investigação:

- Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano.

As análises conduzidas na presente investigação revelam que os alunos perfilham ideias alternativas sobre os cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano no momento antes de ensino, isto é, anteriormente à abordagem desta temática na disciplina de Anatomia Humana. O conjunto de ideias alternativas identificadas é o seguinte:

#### **CIRCULAÇÃO DO SANGUE**

- a) o sangue circula em um sistema fechado que passa, apenas, pela circulação sistêmica, sem atingir a circulação pulmonar, ou seja, o sangue circula segundo um modelo de única volta;
- b) o sangue circula em um sistema fechado com caminho incorreto pelos pulmões;
- c) o sangue circula em um sistema aberto, isto é, sai do coração, mas não retorna;
- d) o sangue circula em um padrão circular, isto é, toma uma rota circular para outras partes do corpo antes de atingir o órgão alvo.

#### **FUNÇÃO DOS VASOS SANGUÍNEOS**

- a) a 'artéria' designa todos os tipos de vasos sanguíneos;
- b) a 'veia' designa todos os tipos de vasos sanguíneos.
- c) atribuição inversa das funções às 'artérias' e 'veias', ou seja, atribuição às veias a função das artérias e vice versa;
- d) as artérias são vasos que levam o sangue para as veias antes de atingirem os capilares;
- e) as veias são vasos que levam o sangue de todas as partes do corpo para os pulmões;

#### **MORFOLOGIA INTERNA DO CORAÇÃO**

- a) o coração é representado com um número de cavidades cardíacas diferente do real;
- b) o coração é representado sem válvulas atrioventriculares (auriculoventriculares);
- c) o coração é representado sem septo cardíaco.

#### **CIRCULAÇÃO DE SANGUE NO INTERIOR DO CORAÇÃO:**

- a) o sangue trânsito do ventrículo direito para o átrio (aurícula) direito;
- b) o sangue trânsito do ventrículo esquerdo para o átrio (aurícula) esquerdo;
- c) o sangue transita entre os dois lados do coração.

#### **PRODUÇÃO DE SANGUE**

- a) o sangue é produzido no estômago;
- b) o sangue é produzido nos vasos sanguíneos;
- c) o sangue é produzido no coração;
- d) o sangue é produzido a partir de substâncias aproveitadas durante a digestão;
- e) o sangue é produzido a partir da reunião de componentes do sangue;
- f) os nutrientes são absorvidos pela medula óssea e transformados em hemácias.

A análise comparativa das ideias sustentadas pelos alunos, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, indica que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu globalmente para a (re)construção das concepções dos alunos sobre os cinco tópicos da morfofunção do sistema circulatório humano e, portanto, para a evolução conceitual dos alunos. No entanto, esse processo de (re)construção foi mais acentuado no que se refere aos tópicos *função dos vasos sanguíneos*, *morfologia interna do coração* e *circulação do sangue no interior do coração*.

No que tange ao tópico *circulação do sangue*, verificou-se que um limitado número de alunos passou por um processo de evolução conceitual, em relação aos dois parâmetros analisados - *circulação do sangue: a relação coração-pulmão* e *circulação do sangue: a relação entre os órgãos*. Esses resultados associam-se à resistência das concepções alternativas relacionadas à circulação do sangue pelo corpo humano (López-Manjón, Angón & León-Sánchez, 2007; López-Manjón & Angón, 2009).

No tópico *produção do sangue*, verificou-se que a maioria dos alunos passou pelo processo de evolução conceitual em relação ao parâmetro *local de produção de sangue*. Apesar disso, um número ínfimo de alunos passou pelo referido processo no que diz respeito ao parâmetro *como se produz o sangue*. Tais resultados associam-se as dificuldades de aprendizagem que esta temática impõe, já que para entender *como se produz o sangue* torna-se necessário compreender que esse líquido é produzido a partir de células precursoras existentes na medula óssea, aspecto que prende-se à conceitos mais elaborados, como divisão celular.

Com base nos aspectos mencionados, avalia-se que o conjunto de fatores que corporiza a estratégia de intervenção pedagógica – o conteúdo histórico do sistema circulatório, as fontes de informação mobilizadas, a natureza dialógica e/ou cooperativa da aprendizagem e as reflexões sobre o processo de aprendizagem – contribuiu para a aprendizagem relacionada à morfofunção do sistema circulatório humano e, portanto, teve um impacto positivo.

### **5.1.2. Impacto da intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência**

Este eixo de análise baseou-se no seguinte objetivo de investigação:

- Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre a Natureza da Ciência;

As análises efetuadas no presente estudo evidenciam a manifestação, no momento antes de ensino, de imagens usualmente associadas à concepção positivista de Ciência, em relação à Imagem do Cientista e de concepções positivistas de Ciência, no que tange às dimensões Contexto da Atividade Científica, Processo de Criação Científica e Evolução do Conhecimento Científico. Seguem abaixo essas imagens/concepções sustentadas pelos alunos:

#### **IMAGEM DO CIENTISTA**

- indivíduo geralmente integrado num laboratório;
- indivíduo intelectualmente superior;
- indivíduo que procura constantemente o novo;
- indivíduo com aparência relacionada à área em que pesquisa;
- indivíduo do sexo masculino, de cor de pele branca e ocidental;
- indivíduo que vive à margem do mundo real na busca constante pelo conhecimento; entre pesquisa e leitura; seguindo etapa(s) do “método científico”; aplicando o que aprendeu; dedicando-se e persistindo de forma autônoma.

#### **CONTEXTO DA ATIVIDADE CIENTÍFICA**

- os cientistas buscam resultados individuais, de forma isolada, solitária e independente;
- a Ciência não é influenciada por fatores externos à atividade científica.

#### **PROCESSO DE CRIAÇÃO CIENTÍFICA**

- o processo de criação científica restringe-se a um método único;
- a observação é o único processo mobilizado pelos cientistas;
- a intuição é o único processo mobilizado pelos cientistas;
- a testagem experimental constitui o critério de validação do conhecimento científico.

#### **EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

- a progressão do conhecimento científico é um processo linear, sem controvérsias, contínuo, gradual e cumulativo.

A análise comparativa das concepções sustentadas pelos alunos, nos momentos antes de ensino e pós-ensino, indica que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu globalmente para a (re)construção de concepções/imagens associadas a perspectivas de orientação pós-positivista, no que se refere às quatro dimensões da Natureza da Ciência e, portanto, para a progressão das concepções/imagens sustentadas pelos alunos em relação à Ciência. No entanto, o processo de progressão das concepções/imagens sustentadas pelos alunos foi mais

acentuado em relação às dimensões *Imagem do Cientista*, *Processo de Criação Científica* e *Evolução do Conhecimento Científico*, porque um número substantivo de alunos perfilhava concepções/imagens associadas a perspectivas de orientação positivista, no momento antes de ensino, e passou a sustentar, no momento pós-ensino, concepções/imagens associadas a perspectivas de orientação positivista. Por outro lado, quanto à dimensão *Contexto da Atividade Científica*, a maioria dos alunos já apresentava concepções pós-positivistas no momento antes de ensino e, portanto, avalia-se que a estratégia de intervenção pedagógica contribuiu, principalmente, para a maior sustentação dessas concepções.

Assim como considerado na subseção anterior, avalia-se que o conjunto de fatores que corporiza a estratégia de intervenção pedagógica – o conteúdo histórico do sistema circulatório, as fontes de informação mobilizadas, a natureza dialógica e/ou cooperativa da aprendizagem e as reflexões sobre o processo de aprendizagem – contribuiu para a aprendizagem relacionada às dimensões da Natureza da Ciência. Neste sentido, o impacto positivo da estratégia de intervenção pedagógica na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência e morfofunção do sistema circulatório humano evidencia o potencial da mesma para a promoção de uma aprendizagem significativa, mais alargada, que incide sobre conteúdos científicos e epistemológicos.

### **5.1.3. Valor educativo apontado pelos alunos à abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano**

Este eixo de análise baseou-se no seguinte objetivo de investigação:

- Identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano.

As representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano indicam que todos os alunos gostaram de trabalhar com materiais focalizados na História da Ciência. De acordo com as representações dos alunos, o conjunto desses materiais:

- Ampliou o conhecimento epistemológico sobre Ciência;
- Contribuiu para a aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório;
- Despertou o interesse sobre os assuntos estudados;

- Serviu de estímulo para o engajamento em atividades de pesquisa;
- Ampliou a visão de mundo;
- Possibilitou aprender assuntos não encontrados em outras fontes, como os livros didáticos;
- Permitiu compreender que um cientista completo deve conhecer a História da Ciência que pratica.

Como pode ser visto, diversos pontos levaram os alunos a indicar que gostaram de trabalhar com materiais focalizados na História da Ciência, no âmbito do ensino da Anatomia Humana. Corroborando com os dois primeiros pontos – os mais destacados pelos alunos – Martins (1990) afirma que a História da Ciência pode contribuir para a construção de novas visões sobre a Ciência e o cientista, enquanto Matthews (1992) pontua que a História da Ciência promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos, ao considerar o processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento dos mesmos. Destaca-se que o ponto “possibilitou aprender assuntos não encontrados em outras fontes, como os livros didáticos” encontra respaldo na literatura, pois autores como Gooday, Lynch, Wilson & Barsky (2008) afirmam que a História da Ciência propicia formas singulares de conhecimento e compreensão sobre Ciência que não podem ser obtidas, de forma tão significativa, por qualquer outro meio.

Os resultados da presente investigação, quanto às representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano, evidenciam que algumas atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência foram mais valorizadas, principalmente a atividade *Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig* (AtAp-HC6 – Anexo 9), devido aos seus contributos para as aprendizagens referentes à Imagem do Cientista e à morfofunção do coração. Por outro lado, algumas atividades não foram tão valorizadas pelos alunos, entre elas, *Intepretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue* (AtAp-HC1 – Anexo 2).

Por fim, as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano ainda apontam que a abordagem histórica desta temática contribuiu para a formação profissional, porque:

- Ampliou as visões sobre a Ciência;
- Permitiu compreender que os conteúdos devem ser ensinados de forma contextualizada;
- Permitiu compreender que é uma alternativa ao ensino tradicional (focalizado no professor);
- Permitiu compreender que o perfil do professor deve integrar os conteúdos específico e epistemológico;

- Permiteu compreender que é uma abordagem pedagógica passível de ser transposta para futuros contextos educativos;
- Contribuiu no desenvolvimento dos conhecimentos sobre o sistema circulatório humano.

As representações referentes ao primeiro ponto, elencado acima, são endossadas por McComas (2011), quando este investigador afirma que a utilização da História da Ciência contribui para a formação de professores, auxiliando-os em seus aprendizados sobre Ciência. Os alunos também referiram que a abordagem histórica – fundamentada no socioconstrutivismo –, “pode ser uma alternativa ao ensino tradicional (focalizado no professor)”, ou seja, através dessa representação – e daquela que indica que essa abordagem “poderá ser transposta para futuros contextos” – os alunos manifestam o desejo ou motivação para trabalhar com os elementos da História da Ciência, em um contexto de um ensino mais dialógico e colaborativo. Nesta perspectiva, avalia-se que a implementação da História da Ciência, em cursos de formação de professores, como no presente caso, pode contribuir para a apropriação, paulatina, dos significados mais atuais das Naturezas do Ensino, da Aprendizagem e da Ciência, como afirmado por Kokkotas, Piliouras, Malamitsa & Stamoulis (2008).

#### **5.1.4. Constrangimentos na abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano**

Este eixo de análise baseou-se no seguinte objetivo de investigação:

- Identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano.

Os resultados da presente investigação em relação à integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano, evidenciam a ocorrência de alguns constrangimentos, a seguir mencionados:

##### **PROCESSO DE ADAPTAÇÃO ÀS ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM**

- Dificuldade dos alunos em trabalhar em grupo;
- Dificuldade dos alunos para gerir o tempo.

##### **COMPREENSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS FRAGMENTOS DE TEXTO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

- Dificuldade na interpretação de questões de uma atividade de aprendizagem.

#### CONSTRANGIMENTOS DECORRENTES DAS CARACTERÍSTICAS DO TEXTO ORIGINAL

- Dificuldade dos alunos quanto à utilização de unidades de medidas em desuso;
- Dificuldade dos alunos relacionadas ao discurso do texto original.

O processo de adaptação às atividades de aprendizagem foi o fator de constrangimento mais citado pelos alunos. Certamente, o compartilhamento de responsabilidades no processo de ensino e aprendizagem, entre professor e alunos, em intervenções pedagógicas baseadas no socioconstrutivismo, pode provocar esses constrangimentos relacionados à aspectos, como dificuldade em trabalhar em grupo e dificuldade para gerir o tempo. Além disso, destaca-se que o trabalho em grupo não era uma prática familiar para os alunos – de acordo com os relatos dos mesmos – e, portanto, eles não tinham concepções e experiências relacionadas à respeito desse tipo de trabalho. Neste sentido, sugere-se que novas estratégias de intervenção pedagógicas, similares a implementada no presente estudo, desenvolvam atividades iniciais para promover a (re)construção das representações dos alunos acerca do que é trabalhar em grupo. Tais atividades podem contribuir para uma melhor adaptação dos alunos às outras atividades de aprendizagem da intervenção pedagógica, ao contribuírem, por exemplo, para uma melhor compreensão dos papéis a serem executados no seio do pequeno grupo.

Outro fator de constrangimento, a compreensão e interpretação dos fragmentos de texto da História da Ciência, prende-se, principalmente, à dificuldade na interpretação de questões da atividade de aprendizagem *Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação* (AtAp-HC2 – Anexo 3). Tal dificuldade está relacionada, certamente, às limitações que alguns alunos apresentam quanto à compreensão em leitura, aspecto que incidiu sobre à compreensão e interpretação dos fragmentos de texto da História da Ciência. Investigações conduzidas por diversos autores, como Cunha & Santos (2006) e Oliveira (2011), evidenciam que estudantes universitários brasileiros apresentam limitações em relação à compreensão de leitura.

Os fatores de constrangimentos decorrentes de características de textos originais de cientistas como a dificuldade dos alunos na utilização de unidades de medida em desuso e a dificuldade dos alunos quanto ao discurso do texto original – aspecto que prende-se, provavelmente, ao vocabulário e a estrutura textual desses materiais – também foram manifestados pelos alunos.

## 5.2. Propostas de desenvolvimento/continuidade da intervenção pedagógica

As reflexões decorrentes do desenvolvimento das várias fases do presente estudo possibilitaram o delineamento de algumas propostas que visam o alargamento da presente intervenção pedagógica no sentido da integração de outros temas, mais contemporâneos e, também, no sentido da inclusão de outros sistemas que compõem o corpo humano.

A primeira sugestão direciona-se no sentido de desenvolver a intervenção pedagógica implementada na presente investigação, ou seja, prende-se à ampliação da abordagem histórica do sistema circulatório humano. Um importante aspecto a ser considerado é o grande número de temáticas que poderiam ser escolhidas para o desenvolvimento da intervenção pedagógica, portanto, torna-se necessário esclarecer os critérios utilizados na seleção das possíveis temáticas.

O primeiro critério prende-se a escolha de temáticas mais atuais, voltadas à morfofunção do sistema circulatório humano, capazes de dar maior sustentação à perspectiva de que: (a) o conhecimento científico é dinâmico e aberto; (b) a construção de conhecimentos científicos é condicionado por fatores científicos, econômicos e sociais; (c) os processos mobilizados pelos cientistas se alteram de acordo com o período histórico. Além desses aspectos, acredita-se que as temáticas mais atuais podem mobilizar/motivar os alunos, pois se vinculam a realizações científicas contemporâneas, associadas, por diversas vezes, ao contexto de vida de muitos deles, no que diz respeito a problemas de saúde de pessoas do convívio social ou às informações expostas pela mídia. O segundo critério relaciona-se com o contexto em que se insere a estratégia de intervenção pedagógica – a disciplina de Anatomia Humana –, portanto, as temáticas selecionadas devem estar associadas à aspectos morfofuncionais do sistema circulatório humano.

Com base nesses aspectos, avalia-se que a presente intervenção pedagógica poderia ser continuada com o tema *Válvulas Cardíacas Artificiais* – estruturas implantadas em seres humanos, inicialmente, em 1952, por Charles Hufnagel (1916-1989) e, posteriormente, por Albert Starr (1926-) e Miles Lowell Edwards (1898-1982), na década de 1960 (Lemos & Stolf, 1992). Após o trabalho relacionado às *Válvulas Cardíacas Artificiais* poderia ser adicionada uma atividade de aprendizagem focalizada no tema *Angioplastia*, procedimento cirúrgico para desobstrução das artérias, aplicado, inicialmente, por Charles Theodore Dotter (1920-1985) e Mélvyn Judkins (1922-1985), no ano de 1964, e aperfeiçoado por Andreas Roland Gruntzig

(1939-1985), em 1977 (Gottschall, 2009). Por fim, propõe-se a elaboração de uma atividade em torno do tema *Transplante do Coração* – cirurgia executada pela primeira vez por Christiaan Neethling Barnard (1922-2011), em 1967 (Braile & Godoy, 1996).

A segunda proposta, que pode ser associada à primeira, prende-se a pertinência de se construir visões mais holísticas e integradas da morfofunção humana, e, portanto, incide sobre a articulação de vários sistemas que compõem o corpo humano, através da abordagem histórica dos mesmos. Neste sentido, avalia-se que a exploração do sistema circulatório – sistema que possui interface com vários outros –, implementada na presente investigação, poderia ser integrada à abordagem histórica de outros sistemas, como digestório, respiratório e urinário.

No que tange ao sistema digestório, por exemplo, poderiam ser consideradas as ideias de Galeno (129-199 d.C.) sobre a veia porta, estrutura anatômica que transporta nutrientes do intestino para o fígado. Este trabalho sobre o sistema digestório articular-se-ia às investigações de Gasparo Aselli (1581-1626) e Jean Pecquet (1620-1674), associadas ao sistema linfático e ao papel deste no transporte de nutrientes, do intestino para o sistema sanguíneo (v. Meli, 2008). Esse trabalho poderia ser desenvolvido através de uma atividade de aprendizagem baseada na utilização de excertos de livros de História da Ciência e de artigos científicos, como fontes de informação, acompanhados por questões problematizadoras associadas aos excertos.

Quanto ao sistema respiratório, a intervenção pedagógica implementada no presente estudo poderia ser alargada com recurso as ideias de Marcelo Malpighi (1628- 1694) sobre os capilares sanguíneos pulmonares. Tais ideias de Malpighi poderiam ser trabalhadas por meio das cartas (Young, 1929) que ele enviou ao amigo Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), matemático e físico (v. Meli, 2008). O trabalho sobre o sistema respiratório poderia ser desenvolvido através de uma atividade de aprendizagem constituída pela segunda epístola (carta) que Malpighi enviou a Borelli, como fonte de informação, acompanhada por questões problematizadoras relacionadas aos aspectos considerados nessa fonte.

Por fim, o sistema urinário poderia integrar-se ao trabalho com o sistema circulatório através da exploração da história dos nefrônios, unidades funcionais dos rins responsáveis pela filtração do sangue. As investigações conduzidas por Lorenzo Bellini (1643-1704), Frederick Ruysch (1638-1731), Friedrich Gustav Jacob Henle (1809-1885), William Bowman (1812-1891) e Carl Friedrich Wilhelm (1816-1895) podem fornecer um panorama da evolução do conhecimento científico sobre os nefrônios (ver Mezzogiorno, Mezzogiorno & Esposito, 2002). Os processos de ensino e aprendizagem referentes ao sistema urinário poderiam ser desenvolvidos

através de uma atividade de aprendizagem constituída pelo artigo científico *History of the Nephron* – publicado por Antonio Mezzogiorno, Vincenzo Mezzogiorno & Vincenzo Esposito no periódico *American Journal of Nephrology*, no ano de 2002 –, utilizado como fonte de informação, e por questões problematizadoras relacionadas ao conteúdo do mesmo.

Com base nos aspectos apresentados, acredita-se que quatro sistemas essenciais para a homeostase do corpo humano – circulatório, digestório, respiratório e urinário – poderiam ser articulados no seio de uma abordagem histórica da morfofunção humana.

### 5.3. Implicações para o Ensino da Anatomia Humana

A presente seção focaliza-se na apresentação de algumas implicações educacionais nas práticas pedagógicas adotadas no ensino da disciplina Anatomia Humana – lócus do processo investigativo efetuado no presente estudo –, principalmente quando o mesmo insere-se no contexto da formação de professores. Tais implicações prendem-se aos objetivos de aprendizagem, as fontes de informação utilizadas no ensino da disciplina Anatomia Humana e ao modo de ensino dessa disciplina.

As análises efetuadas no presente estudo indicam a possibilidade de ampliação dos objetivos de aprendizagem levados em consideração, regularmente, em disciplinas de Anatomia Humana. Em consulta feita a planos de ensino da disciplina Anatomia Humana, disponíveis em sítios eletrônicos referentes à universidades brasileiras<sup>81</sup>, identificou-se que os objetivos dessa disciplina restringe-se, fundamentalmente, a aspectos relacionados aos conteúdos científicos, como exemplo: (1) identificar, nomear e descrever estruturas anatômicas do corpo humano e (2) correlacionar forma e função das estruturas do corpo humano. Por outro lado, a presente investigação traz elementos que substanciam a inserção de outro objetivo de aprendizagem, no seio dessa disciplina: (re)construir visões sobre dimensões da Natureza da Ciência. Este objetivo relaciona-se à exploração de conteúdos epistemológicos (dimensões da Natureza da Ciência) que podem ser introduzidos na disciplina de Anatomia Humana, através da utilização da História da Ciência, contribuindo, assim, para o enriquecimento das aprendizagens dos alunos.

Em disciplinas de Anatomia Humana, de uma forma geral, são utilizados, com certo grau de variação, fontes de informação como: atlas de anatomia humana, livros didáticos, peças

---

<sup>81</sup> Exemplos de sítios eletrônicos: (1) <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=BAB0169>; (2) <https://cbiologicas.jatai.ufg.br/up/185/o/EducaB2015.pdf>.

anatômicas cadavéricas, modelos plásticos, imagens médicas (raios X, ultrassonografia, ressonância magnética, etc.) e multimídia interativa (Sugand, Abrahams & Khurana, 2010). A abordagem histórica da Anatomia Humana, implementada na presente investigação, indica a possibilidade de exploração de outras fontes de informação no ensino desta disciplina, entre elas: (1) excertos de livros de História da Ciência e de artigos científicos; (2) texto autêntico ou original de cientista; (3) experimento histórico: replicação; (4) artigo científico; (5) texto de divulgação científica. A utilização destas fontes de informação, orientada por princípios que norteiam a exploração da História da Ciência – no âmbito da Educação em Ciências –, poderá contribuir para a promoção de aprendizagens mais significativas, associadas a conteúdos científicos e epistemológicos. Neste sentido, acredita-se que o presente estudo aponta um cenário de novas possibilidades para o ensino da Anatomia Humana.

Quanto ao modo de ensino da Anatomia Humana, a literatura mostra que o mesmo é configurado, normalmente, pela separação entre aulas práticas, realizadas no laboratório, e aulas teóricas (Fornaziero et al., 2010; Talamoni & Bertolli Filho, 2011), nas quais a aula expositiva (preleção) é a estratégia metodológica mais prevalente (Fornaziero et al., 2010; Sugand; Abrahams & Khurana, 2010). Em sentido oposto, os resultados da presente investigação mostram o impacto positivo de outro modo de ensino da Anatomia Humana, alicerçado em elementos do socioconstrutivismo. Neste modo, o processo de ensino e aprendizagem centrou-se nos alunos, e fundamentou-se na dialogia, ou seja, nas interações alunos-alunos e alunos-professor, elementos que contribuíram para o desenvolvimento de aprendizagens significativas.

#### **5.4. Sugestões para futuras investigações**

As diversas atividades desenvolvidas ao longo do período de realização da presente investigação – escritas, leituras, análises, debates etc. – possibilitaram conceber algumas sugestões para novos estudos.

A primeira sugestão prende-se, também, na avaliação de uma estratégia de intervenção pedagógica focalizada na abordagem histórica da morfofunção do sistema circulatório humano, entretanto, com enfoques analíticos baseados em:

- (1) Análises audiovisuais dos diálogos estabelecidos nos pequenos grupos de trabalho, durante a realização das atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência. Essa investigação poderá contribuir para a ampliar a compreensão referente aos contributos dessas atividades e das interações estabelecidas no seio do pequeno, para as aprendizagens dos alunos.
  
- (2) Análises audiovisuais dos diálogos estabelecidos no grupo turma, durante a realização das atividades de aprendizagem focalizadas na História da Ciência. Essa investigação poderá contribuir para a ampliar a compreensão referente aos possíveis contributos das mediações efetuadas pelos alunos e pelo professor-investigador durante os momentos de discussão, para as aprendizagens dos alunos.

Diante do exposto indica-se a realização de uma investigação com o seguinte tema: *Abordagem histórica da temática Sistema Circulatório Humano. Uma análise focalizada nos contributos das interações.*

A segunda sugestão prende-se à possibilidade de efetuação, no âmbito de futuras intervenções pedagógicas baseadas na abordagem histórica do corpo humano, de análises relacionadas a outras dimensões da Natureza da Ciência, além das trabalhadas na presente investigação. A dimensão da Natureza da Ciência intitulada Estatuto Epistemológico do Conhecimento Científico (Coelho da Silva, 2007), por exemplo, poderia ser uma opção. Para a efetuação dessas análises seria necessária a integração, em futuras intervenções pedagógicas, de atividades de aprendizagem que tornassem patente que o conhecimento científico não tem estatuto superior ao de outras formas de conhecimento, como a Arte. Uma aproximação entre Ciência e Arte, através da utilização de obras de arte de polímatas, como Leonardo da Vinci (1452-1519) e Michelangelo Buonarotti Simoni (1475-1564), ou mesmo de trabalhos de anatomistas como Juan Valverde de Amusco (1525-1588) e William Cheselden (1688-1752), poderia ser uma via para a inserção dessa dimensão da Natureza da Ciência, em futuras estratégias de intervenção pedagógica focalizadas na Anatomia Humana. O estudo conduzido por Janeiro e Pechula (2016) elucida o promissor diálogo entre a Anatomia e a Arte, no âmbito da Ensino em Ciências. Para Cachapuz (2014), esse diálogo poderia contribuir para a superação da organização segmentada e hierarquizada dos saberes, aspecto associado às concepções positivistas, ao permitir “uma articulação e abertura disciplinar dos saberes, de sentido

interdisciplinar, que permita novas formas de conhecimento” (Cachapuz, 2014, p. 96). Neste sentido, sugere-se o desenvolvimento de uma investigação centrada no tema *Integração entre Anatomia Humana e Arte: reflexões sobre o estatuto epistemológico do conhecimento científico*.

A experiência adquirida durante a realização do presente estudo e decorrente da orientação de trabalhos que versam sobre a análise de livros didáticos (ver Ladislau Filha & Ribeiro, 2016), indicam a possibilidade de realização de investigações para identificar as estratégias utilizadas para a inserção da história do sistema circulatório em livros didáticos, do ensino superior e da educação básica. Tais estudos poderiam ser focalizados na análise das ideias científicas selecionadas pelos autores dos livros didáticos e na identificação das imagens da Natureza da Ciência subjacentes à abordagem histórica do sistema circulatório. Nessa perspectiva propõe-se a realização de um estudo focalizado no tema: *Abordagem histórica do sistema circulatório em livros didáticos. Que concepções de Natureza da Ciência estão patententes?*

## BIBLIOGRAFIA

- ABD-EL-KHALICK, Fouad & LEDERMAN, Norman (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665- 701.
- ACHINSTEIN, Peter (2012). Demarcation problem. In E. Craig (eds.). *The Shorter Routledge Encyclopedia of Philosophy*. London: Routledge.
- AGUTTER, Paul & WHEATLEY, Denys (2008). *Thinking about life: the history and philosophy of biology and other sciences*. Dordrecht: Springer.
- AIRD, William (2011). Discovery of the cardiovascular system: from Galen to William Harvey. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 9, 118-129.
- ALKHAWALDEH, Salem (2007). Enhancing ninth grade students' understanding of human circulatory system concepts through conceptual change approach. *The European Journal of Social & Behavioural Sciences*, 2, 201-222.
- ALKHAWALDEH, Salem (2012). Facilitating conceptual change in ninth grade students' understanding of human circulatory system concepts. *Research in Science & Technological Education*, 25, 371-385.
- ALLCHIN, Douglas (2003). Lawson's Shoehorn, or Should the Philosophy of Science Be Rated 'X'? *Science & Education*, 12, 315-329.
- ALLCHIN, Douglas (2004). Pseudohistory and Pseudoscience. *Science & Education*, 13, 179-295.
- ALMEIDA, Maria José & SORPRESO, Thirza (2010). Memória e Formação Discursivas na Interpretação de Textos por Estudantes de Licenciatura. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10, 1-16.
- ALMEIDA, Maria José & SORPRESO, Thirza (2011). Dispositivo analítico para compreensão da leitura de diferentes tipos textuais: exemplos referentes à Física. *Pro-Posições*, 22, 83-95.
- ALONSO, Luisa; ROLDÃO, Maria do Céu; VIEIRA, Flávia (2006). *Construir a competência de aprender a aprender: percurso de um projecto CCAA*. Actas do VII Colóquio sobre Questões Curriculares (III Colóquio Luso-Brasileiro) - Globalização e (des)igualdades: os desafios curriculares. Braga: Universidade do Minho, Centro de Investigação em Educação.
- ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith (2006). Uso e abusos dos estudos de caso. *Cadernos de Pesquisa*, 36, 637-651.

- AMADOR; Filomena & CONTENÇAS, Paula (2001). *História da Biologia e da Geologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- ANDERY, Maria Amália et al.(2012). *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*. Rio de Janeiro: Garamond.
- ANDROUTSOS, George; KARAMANOU, Mariana; STEFANADIS, Christodoulos (2013). The contribution of Alexandrian physicians to cardiology. *Hellenic Journal of Cardiology*, 54, 15-17.
- ANTOINE, Yves (2014). *Inventores y científicos negros*. Barcelona: Ediciones Wanáfrica.
- ARNAUDIN, Mary & MINTZES, Joel (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69, 721-733.
- ÁVILA, Gabriel da Costa (2013). *Epistemologia em conflito: uma contribuição à história das Guerras da Ciência*. Belo Horizonte: Fino Traço.
- BAAS (BRITISH ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE) (1917). *Science teaching in secondary schools*. (Committee chaired by R. Gregory). London: Murray.
- BACHELARD, Gaston (2006). *A epistemologia*. Lisboa: Edições 70.
- BAHAR, Mehmt; OZEL, Murat; PROKOP, Pavol & USAK, Muhammet (2006). Science teacher's ideas of the heart. *Journal of Baltic Science Education*, 7, 78-85.
- BARCA, Lacy (2005). As múltiplas imagens do cientista no cinema. *Comunicação & Educação*, 1, 31–39.
- BARDIN, Laurence (2009). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- BATISTA, Rosana Paulo (2007). *História da ciência: investigação do tema em livros didáticos do ensino fundamental*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina.
- BATISTETI, Caroline; CALUZI, João; ARAÚJO, Elaine & LIMA, Sérgio (2007). O sistema de grupo sanguíneo Rh. *Filosofia e História da Biologia*, 2, 85-101.
- BAUMEL, Howard & BERGER, J. Joel (1973). *Biology: Its people and its papers*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- BAVISKAR, Sandhya; HARTLE, R. Todd & WHITNEY, Tiffany (2009). Essential Criteria to Characterize Constructivist Teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist-teaching method articles. *International Journal of Science Education*, 31, 541-550.

- BERARDINELLI, Lina; GUEDES, Nathália; ACIOLI, Sonia (2013). Análise do déficit de autocuidado de clientes hipertensos e as implicações na produção de cuidado. *Revista Enfermagem UERJ*, 21, 575-580.
- BESTETTI, Reinaldo; RESTINI, Carolina & COUTO, Lucélio. Evolução do Conhecimento Anatomofisiológico do Sistema Cardiovascular: dos Egípcios a Harvey. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 103, 538-545.
- BIZZO, Nelio (1992). História da Ciência e Ensino: onde terminam os paralelos possíveis? *Em Aberto*, 11, 28-35.
- BOGART, Bruce & ORT, Victoria (2008). *Anatomia e embriologia*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- BOISAUBIN, Eugene (1988). Cardiology in ancient Egypt. *Texas Heart Institute Journal*, 15, 80-5.
- BOSS, Sergio Luiz; FILHO, Moacir & CALUZI, João José (2010). Contribuições de um texto histórico de fonte primária para a aprendizagem significativa da Lei de Coulomb. In F. Bastos (org.). *Ensino de ciências e matemática III: contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas*. São Paulo: Editora UNESP, 193-213.
- BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia & REIS, José Cláudio (2008). *Breve história da ciência moderna, volume 2: das máquinas do mundo ao universo-máquina*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- BRAILE, Domingo Marcolino & GODOY, Moacir Ferandes (1996). História da cirurgia cardíaca. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 58,329-337.
- BRASIL (1998). Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais*. Brasília: Ministério da Educação.
- BRASIL (2000). Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Brasília: MEC.
- BRASIL (2001). Parecer CNE/CES n. 1301/2001, de 06 de novembro de 2001. *Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de ciências biológicas*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 07 dez. 2001. Seção 1, p. 25. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>>.
- BRASIL (2002). Estatuto da criança e do adolescente: Lei federal nº 8069, de 13 de julho de 1990. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial.
- BRASIL (2006). Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação.

- BROGAN, Thomas & GEORGE, Alfieris (2003). Has the time come to rename the Blalock-Taussig shunt? *Pediatric Critical Care Medicine*, 4, 450–453.
- BRUSH, Stephen (1989). History of science and science education. *Interchange*, 20, 60-70.
- BULL, David & DREW, Charles (1940). The preservation of blood. *Annals of Surgery*, 112, 498-501.
- BUSNELLO, Fernanda; JOU, Graciela & SPERB, Tânia (2012). Desenvolvimento de Habilidades Metacognitivas: Capacitação de Professores de Ensino Fundamental. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 25, 2, 311-319.
- BYNUM, William (2013). *Breve história da ciência. Os cientistas e as descobertas que mudaram o nosso mundo*. Lisboa: Clube do Autor.
- CACHAPUZ, António (2014). Arte e Ciência no Ensino das Ciências. *Interações*, 31, 95-106.
- CAMPANARIO, Juan Miguel & OTERO, José (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 155-169.
- CAMPANARIO, Juan Miguel (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 369-380.
- CAMPANARIO, Juan Miguel (2002). The parallelism between scientists' and students' resistance to new scientific ideas. *International Journal of Science Education*, 24, 1095-1110.
- CAMPOS, Carlos & CACHAPUZ, António (1997). Imagens de Ciência em manuais de química portugueses. *Química Nova na Escola*, 6, 23-29.
- CARDWELL, John (1905). The development of animal physiology - some of the physiologic teachings of Praxagoras of Cos. *Medical Library and Historical Journal*, 3, 275-282.
- CARVALHO, Graça & CLÉMENT, Pierre (2007). Relationships between digestive, circulatory and urinary systems in portuguese primary textbooks. *Science Education International*, 18, 15-24.
- CHADE VERGARA, Pablo Oscar (2014). Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11, 34-53.
- CHALMERS, Alan Francis (1993). *O que é ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense.
- CHALMERS, Alan Francis (1994). *A fabricação da ciência*. São Paulo: Fundação editora da UNESP.

- CHAMBERS, David (1983). Stereotypic Images of the Scientist: The Draw-A-Scientist Test. *Science Education*, 67, 255–265.
- CHANG, Hasok (2011). How Historical Experiments Can Improve Scientific Knowledge and Science Education: The Cases of Boiling Water and Electrochemistry. *Science & Education*, 20, 317–341.
- CHENG, Maurice & GILBERT, John (2015). Students' Visualization of Diagrams Representing the Human Circulatory System: The use of spatial isomorphism and representational conventions. *International Journal of Science Education*, 37, 136-161.
- CHENG, Tsung (2001). Hippocrates and cardiology. *American Heart Journal*, 141, 173-183.
- CHI, Michelene; CHIU, Mei-Hung; LEEUW, Nicholas (1991). *Learning in a Non-Physical Science Domain: The Human Circulatory System*. Pittsburgh, Pa: Learning Research and Development Center.
- CHRISTIDOU, Vasilias (2011). Interest, attitudes and images related to science: combining students' voices with the voices of school Science, teachers, and popular science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6, 141–159.
- CLÉMENT, Pierre (2003). Situated Conceptions and Obstacles. The Example of Digestion/ Excretion. In D. Psilos et al. *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 88-97.
- COELHO DA SILVA, José Luís & SALÉ, Daniela (2009). Webquest e pedagogia para a autonomia: que relação? *Actas do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia*. Braga: Universidade do Minho.
- COELHO DA SILVA, José Luís (2007). *Natureza da Ciência em Manuais Escolares de Ciências da Naturais e de Biologia e Geologia: imagens veiculadas e operacionalização na perspectiva dos professores e autores*. Tese de Doutoramento (não publicada). Braga: Universidade do Minho.
- COELHO DA SILVA, José Luís; GONÇALVES, Judite & POÇAS, Maria Emília (2012). Metacognição e Mudança Conceptual. Uma articulação promotora da aprendizagem da Biologia. In L. Garcia et al. (eds.). *Memorias das X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología: entretejiendo los hilos de la enseñanza de la Biología en una urdimbre emancipadora*. Córdoba: Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de La Argentina, CD-ROM.
- COHEN, Elizabeth & LOTAN, Rachel (2014). *Designing groupwork: strategies for the heterogeneous classroom*. New York: Teachers College Press.

- COLL, César; MARTÍN, Elena; MAURI, Teresa; MIRAS, Mariana; ONRUBIA, Javier; SOLÉ, Isabel & ZABALA, Antoni (1998). *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática.
- COLOMINA, Rosa & ONRUBIA, Javier (2004). Interação educacional e aprendizagem escolar: a interação entre alunos. In C. Coll; A. Marchesi & J. Palacios (Orgs.). *Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação escolar*. Porto Alegre: Artmed, 280-293.
- COLONESE, Paulo Henrique (2009). História da ciência a partir de fontes originais, textos teatrais e iconografias: os casos das estrelas esquisitas de Júpiter, do escriba egípcio Ahmés e do curioso Leeuwenhoeck. In E. Mortimer (org.). *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências (ENPEC)*. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- COMPLETE DICTIONARY OF SCIENTIFIC BIOGRAPHY (2008). Erasistratus. Recuperado em 20 Janeiro, 2015, de <http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830901328.html>.
- CONANT, James (1957). *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Cambridge-MA: Harvard University Press.
- COOB, William (1950), Charles Richard Drew, MD 1904-1950. *Journal of the National Medical Association*, 42, 239-246.
- COOPER, Barry (2011). The origins of bone marrow as the seedbed of our blood: from antiquity to the time of Osler. *Proceedings (Baylor University. Medical Center)*, 24, 115–118.
- COSTA e SILVA, Kaio; SANTANA, Edson & ARROIO, Agnaldo (2012). Visões de Ciências e Cientistas Através dos Desenhos: Um Estudo de Caso com Alunos dos 8º e 9º Ano do Ensino Fundamental de Escola Pública. In J. L. Silva, J. Santos, N. Bejarano, L. Sá, & I. Gonzalez (orgs.). *Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)*. Salvador: Bahia.
- CUNHA, Marcia & GIORDAN, Marcelo (2009). A Imagem da Ciência no Cinema. *Química Nova na Escola*, 31, 9-17.
- CUNHA, Neide & SANTOS, Acácia (2006). Relação entre a compreensão da leitura e a produção escrita em Universitários. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 19, 237-245.
- DABNEY, Katherine; CHAKRAVERTY, Devasmita & TAI, Robert (2013). The Association of Family Influence and Initial Interest in Science. *Science Education*, 97, 395–409.
- DAL MAGRO, Tamires (2013). Critérios de decisão entre hipóteses científica rivais: Kuhn, Lakatos e Laudan. *Cognitio-Estudos*, 10, 174-190.

- DAMASCENO, Sérgio Augusto & CÓRIA-SABINI, Maria Aparecida (2003). Ensinar e aprender: saberes e práticas de professores de anatomia humana. *Revista Psicopedagogia*, 20, 243-254.
- DE MEIS, Leopoldo; MACHADO, Rita; LUSTOSA, Paulina; SOARES, Valéria; CALDEIRA, Maria & FONSECA, Lúcia (1993). The stereotyped image of the scientist among students of different countries: evoking the alchemist. *Biochemical Education*, 21, 75-81.
- DÉCOURT, Luiz (1990). O mecanismo da circulação do sangue: a verdade pela obra de Harvey. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, 54, 41-47.
- DELIZOICOV, Nadir; CARNEIRO, Maria Helena & DELIZOICOV, Demétrio (2004). O movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para o do seu ensino. *Ciência & Educação*, 10, 443-460.
- DIAS, Elizabeth (2015). Progresso Científico e Verdade em Popper. *Trans/Form/Ação*, 38, 163-174.
- DOBSON, John (1927). Erasistratus. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 20, 825-832.
- DOMINGUES, Maria Armanda (2006). *A História da Ciência no ensino do tema "Microbiologia": Um estudo no 6º ano de escolaridade*. Dissertação de mestrado (não publicada). Braga: Universidade do Minho.
- DUARTE, Maria da Conceição (2004). A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 10, 317-331.
- DURBANO, João Paulo (2012). *Investigações de concepções de alunos de ciências biológicas do IB/USP acerca da Natureza da Ciência*. Dissertação de Mestrado (não publicada). São Paulo: Universidade de São Paulo.
- DUSCHL, Richard (2006). Relating history of science to learning and teaching science: using and abusing. In: L. Flick & N. Lederman (Eds.). *Scientific inquiry and nature of science*. Dordrecht: Springer.
- ECHEVERRÍA, Javier (1995). *Filosofia de la ciencia*. Madrid: Akal.
- ECHEVERRÍA, Javier (2003). *Introdução à metodologia da Ciência*. Coimbra: Almedina.
- EFTYCHIADIS, Aristotelis (2002). Renal and glomerular circulation according to Oribasius (4th Century). *American Journal of Nephrology*, 22, 136-138.

- EL-HANI, Charbel (2006). Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In C. Silva (org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para a aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 3-21.
- FARA, Patricia (2012). *Ciência: 4000 Anos de História*. Lisboa: Livros Horizonte.
- FASTAG, Eduardo, VARON, Joseph & STERNBACH, George (2013). Richard Lower: the origins of blood transfusion. *The Journal of Emergency Medicine*, 44, 1146-1150.
- FERNÁNDEZ, Luigi; QUINTANILLA, Mario & BLANCAFORT, Ainoa (2010). La importancia de la historia de la química en la enseñanza escolar: análisis del pensamiento y elaboración de material didáctico de profesores en formación. *Ciência & educação*, 16, 277-291.
- FERREIRA, Jussara; PAIVA, Mizia; FARIA, Eliane; MORAIS, Lissia & LEMOS, Luciane (1999). O ensino do corpo humano programado nos cursos de licenciatura. *Arquivos da APADEC*, 3, 41-47.
- FERREIRA, Luciana, IMASATO, Hidetake & QUEIROZ, Salete (2012). Textos de divulgação científica no ensino superior de química: aplicação em uma disciplina de Química Estrutural. *Educación Química*, 23, 49-54.
- FINSON, Kevin; BEAVER, John & CRAMOND, Bonnie (1995). Development and field test of a checklist for the Draw-a-Scientist-Test. *School Science and Mathematics*, 95, 194-206.
- FLAVELL, John (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. Resnick (ed.). *The nature of intelligence*. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 231-235.
- FLÔR, Cristhiane & CASSIANI, Suzani (2005). A história da Ciência presente nos parâmetros curriculares nacionais. In *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, ENPEC. Bauru: UNESP, 1-12.
- FORATO, Thaís; MARTINS, Roberto & PIETROCOLA, Mauricio (2012). Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: L. Peduzzi; A. Martins; J. Ferreira. (org.). *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: Edufrn, 123-154.
- FORATO, Thaís; MARTINS, Roberto & PIETROCOLA, Mauricio (2012). History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. *Science & Education*, 21, 657-682.
- FORNAZIERO, Célia; GORDAN, Pedro; CARVALHO, Maria Aparecida; ARAÚJO, José Carlos & AQUINO, Juarez (2010). O ensino da Anatomia Humana: Integração do Corpo Humano e Meio Ambiente. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 34, 290-297.

- FREITAS, Fábio Henrique & FREIRE JÚNIOR, Olival (2005). O plano inclinado galileano: notas sobre uma tomada de dados com estudantes do ensino superior. In *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 16. Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Rio de Janeiro: CEFET-RJ.
- FYE, Bruce (2002). Realdo Colombo. *Clinical Cardiology*, 25, 135-137.
- GALLEGO TORRES, Adriana Patricia & GALLEGRO Badillo, Romulo (2007). Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necessárias. *Ciência & Educação*, 13, 85-98.
- GALLEGO-TORRES, Adriana (2007). Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4, 141-151.
- GATTI, Bernardete (2010). Formação de professores no Brasil: características e problemas. *Educação & Sociedade*, 31, 1355-1379
- GERALD, Michael & GERALD, Gloria (2015). *El libro de la Biología. Del origen de la vida a la epigenética, 250 hitos de la Historia de la Biología*. Madrid: Librero.
- GERMANO, Marcelo (2011). *Uma nova Ciência para um novo senso comum*. Campina Grande: EDUEPB.
- GIANGRANDE, Paul (2000). The history of blood transfusion. *British Journal of Haematology*, 110, 758-767.
- GIL PÉREZ, Daniel (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 197-212.
- GIL PÉREZ, Daniel; FERNÁNDEZ, Isabel; CARRASCOSA, Jaime; CACHAPUZ, António & PRAIA, João (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7, 125-153.
- GILSON, Hilary (2008). *Girolamo Fabrici*. Embryo Project Encyclopedia. Recuperado em 20 de Janeiro de 2015, de <http://embryo.asu.edu/handle/10776/1943>.
- GONÇALVES, Ana Judite Miranda Pias (2012). *Mudança conceptual e aprender a aprender: uma abordagem integrada na temática morfofisiologia do sistema circulatório*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Braga: Universidade do Minho.
- GONDIM, Sônia Maria (2002). Perfil profissional e mercado de trabalho: relação com formação acadêmica pela perspectiva de estudantes universitários. *Estudos de Psicologia*, 7, 299-309.
- GOODAY, Graeme; LYNCH, John; WILSON, Kenneth & BARSKY, Constance (2008). Does science education need the history of science? *Isis*, 99, 322-330.

- GOTTSCHELL, Carlos (2009). 1929-2009: 80 Anos de Cateterismo Cardíaco – uma História Dentro da História. *Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva*, 17, 246-68.
- GRIBBIN, John (2005). *História da Ciência – de 1543 ao Presente*. Mem Martins: Publicações Europa-América.
- GROSS, Charles Mayo (1988). *Gray Anatomia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A.
- GROSS, Charles (1995). Aristotle on the brain. *The Neuroscientist*, 1, 245-250.
- GUTIÉRREZ JULIÁN, María; GÓMEZ CRESPO, Miguel & MARTÍN-DÍAZ, María (2001). Es cultura la ciencia?. In P. Membiela (ed.). *Enseñanza de las Ciencias desde la Perspectiva Ciencia – Tecnología – Sociedad – Formación Científica para la Ciudadanía*. Madrid: Narcea, S. A. de Ediciones, 17-31.
- HAACK, S. Six signs of scientism (2012). *Logos & Episteme*, 1, 75-95.
- HALL, John (2012). *Fundamentos de Guyton e Hall fisiologia*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- HARVEY, William (1999). *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais*. São Paulo: Departamento de Filosofia da Universidade de São Paulo.
- HESSEN, Johannes (2000). *Teoria do conhecimento*. São Paulo: Martins Fontes.
- HOCHMAN, Gilberto (1994). A Ciência entre a Comunidade e o Mercado: leituras de Kuhn, Bourdieu, Latour e Knorr-Cetina. In V. Portocarrero (org.). *Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 199-231.
- HÖTTECKE, Dietmar (2000). How and what can we learn from replicating historical experiments? A case study. *Science & Education*, 9, 342–362.
- HÖTTECKE, Ditmar & SILVA, Cibelle (2011). Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. *Science & Education*, 20, 293-316.
- HOWE, Eric & RUDGE, David (2005). Recapitulating the history of sickle-cell anemia research. *Science & Education*, 14, 423–441.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sinopse do censo demográfico 2010, Brasil*. Recuperado em 29 de junho, 2015, de <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=12>.
- IZAGUIRRE-ÁVILA, Raúl & DE MICHELI, Alfredo (2005). Evolución del conocimiento sobre la sangre y su movimiento: *Parte II*. El saber sobre su composición. Iatroquímica de la sangre. *Revista de Investigación Clínica*, 57, 85-97.
- JANEIRO, Artur & PECHULA, Marcia (2016). Anatomia: Uma Ciência Morta? O Conceito “Arte-Anatomia” Através da História da Biologia. *Experiências em Ensino de Ciências*, 11, 12-30.

- JAPIASSÚ, Hilton & MARCONDES, Danilo (2001). *Dicionário básico de Filosofia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- JENKINS, Edgar (2004). School Science, citizenship and the public understanding of science. In E. Scanlon, P. Murphy, J. Thomas & E. Whitelegg (eds.). *Reconsidering Science Learning*. New Fatter Lane: London, Routledge Falmer, 13-20.
- KEY, Jack; KEYS, Thomas & CALLAHAN, John (1979). Historical development of concept of blood circulation: an anniversary memorial essay to William Harvey. *The American Journal of Cardiology*, 43, 1026-1032.
- KOKKOTAS, Panagiotis & RIZAKI, Aikaterini (2011). Does History of Science Contribute to the Construction of Knowledge in the Constructivist Environments of Learning?. In P. Kokkotas, K. Malamitsa & A. Rizaki. *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom*. Rotterdam: Sense Publ.
- KOKKOTAS, Panus; PILIOURAS, Panagiotis, MALAMITSA, Katerina & STAMOULIS, Efthymios (2008). Teaching Physics to In-Service Primary School Teachers in the Context of the History of Science: The Case of Falling Bodies. *Science & Education*, 18, 609–629.
- KOSMINSKY, Luis; GIORDAN, Marcelo (2002). Visões de Ciências e sobre cientista entre estudantes do ensino médio. *Química nova na escola*, 15, 11-8.
- KRAGH, Helge (2001). *Introdução à Historiografia da Ciência*. Porto: Editora Porto.
- KRASUSKI, Richard (2008). Congenital Heart Disease in the Adult. *Cleveland Cardiac Clinic: Center for Continuing Education*. Recuperado em 15 de Fevereiro de 2015, de <http://www.clevelandclinicmeded.com/medicalpubs/diseasemanagement/cardiology/congenital-heart-disease-in-the-adult/Default.htm>.
- KUHN, Thomas (2000). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva.
- LADISLAU FILHA, Célia & RIBEIRO, Gabriel (2016). The approach to sexuality in PNLD textbooks: a focus on STI/AIDS and condoms. *Ciência & Educação*, 22, 773-788.
- LAKATOS, Imre (1979). *O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica*. In I. Lakatos & A. Musgrave (orgs.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 109-143.
- LAUDAN, Larry (1977). *Progress and its problems: toward a theory of scientific growth*. Berkeley: University of California Press.

- LAUDAN, Larry; DONOVAN, Arthur; LAUDAN, Rachel; BARKER, Peter, BROWN, Harold; LEPLIN, Jarrett...WYKSTRA, Steve (1993). Mudança científica: modelos filosóficos e pesquisa histórica. *Estudos Avançados*, 7, 7-89.
- LAWSON, Anthony (2000). 'The Generality of the Hypothetico-Deductive Method: Making Scientific Thinking Explicit'. *American Biology Teacher*, 62, 482–495.
- LEAROYD, Phil (2012). The history of blood transfusion prior to the 20th century – Part 1. *Transfusion Medicine*, 22, 308-314.
- LEDERMAN, Norm; ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy & SCHWARTZ, Renée (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521.
- LEDERMAN, Norman (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. Abell & N. Lederman (eds.). *Handbook of research in science education*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 831-879.
- LEITE, Laurinda (2002). History of science in science education: development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, 11, 333-359.
- LEMONS, Pedro Carlos & STOLF, Noedir (1992). A prótese valvar cardíaca definitiva: meio século de procura. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 58,15-24.
- LIBERTI, Edson (2010). A escola anatômica de Bovero: de onde veio, para onde vai? *O Anatomista*, 1, 4-9. Disponível em: <<http://sbanatomia.org.br/oAnatomista.php>> Acesso em: 21 set 2010.
- LIN, Huann-shyang & CHEN, Chung-Chih (2002). Promoting Preservice Chemistry Teachers' Understanding about the Nature of Science through History. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 773-792.
- LÓPEZ-MANJÓN, Asunción & ANGÓN, Yolanda (2009). Representations of the human circulatory system. *Journal of Biological Education*, 43, 159-163.
- LÓPEZ-MANJÓN, Asunción, ANGÓN, Yolanda & LEÓN-SÁNCHEZ, Rigoberto (2007). La naturaleza de las representaciones sobre el sistema circulatorio. En: J. Pozo & F. Flores (coord.) *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Antonio Machado/ UNESCO.
- LOSH, Susan Carol (2010). Stereotypes about scientists over time among US adults: 1983 and 2001. *Public Understanding of Science*, 19, 372–382.

- LÜDKE, Menga & ANDRÉ, Marli (1986). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.
- LUNA, Naara (2008). Religiosidade no contexto das terapias com células-tronco: uma investigação comparativa entre pesquisadores "iniciantes e iniciados" e seus pacientes. *Religião & Sociedade*, 28, 156-178.
- LUNA, Oscar & MUÑOZ, Nélica (2000). El paradigma sociomédico cubano: um reto para la enseñanza de la Anatomia Humana. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 14, 148-154.
- MAGNER, Lois (2005). *A history of medicine*. Boca Raton: Taylor e Francis Group.
- MARCONDES, Danilo (2010). *Iniciação à História da Filosofia: dos pré-socráticos a Wittgenstein*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- MARCONI, Marina & LAKATOS, Eva Maria (2007). *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. São Paulo: Atlas.
- MARTÍN, Elena & MORENO, Amparo (2009). *Competência para aprender a aprender*. Madri: Alianza Editorial.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr (1998). A história da ciência e o ensino da Biologia. *Ciência & Ensino*, 5, 18-21.
- MARTINS, Roberto de Andrade (1990). Sobre o papel da história da ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 9, 3-5.
- MATTHEWS, Michael (1992). History, philosophy, and science teaching: The present rapprochement. *Science & Education*, 1, 11-48.
- MATTHEWS, Michael (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- MATTHEWS, Michael (1998). In Defense of Modest Goals When Teaching about the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 161-174.
- MAURI, Teresa (1998). O que faz com que o aluno e a aluna aprendam os conteúdos escolares. In C. Coll; E. Martín; T. Mauri; M. Miras; J. Onrubia; I. Solé; et al. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, 79-122.
- MAVRODI, Alexandra & PARASKEVAS, George (2014). Morphology of the heart associated with its function as conceived by ancient Greeks. *International Journal of Cardiology*, 172, 23–28.
- MAYR, Ernst (1998). *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Brasília: Editora da UNB.

- MAZZARELLO, Paolo; CALLIGARO, Alessandro & CALLIGARO, Alberto (2001). Giulio Bizzozero: a pioneer of cell biology. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 2, 776-781.
- MCADAM, Janice (1990). The persistent stereotype: children's images of scientists. *Physics Education*, 25, 102-105.
- MCCOMAS, William (2002). The principles elements of the nature of science: dispelling the myths. In W. MCCOMAS (org.). *The nature of science in science education: rationales and strategies*. New York: Kluwer academic publishers.
- MCCOMAS, William (2011). The History of Science and The Future of Science Education: A Typology of Approaches to History of Science in Science Instruction. In: P. Kokkotas, K. Malamitsa & A. Rizaki. *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom*. Rotterdam: Sense Publ, 37-53.
- MCCOMAS, William; ALMAZROA, Hiya & CLOUGH, Michael (1998). The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*, 7, 511-532.
- MCDUFFIE, Thomas (2001). Scientists—geeks and nerds? *Science and Children*, 38, 16-19.
- MEAD, Margaret & MÉTRAUX, Rhoda (1957). Image of the Scientist among High-School Students: A Pilot Study. *Science*, 126, 384-90.
- MELI, Domenico (2008). The collaboration between anatomists and mathematicians in the mid-seventeenth century with a study of images as experiments and Galileo's role in Steno's myology. *Early Science and Medicine*, 13, 665-709.
- MENDONÇA, André Luís & VIDEIRA, Antonio Augusto (2007). Progresso científico e incomensurabilidade em Thomas Kuhn. *Scientiae Studia*, 5, 169-183.
- MESQUITA, Nyuara & SOARES, Márlon (2008). Visões de Ciência em desenhos animados: uma alternativa para o debate sobre a construção do conhecimento científico em sala de aula. *Ciência & Educação*, 14, 417-429.
- MEYERHOF, Max (1935). Ibn An-Nafis (XIIIth cent.) and his theory of the lesser circulation. *Isis*, 23, 100-120.
- MEZZOGIORNO, Antonio; MEZZOGIORNO, Vincenzo; ESPOSITO, Vincenzo (2002). History of the Nephron. *American Journal of Nephrology*, 22, 213-219.
- MICHELI, Alfredo (2011). En torno a los primeros estudios de electrofisiología. *Archivos de Cardiología de México*, 81, 337-342.
- MIELE, Eleanor (2014). Using the Draw-A-Scientist Test for inquiry and evaluation. *Journal of college science teaching*, 43, 36-40.

- MIKKILÄ-ERDMANN, Mirjamaija, SÖDERVIK, Ilona, VILPPU, Henna, KÄÄPÄ, Pekka & OLKINUORA, Erkki (2012). First-year medical students' conceptual understanding of and resistance to conceptual change concerning the central cardiovascular system. *Instructional Science*, 40, 745-754.
- MILLER, Jon (2004). Public Understanding of, and Attitudes toward, Scientific Research: What We Know and What We Need to Know. *Public Understanding of Science*, 13, 273–294.
- MIRAS, Mariana (1998). Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In C. Coll; E. Martín; T. Mauri; M. Miras; J. Onrubia; I. Solé; et al. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, 57-77.
- MODELL, Harold; CLIFF, William; MICHAEL, Joel; MCFARLAND, Jenny; WENDEROTH, Mary Pat & WRIGHT, Ann (2015). A physiologist's view of homeostasis. *Advances in Physiology Education*, 39, 259-266.
- MONK, Martin & OSBORNE, Jonathan (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81, 405- 424.
- MONTES, Marco Aurélio & SOUZA, Cláudia Tereza (2010). Estratégia de ensino-aprendizagem de anatomia humana para acadêmicos de medicina. *Ciência & Cognição*, 15, 2-12.
- MOREIRA, Marco Antônio & OSTERMAN, Fernanda (1993). Sobre o ensino do método científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 10, 108-117.
- MORGAN, David (1996). Focus Groups. *Annual Review of Sociology*, 22, 129-152.
- MORGAN, David (1997). *Focus group as qualitative research*. London: Sage.
- MOWRY, Bryan (1985). From Galen's Theory To William Harvey's Theory: A Case Study In The Rationality Of Scientific Theory Change. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 16, 49-82.
- NASCIMENTO, Tatiana & CASSIANI, Suzani (2009). Leituras de divulgação científica por licenciandos em Ciências Biológicas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8, 745-769.
- NASCIMENTO, Viviane (2004). A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências. In A. M. Carvalho (org). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 35-58.
- NAUG, Helen; COLSON, Natalie & DONNER, Daniel (2011). Promoting metacognition in first year anatomy laboratories using plasticine modeling and drawing activities: a pilot study of the “blank page” technique. *Anatomical Science Education*, 4, 231-234.

- NÚÑEZ, Francisco & BANET, Enrique (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración e circulación. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 261-278.
- NUNN, John. *Ancient Egyptian medicine* (1996). London: British Museum Press.
- OKI, Maria da Conceição & MORADILLO, Edilson (2008). O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. *Ciência & Educação*, 14, 67-88.
- OLIVA, Alberto (2010). *Filosofia da Ciência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- OLIVEIRA, Katya (2011). Considerações acerca da compreensão em leitura no ensino superior. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 31, 690-701.
- ÖZGÜR, Samir (2013). The Persistence of Misconceptions about the Human Blood Circulatory System among Students in Different Grade Levels. *International Journal of Environmental & Science Education*, 8, 255-268.
- PAIXÃO, Fátima & CACHAPUZ, Antônio (1999). La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular: de la teoría a la práctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 69-77.
- PALMA, Alexandre & VILAÇA, Murilo (2012). Conflitos de interesse na pesquisa, produção e divulgação de medicamentos. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 19, 919-932.
- PARKS, Donald (1979). Charles Richard Drew, MD 1904-1950. *Journal of the National Medical Association*, 71, 893-895.
- PASIPOULARIDES, Ares (2013). Historical Perspective: Harvey's epoch-making discovery of the Circulation, its historical antecedents, and some initial consequences on medical practice. *Journal of Applied Physiology*, 114, 1493-1503.
- PELAEZ, Nancy; BOYD, Denise; ROJAS, Jacqueline & HOOVER, Mildred (2005). Prevalence of blood circulation misconceptions among prospective elementary teachers. *Advances in Physiology Education*, 29, 172-181.
- PENA, Sérgio (2005). Razões para banir o conceito de raça da medicina brasileira. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 12, 321-346.
- PEREIRA, Ana Isabel & AMADOR, Filomena (2007). A História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, 191-216.
- PEREIRA NETO, André (1997). Tornar-se cientista: o ponto de vista de Bruno Latour. *Cadernos de Saúde Pública*, 13, 109-118.

- PESA, Marta & OSTERMANN, Fernanda (2002). La ciencia como actividad de resolución de problemas: la epistemología de Larry Laudan y algunos aportes para las investigaciones educativas en ciencias. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19, 84-99.
- PICKOVER, Clifford (2013). *El libro de la medicina. De los médicos brujos a los robots cirujanos. 250 hitos en la historia de la medicina*. Madrid: Librero.
- PINHEIRO, Cláudia Mônica (2012). *As Actividades Experimentais no desenvolvimento da Autonomia do Aluno: Um estudo de caso no 1.º Ciclo do Ensino Básico*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Braga: Universidade do Minho.
- POHL, Ulrich (2012). Physiology: A Networking Medical Science. *Physiology*, 27, 54-55.
- POLANYI, Michael (2009). *The tacit dimension*. Chicago: University of Chicago Press.
- PRESTES, Maria Elice & CALDEIRA, Ana Maria (2009). Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 1-19.
- PRINS, Frans; VEENMAN, Marcel & ELSHOUT, Jan (2006). The impact of intellectual ability and metacognition on learning: new support for the threshold of problematicity theory. *Learning and Instruction*, 16, 374-387.
- PUNTES, Roberto & AQUINO, Orlando (2008). A aula universitária: resultados de um estudo empírico sobre o gerenciamento do tempo. *Linhas Críticas*, 14, 111-129.
- RAMOS, Carlos (1992). William Harvey: Vida e Obra (2.ª Parte). *Acta Médica Portuguesa*, 5, 559-563.
- REBOLLO, Regina André (2002). A difusão da doutrina da circulação do sangue: a correspondência entre William Harvey e Caspar Hofmann em maio de 1636. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 9, 479-513.
- REBOLLO, Regina André (2006). O legado hipocrático e sua fortuna no período greco-romano: de Cós a Galeno. *Scientiae Studia*, 4, 45-81.
- REVERÓN, Rafael. Rufus de Éfeso (I d.C.), Médico y Anatomista Greco-romano (2013). *International Journal of Morphology*, 31, 1328-1330.
- REYNOL, Fabio & BELISARIO, Roberto (2008). A física do “vazio”. *ComCiência*, 101, 0-0.
- RIBEIRO, Gabriel, OLIVEIRA, Iolanda & SILVA, Maria Laura (2011). É possível romper com a frieza do ensino de Anatomia Humana? *Experiências em Ensino de Ciências*, 6, 45-53.
- RIVERO, Ana & Wamba, Ana Maria (2011). Naturaleza de la ciencia y construcción del conocimiento científico. La naturaliza de la ciencia como objetivo de la enseñanza. In A.

- Caamaño (coord.). *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar*. Barcelona: Gráo, 9-26.
- ROCA-ROSELL, Antoni & GRAPÍ-VILUMARA, Pere (2010). Antoni Quintana-Mari (1907–1998): A Pioneer of the Use of History of Science in Science Education. *Science & Education*, 19, 925-929.
- ROSENTHAL, Dorothy (1993). Images of scientists: a comparison of biology and liberal studies majors. *School Science and Mathematics*, 93, 212-216.
- RUDGE, David & HOWE, Eric (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561-580.
- RUDGE, David; CASSIDY, David; FULFORD, Janice & HOWE, Eric (2013). Changes Observed in Views of Nature of Science During a Historically Based Unit. *Science & Education*, 23, 1879-1909.
- RUPP, Janc (1993). Michel Foucault, a política do corpo e a expansão da anatomia moderna. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 3, 07-42.
- SALAZAR, Joana (2012). *As Competências de Cooperação na Aprendizagem da Biologia: um estudo de caso na temática Morfofisiologia do sistema respiratório*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Braga: Universidade do Minho.
- SANTOS, Walter; PEREIRA, Salomé; CAMACHO, Ana; MARQUES, Vasco; MATOS, Pedro & GOMES, Veloso (2009). Um Caso Raro de Longevidade da Tetralogia de Fallot. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 28, 473-477.
- SANTOS, Zélia; FROTA, Mirna; CRUZ, Daniele & HOLANDA, Samanta (2005). Adesão do cliente hipertenso ao tratamento: análise com abordagem interdisciplinar. *Texto & Contexto - Enfermagem*, 14, 332-340.
- SCHERZ, Zahava & OREN, Miri (2006). How to change student's images of science and technology. *Science Education*, 90, 965-985.
- SCULTETUS, Anke; VILLAVICENCIO, J. Leonel & RICH, Norman (2001). Facts and fiction surrounding the discovery of the venous valves. *Journal of Vascular Surgery*, 33, 435-441.
- SHIMAMOTO, Delma & LIMA, Emília (2006). As representações sociais dos professores sobre o corpo humano. *Revista de Ciências Humanas*, 39, 147-165.
- SILVA, Fernanda & CUNHA, Ana Maria (2012). Método científico e prática docente: as representações sociais de professores de ciências do ensino fundamental. *Ciência & Educação*, 18, 41-54.

- SILVA, Francismary (2009). Descoberta versus Justificativa: a Sociologia e a Filosofia do conhecimento científico na primeira metade do Século XX. *Revista de Teoria da História*, 1, 52-67.
- SILVA, Henrique & ALMEIDA, Maria José (2005). O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4, 155-179.
- SILVA, Kalina & SILVA, Maciel (2009). *Dicionário de conceitos históricos*. São Paulo: Contexto.
- SILVA, Rosa Maria & LEITE, Laurinda (2003). Promover a imagem dos cientistas através de WebQuests. Análise crítica de “Eureka!” uma WebQuest sobre cientistas e as suas descobertas. *Boletín das Ciências*, 53, 289-297.
- SILVA, Rosimeira; SILVA, Michelly.; SOUZA, Renata (2001). O ensino da anatomia através das artes cênicas. *Arquivos da APADEC*, 5, 18-22.
- SILVEIRA, Fernando (1996). A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13, 219-230.
- SILVERTHORN, Dee (2003). Restoring physiology to the undergraduate biology curriculum: a call for action. *Advances in Physiology Education*, 27, 91-96.
- SINGER, Charles (1922). *The discovery of the circulation of the blood*. London: G. Bell & Sons.
- SINGER, Charles (1996). *Uma breve história da anatomia e fisiologia desde os gregos até Harvey*. Campinas: Editora da Unicamp.
- SMITH, Sean; MACCHI, Veronica; PARENTI, Anna & CARO, Raffaele (2004). Hieronymous Fabricius Ab Acquapendente (1533–1619). *Clinical Anatomy*, 17, 540–543.
- SOLÉ, Isabel & COLL, César (1998). Os professores e a concepção construtivista. In C. Coll; E. Martín; T. Mauri; M. Miras; J. Onrubia; I. Solé; et al. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, 9-28.
- SOLOMON, Joan (1993). *Teaching Science, Technology and Society. Developing Science and Technology Series*. Bristol: Taylor and Francis.
- SOUZA, Ana Paula; CARNEIRO, Reginaldo; PEREZ, Silvia Maria; OLIVEIRA, Evaldo; REALI, Aline Maria & OLIVEIRA, Rosa Maria (2012). A escrita de diários na formação docente. *Educação em Revista*, 28, 181-210.
- SOUZA, Suzani & ALMEIDA, Maria José (2001). Leituras na mediação escolar em aulas de Ciências: a fotossíntese em textos originais de cientistas. *Pro-Posições*, 12, 110-125.

- STEWART, James (1982). Difficulties experienced by high school students when learning basic Mendelian genetics. *The American Biology Teacher*, 44, 80-84.
- SUGAND, Kapil, ABRAHAMS, Peter & KHURANA, Ashish (2010). The Anatomy of Anatomy: A Review for its Modernization. *Anatomical Science Education*, 3, 83-93.
- SUNGUR, Semra; TEKKAYA, Ceren & GEBAN, Ömer (2001). The Contribution of Conceptual Change Texts Accompanied by Concept Mapping to Students' Understanding of the Human Circulatory System. *School Science and Mathematics*, 101, 91-101.
- TABER (2000). *Dicionário médico enciclopédico*. São Paulo: Manole.
- TALAMONI, Ana Carolina & BERTOLLI FILHO, Claudio (2011). Algumas considerações acerca da didática de ensino da Escola Boveriana de Anatomia. In: *Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) - I Congresso Iberoamericano de Investigación em Enseñanza de las Ciencias (CIEC)*. Campinas: ABRAPEC.
- TAVANO, Patricia, & ALMEIDA, Maria Isabel (2011). A reconfiguração do ensino anatômico: tensões que incidem na disciplina básica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 35, 421-428.
- TEIXEIRA, Elder, FREIRE JUNIOR, Olival. & EL-HANI, Charbel (2009). A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. *Ciência & Educação*, 15, 529-556.
- TEIXEIRA, Elder, SILVA, Climério Paulo, FREIRE JUNIOR, Olival & GRECA, Ileana (2010). Construção de uma argumentação sobre a síntese newtoniana a partir de atividades em grupo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15, 61-95.
- TEIXEIRA, Juliana Cristina; OLIVEIRA, Pâmella Gabriela; TAVARES, Nathália Vasconcelos; CARRIERI, Alexandre de Pádua & CAPPELLE, Mônica Carvalho Alves (2012). Dinâmica de distribuição de fontes de capitais científicos entre docentes/pesquisadores de um programa de pós-graduação Stricto-Sensu de uma universidade pública. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior*, 17, 179-206.
- TERREL, Mark (2006). Anatomy of learning: instructional design principles for the anatomical sciences. *The Anatomical Record* (Part B: New Anat.), 289, 252-260.
- TEULÓN, Augustín (2001). *El movimiento del corazón y la sangre. Harvey*. Tres Cantos: Nivola.
- TRAD, Leny (2009). Grupos focais: conceitos, procedimentos e reflexões baseadas em experiências com o uso da técnica em pesquisas de saúde. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 19, 777-796.

- UFRB, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2008). *Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, UFRB*. Recuperado em 15 de junho, 2015, de [http://www1.ufrb.edu.br/biolic/phocadownload/PPC/ppc\\_biolgia\\_licenciatura.pdf](http://www1.ufrb.edu.br/biolic/phocadownload/PPC/ppc_biolgia_licenciatura.pdf).
- Universidade Federal de Goiás (2015). *Plano de Ensino Anatomia I*. Recuperado em 16 Dezembro, 2016 de <https://cbiologicas.jatai.ufg.br/up/185/o/EducaB2015.pdf>.
- Universidade de São Paulo (2016). *Disciplina: BAB0169 - Anatomia I*. Recuperado em 16 Dezembro, 2016 de <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=BAB0169>.
- VAN PRAAGH, Richard (2009). The First Stella Van Praagh Memorial Lecture: The History and Anatomy of Tetralogy of Fallot. *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery. Pediatric cardiac surgery annual*, 12, 19-38.
- VARELA, Paulo & SÁ, Joaquim (2012). Ensino experimental reflexivo das ciências: uma visão crítica da perspectiva piagetiana sobre o desenvolvimento do conceito de ser vivo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17, 547-569.
- VIDAL, Paulo Henrique & PORTO, Paulo Alves (2012). The History of Science in the PNLEM 2007' Chemistry Textbooks. *Ciência & Educação*, 18, 291-308.
- VILLANI, Alberto, FREITAS, Denise & BRASILIS, Rosa (2009). Professor pesquisador: o caso Rosa. *Ciência & educação*, 15, 479-496.
- VON STADEN, Heinrich (1989). *Herophilus: The art of Medicine in Alexandria*. Cambridge-MA: Cambridge University Press.
- VRICELLA, Luca; JACOBS, Marshall & CAMERON, Duke (2013). The birth of a new era: the introduction of the systemic- to-pulmonary artery shunt for the treatment of cyanotic congenital heart disease? *Cardiology in the Young*, 23, 852–857.
- WEST, John (2008). Ibn al-Nafis, the pulmonary circulation, and the Islamic Golden Age. *Journal of Applied Physiology*, 105, 1877–1880.
- WEST, John (2013). Marcello Malpighi and the discovery of the pulmonary capillaries and alveoli. *American journal of physiology. Lung cellular and molecular*, 304, 383–390.
- WESTFALL, Richard (2001). *A construção da Ciência Moderna: mecanismos e mecânica*. Porto: Porto Editora.
- WILLERSON, James, TEAFF, Rebecca (1996). Egyptian contributions to cardiovascular medicine. *Texas Heart Institute Journal*, 23, 191-200.

- WILSON, Nance & BAI, Haiyan (2010). The relationships and impact of teachers' metacognitive knowledge and pedagogical understandings of metacognition. *Metacognition Learning*, 5, 269-288.
- WOODCOCK, Brian (2014). "The Scientific Method" as Myth and Ideal. *Science & Education*, 23, 2069-2093.
- YIP, Din-yan (1998a). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, 20, 461-477.
- YIP, Din-yan (1998b). Teachers' misconceptions of the circulatory system. *Journal of Biological Education*, 32, 207-215.
- YOUNG, James (1929). Malpighi's "De Pulmonibus". *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 23, 1-11.
- ZABALA, Antoni (1998). *A Prática Educativa: Como Ensinar*. Porto Alegre: Artmed.
- ZABALA, Antoni (1998). O enfoque didático. In C. Coll; E. Martín; T. Mauri; M. Miras; J. Onrubia; I. Solé; et al. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, 153-196.
- ZABALZA, Miguel (1994). *Diários de aula: contributo para o estudo dos dilemas práticos dos professores*. Porto: Porto Editora.
- ZANON, Dulcimeire & MACHADO, Adriana (2013). A visão do cotidiano de um cientista retratada por estudantes iniciantes de licenciatura em química. *Ciência e Cognição*, 18, 46-56.
- ZANOTELLO, Marcelo (2011). Leituras de textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. *Ciência & Educação*, 17, 987-1013.
- ZANOTELLO, Marcelo & ALMEIDA, Maria José (2013). Leitura de um texto de divulgação científica em uma disciplina de física básica na educação superior. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 15, 113-130.
- ZEICHNER, Kenneth (2008). Uma análise crítica sobre a "reflexão" como conceito estruturante na formação docente. *Educação & Sociedade*, 29, 535-554.
- ZOHAR, Anat & DORI, Yehudit (2012). Introduction. In A. ZOHAR & Y. DORI (Orgs.). *Metacognition in Science Education: trends in current research*. Dordrecht: Springer, 01-19.



## ANEXOS



## **ANEXO 1**

### **Atividade de Aprendizagem**

**As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e**

**Natureza da Ciência**



Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Curso - Biologia – Licenciatura

2014 - 2º Semestre  
Componente Curricular - Anatomia Humana

Atividade de Aprendizagem  
**AS MINHAS IDEIAS INICIAIS SOBRE  
MORFOFUNÇÃO DO SISTEMA CIRCULATORIO HUMANO E  
NATUREZA DA CIÊNCIA**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Tomar consciência das ideias prévias sobre morfofunção do sistema circulatório humano;
- Tomar consciência das ideias prévias sobre Natureza da Ciência.

#### INTRODUÇÃO

A presente atividade de aprendizagem está orientada para a consecução dos objetivos de aprendizagem acima assinalados. Incide nos conhecimentos prévios que cada um de vocês já possui sobre morfofunção do sistema circulatório humano e sobre Natureza da Ciência. Este constitui um primeiro momento de problematização que permitirá, em conjunto, o desenvolvimento da aprendizagem dessas temáticas. Nesse sentido, esta atividade não tem nenhum caráter avaliativo, constituindo um momento precursor da aprendizagem.

Esta atividade está estruturada em duas fases: uma primeira fase de resposta individual que integra as 10 primeiras questões e uma segunda fase – Questão 11 – de debate no grupo turma. O debate no grupo turma ajuda-nos a problematizar os nossos próprios saberes. O período de tempo para a sua realização é de 90 minutos, distribuídos equitativamente pelas duas fases.

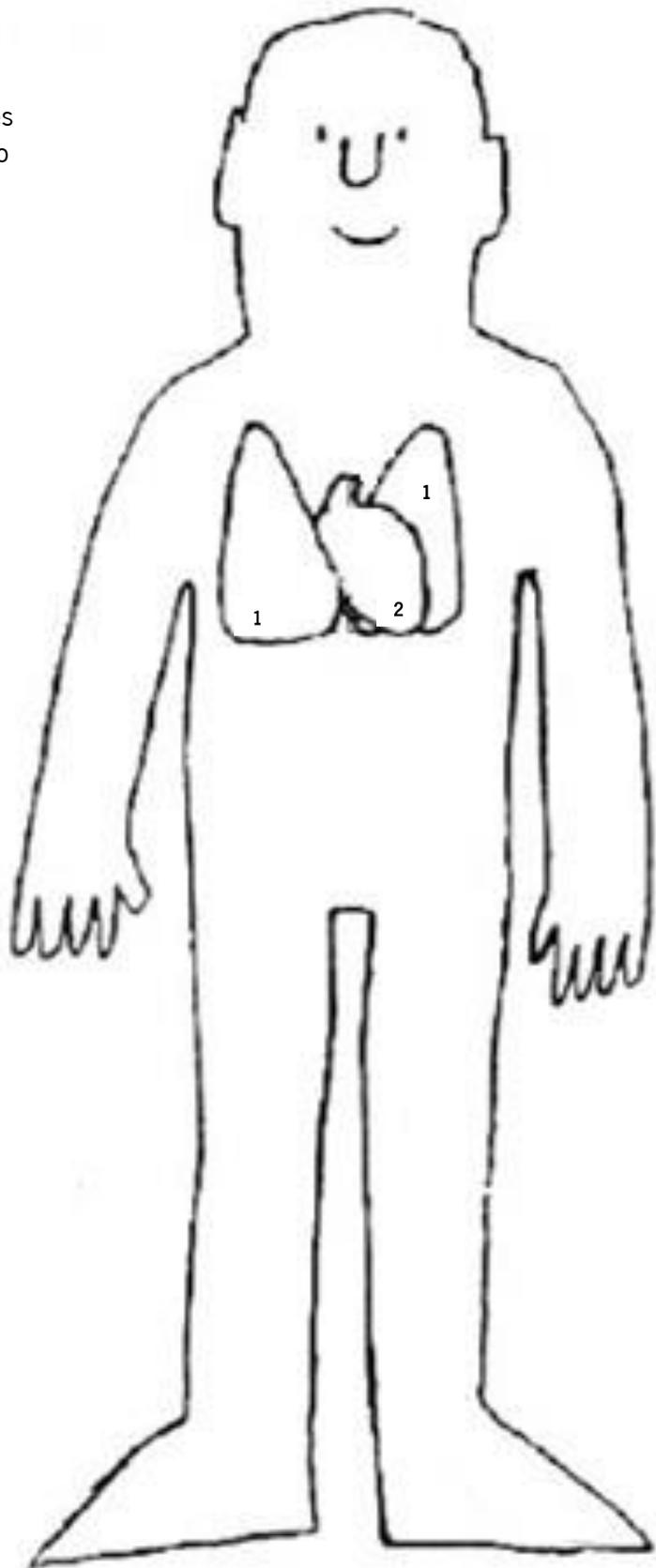
Gostaria que respondessem com a maior precisão e aprofundamento possível.

#### FASE 1: AS MINHAS IDEIAS INICIAIS

1. Desenhe na figura da página seguinte, usando setas ( $\rightarrow$   $\rightarrow$   $\rightarrow$ ), o caminho percorrido por uma gota de sangue, através do sistema circulatório humano, a partir do momento em que ela sai do coração e passa pelo pé.

**Legenda**

- 1. Pulmões
- 2. Coração



Após terminar o desenho, escreva resumidamente os passos do caminho que desenhou.

---

---

---

---

---

---

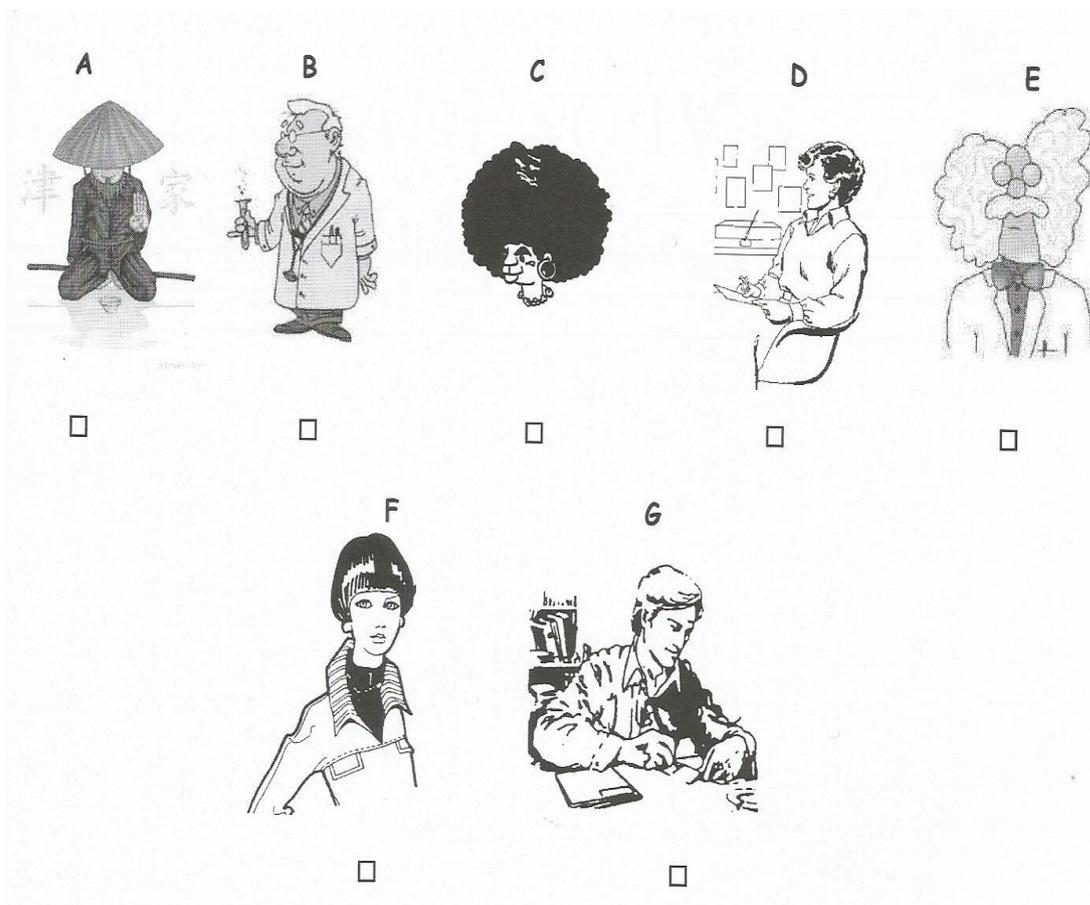
---

2. Faça um desenho do aspecto interno do coração de um ser humano.

- a) Tente legendá-lo.
- b) Indique, com setas, o sentido de circulação do sangue no interior do coração.

3. Explícite o que diria a um amigo se tivesse que lhe explicar onde e como se produz o sangue.

4. Das figuras que se seguem, indique aquela(s) que considera poder representar um cientista.



4.1. Justifique a sua resposta.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Indique, justificando, se concorda ou discorda com a seguinte afirmação:

*“A atividade dos cientistas é um trabalho individual, isolado, solitário,  
independente uns dos outros e dos restantes cidadãos.”*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Das seguintes perspectivas, indique aquela que reflete a sua visão acerca da relação entre a Ciência e o contexto em que é praticada.

- a) A Ciência é influenciada por valores sociais, culturais e por interesses econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada.
- b) A Ciência é universal, isto é, transcende as fronteiras nacionais e culturais, não sendo afetada por valores sociais, culturais, econômicos e políticos do contexto em que ela é praticada.

6.1. Justifique a sua resposta, recorrendo a exemplos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Descreva o(s) processo(s) mobilizado(s) pelos cientistas durante uma investigação.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

8. Indique, justificando, a sua concordância ou discordância com a seguinte afirmação:

“A progressão do conhecimento científico é um processo linear, contínuo, gradual, cumulativo, harmonioso e consensual.”

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

9. Indique o trecho que reflete as suas ideias acerca do processo de observação científica.

- a) É atribuído o caráter de objetividade às observações por se considerar que são independentes do quadro teórico, da experiência profissional e das expectativas do investigador. As observações caracterizam-se pela precisão, exatidão, neutralidade e rigor. Elas são a fonte do conhecimento científico.
  
- b) A observação e a teoria influenciam-se e enriquecem-se mutuamente. A observação, embora apresente um caráter de subjetividade decorrente da

influência da teoria, também se caracteriza pela objetividade que advém da capacidade e da experiência de observação do investigador.

9.1. Justifique a sua resposta.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

10. Caracterize/Descreva o período de uma semana da vida de um cientista.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## FASE 2: REFLEXÃO NO GRUPO TURMA

11. Discuta as suas respostas com os seus colegas e o seu professor e registre as conclusões a que chegaram quanto à natureza das respostas que surgiram no grupo turma.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO DA SILVA, José Luís (2007). *Natureza da Ciência em Manuais Escolares de Ciências da Naturais e de Biologia e Geologia: imagens veiculadas e operacionalização na perspectiva dos professores e autores*. Tese de Doutoramento (não publicada). Braga: Universidade do Minho.
- DOMINGUES, Maria Armanda (2006). *A História da Ciência no ensino do tema "Microbiologia": Um estudo no 6º ano de escolaridade*. Dissertação de mestrado (não publicada). Braga: Universidade do Minho.
- LEDERMAN, Norm; ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy & SCHWARTZ, Renée (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- PELAEZ, Nancy; BOYD, Denise; ROJAS, Jacqueline; HOOVER, Mildred (2005). Prevalence of blood circulation misconceptions among prospective elementary teachers *Adv Physiol Educ*, 29, 172-181.
- TEIXEIRA, Elder, FREIRE JUNIOR, Olival. & EL-HANI, Charbel (2009). A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. *Ciência & Educação (Bauru)*, 15(3), 529-556.

## **ANEXO 2**

### **Atividade de Aprendizagem**

**Interpretação de fragmentos da História da Ciência  
sobre artérias, veias e produção de sangue**



Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Curso - Biologia - Licenciatura

2014 – 2º Semestre  
Componente Curricular - Anatomia Humana

Atividade de Aprendizagem  
**INTERPRETAÇÃO DE FRAGMENTOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA  
SOBRE ARTÉRIAS, VEIAS E PRODUÇÃO DE SANGUE**

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

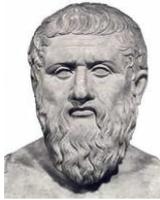
- (Re)construir conhecimentos sobre a morfofunção dos vasos sanguíneos;
- (Re)construir conhecimentos sobre a produção do sangue;
- (Re)construir visões sobre Natureza da Ciência.

#### INTRODUÇÃO

A presente atividade de aprendizagem está orientada para a consecução dos objetivos de aprendizagem acima assinalados. Consiste na interpretação de fragmentos da História da Ciência acerca do sistema circulatório, a partir de um conjunto de questões orientadoras que estão localizadas após a apresentação desses fragmentos.

A história do conhecimento acerca das artérias, das veias e da produção de sangue é aqui organizada a partir dos contributos de apenas algumas personalidades históricas que, na atualidade, integrariam a classe dos Cientistas, mas que, até o século XVII, eram designadas essencialmente por Filósofos Naturais e, a partir deste século, também por Naturalistas. A designação de cientista só começou a ser usada a partir dos séculos XIX e XX (Amador & Contencas, 2001). É importante sublinhar que outras personalidades para além das referidas contribuíram para a compreensão das questões que irão analisar, mas, face aos objetivos de aprendizagem e ao tempo disponível para esta abordagem, foi necessário fazer uma seleção das ideias consideradas mais relevantes.

Em um primeiro momento, serão fornecidos 45 minutos para que, em pequeno grupo, sejam interpretados os fragmentos de texto da História da Ciência. No segundo momento, ocorrerá um debate no grupo turma, mediado pelo seu professor e com a duração prevista de 45 minutos, tendo em perspectiva a troca de informações entre os pequenos grupos e a sistematização das ideias discutidas. Para o terceiro momento, de reflexão individual, serão fornecidos 10 minutos.



Erasistrato  
(310-250 a.C.)

“Erasistrato nasceu em uma família de médicos. Seu pai, Cleombrotus, era médico, e sua mãe, Cretoxene, era a irmã do médico Medios. Assim como seu irmão Cleophantus, Erasistrato entrou na profissão da família. Ele estudou medicina, em primeiro lugar, em Atenas. (...) Por volta de 280 aC, ele entrou na universidade em Cos, onde a escola médica de Praxágoras florescia.” (Complete Dictionary of Scientific Biography, 2008)

“De acordo com a tradição biográfica, quando Erasistrato diagnosticou sua própria doença como um câncer incurável, ele cometeu suicídio em vez de sofrer declínio inexorável.” (Magner, 2005, p. 110)

“a Fisiologia de Erasistrato [cerca de 290 a.C.] era baseada nas observações de que todo o órgão é dotado de um sistema triplice de “vasos”, veias, artérias e nervos. Este notou que os mesmos se dividem até os limites da visão, e considerou que o processo de divisão continua além daqueles limites” (Singer, 1996, p. 50)

“Erasistrato dissecou cabras recém-nascidas.” (Singer, 1996, p. 51)

“O enciclopedista romano Celsus acusou Herófilo e Erasistrato por execuções de vivisseção [dissecação de seres vivos], de criminosos condenados, a eles concedidos pelos governantes de Alexandria. Enquanto esses acusadores não foram, obviamente, testemunhas oculares, alguns historiadores aceitaram suas alegações, enquanto outros permaneceram céticos.” (Magner, 2005, p. 108)

“Seguindo fielmente os seus professores, ele [Erasistrato] se agarrou à tese defendida por Estraton e Praxágoras de que as artérias em condições normais continham apenas ar, ou melhor, não precisamente ar, mas o ar de alguma forma misteriosamente refinado e transformado em espírito — um espírito vital que dá vida, que era essencial para a existência da criatura.” (Dobson, 1927, p. 829)

“Erasistrato aceitou a tradicional idéia de que a função das artérias era transportar *pneuma* (ar), ao invés de sangue. As veias, que supostamente surgiam a partir do fígado, e as artérias, as quais pensou-se surgir a partir do coração, foram consideradas como sistemas independentes de canais sem saída, através dos quais o sangue e o pneuma [ar] infiltravam-se lentamente para a periferia do corpo, de modo que cada parte do corpo pudesse extrair a sua adequada alimentação.” (Magner, 2005, p. 111)

“Ele [Erasistrato] percebeu, porém, que os anatomistas tinham que contabilizar o fato de que o sangue, que era supostamente transportado pelas veias, jorrava das artérias laceradas. A fim de tornar racionais as incoerências neste sistema, Erasistratus argumentou que, embora as veias e artérias fossem funcionalmente separadas em indivíduos saudáveis, existiam pequenas conexões [sinanastomoses] colapsadas ou fechadas entre os dois tipos de vasos. Quando uma artéria era danificada, o ar escapava e o sangue venoso era forçado através das conexões entre as veias e as artérias, porque — como Aristóteles ensinou — a natureza abominava o vácuo. Em outras palavras, a presença de sangue nas artérias era o resultado de uma lesão ou outra condição patológica. Observações de veias ingurgitadas [cheias de sangue] e artérias colapsadas [fechadas] no cadáver pareciam sustentar essas idéias.” (Magner, 2005, p. 111-112)

“[Para Erasistrato] quando a trituração é completa, o quilo é passado do estômago e do intestino para o fígado, onde, por um processo inexplicável, é transformado em sangue.” (Dobson, 1927, p. 828)

“Galeno (...) nasceu em Pérgamo, que hoje faz parte da Turquia, mas que na época se situava nos limites do Império Romano. O pai [Nico de Pérgamo] foi um arquiteto próspero que se dedicou ao filho dotado, proporcionando-lhe uma educação estável (em grego), que incluiu a filosofia e a matemática. Quem sabe o que teria acontecido se o pai não houvesse perseguido um sonho tão poderoso, ao dizer ao filho que ele tinha de ser médico?” (Bynum, 2013, p. 43)

Galeno aceitou a mudança e estudou medicina. (...) tornou-se médico dos gladiadores (...). Adquiriu uma experiência enorme com o tratamento cirúrgico dos ferimentos.” (Bynum, 2013, p. 43-44)

“Quanto ao conteúdo anatómico do vasto corpo de escritos galênicos estes apresentavam um esquema médico no qual a essência é baseada na Coleção Hipocrática e a forma é derivada de Aristóteles.” (Singer, 1996, p. 68)



Galeno (129- 199 d.C.) tratando um gladiador

“[Galeno] dissecava animais mortos e examinava esqueletos humanos sempre que podia. Dissecar corpos era mal visto nas sociedades antigas, portanto Galeno não podia fazê-lo embora admitisse que alguns médicos anteriores tivessem sido autorizados a examinar os corpos de criminosos condenados ainda em vida. Galeno aprendeu anatomia dissecando animais, designadamente porcos e macacos, e devido a golpes de sorte – a descoberta de um cadáver em decomposição ou ferimentos graves que revelavam a estrutura da pele, dos músculos e dos ossos. (...) Galeno esquecia-se com frequência de mencionar onde observara determinados factos, o que por vezes gerava confusão.” (Bynum, 2013, p. 45)

“Galeno observou que as artérias têm paredes muito mais espessas que as veias. Demonstrou que Erasítrato enganou-se ao pensar que as artérias continham ar, (...). Ele prova isso com um experimento simples e eficaz. Determinado trecho de uma artéria é exposto, atado em dois pontos. É feita uma incisão entre as ligaduras; sangue, e não ar, flui do local.” (Singer, 1996, pág. 77)

“As veias [para Galeno] tinham duas funções principais: além de distribuir alimento para o corpo, recolhiam os excrementos dele resultante. (...) Tanto o sangue venoso quanto o sangue arterial saíam do coração e para lá não retornavam, jamais. O movimento do sangue era pensado como o fluxo e o refluxo das marés, executado segundo a necessidade das partes, e originado essencialmente pelo horror ao vazio” (Rebollo, 2002, p. 482)

“Galeno acreditava que o quilo, trazido do trato digestivo pela veia portal, vinha para o fígado. Ele achava que este órgão tinha o poder de transformar o quilo em sangue venoso e de impregná-lo com um espírito especial ou pneuma inato que se difundiria em toda a substância viva enquanto permanecesse viva. Este pneuma era conhecido como espírito natural.” (Singer, 1996, p. 78)

“O fígado era considerado por Galeno como o centro do sistema venoso.” (Singer, 1922, p. 12)

“Jerónimo Fabrício, conhecido como Hieronymus Fabricius em latim, recebeu o sobrenome Aquapendente da cidade onde nasceu, (...), na Itália. Nascido em 1533, Fabricius foi o filho mais velho (...). Pouco se sabe sobre os pais de Fabrício. Seu pai foi registrado como Fabricius...” (Gilson, 2008)

“[Fabricius] graduou-se [em Medicina] em Pádua em 1559. Ele trabalhou como cirurgião e ensinou anatomia a título particular, até ter sido nomeado para cátedra em Pádua em 1565.” (Gribbin, 2005, p. 47)

“Fabricius estabeleceu um lucrativo atendimento particular (...) [e] via o ensino como uma labuta que conflitava com sua pesquisa e sua prática privada” (Magner, 2005, p. 246)

“Fabricius reformou-se em 1613 devido à má saúde, e morreu em 1619. No entanto, por essa altura, William Harvey, que estudou durante algum tempo sob a orientação de Fabricius em Pádua, (...), estava já bem encaminhado...” (Gribbin, 2005, p. 47)



Fabricius  
(1533-1619 d.C.)

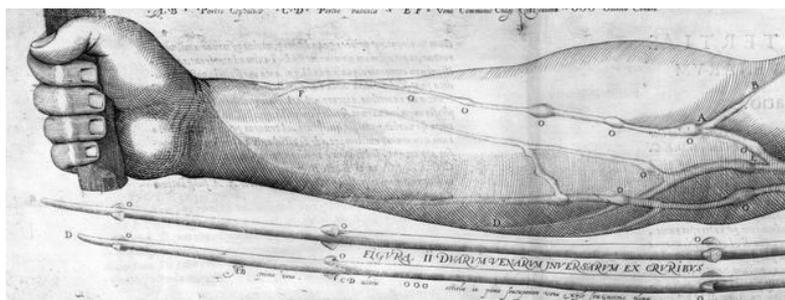
“Os anatomistas de Pádua influenciaram fortemente a revitalização da anatomia, tomando dos autores clássicos o que tinha sido doutrina e usando suas próprias observações de dissecação para fundar o estudo da anatomia moderna. (...) Em 1594, ele [Fabricius] construiu o primeiro teatro permanente já projetado para disseções anatómicas públicas, revolucionando, assim, o ensino de anatomia.” (Smith, Macchi, Parenti & Caro, 2004, p. 540)

“podemos ver que a sua contribuição [de Fabricius] mais importante para a ciência foi a primeira descrição exata e detalhada das válvulas das veias. As válvulas já eram conhecidas, mas Fabricius investigou-as completamente e descreveu-as em detalhe, primeiro em demonstrações públicas em 1579 e mais tarde num livro [“Sobre as Válvulas das Veias”] cuidadosamente ilustrado, publicado em 1603. Mas a sua capacidade como anatomista ao descrever as válvulas não foi igualada por qualquer intuição notável sobre o seu objectivo: ele pensou que elas estavam lá para abrandar o fluxo do sangue a partir do fígado para permitir que ele fosse absorvido pelos tecidos do corpo.” (Gribbin, 2005, p. 47)

“Como um adepto do galenismo, Fabricius propôs que as válvulas funcionam para diminuir o fluxo centrífugo de sangue para a periferia. Em outras palavras, elas serviriam para evitar o vigoroso e excessivo movimento de sangue, devido à gravidade e a atração periférica, para as partes inferiores dos membros à custa de subnutrição das partes superiores.” (Aird, 2011, p. 123)

“Fabricius assumiu que a natureza tinha formado as válvulas para retardar o fluxo de sangue do coração para a periferia, para que todas as partes do corpo pudessem obter a sua parte equitativa dos nutrientes.” (Magner, 2005, p. 247)

Válvulas das veias representadas pela letra O. Ilustração de Hieronymus Fabricius de Acquapendente.



APÓS A LEITURA DOS FRAGMENTOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA, RESPONDAM ÀS QUESTÕES SEGUINTE.

1. Identifiquem as personalidades históricas envolvidas na construção do conhecimento científico acerca do sistema vascular humano, preenchendo o seguinte quadro.

PERSONALIDADE	Período de Vida	Nacionalidade	Filiação	Fornação acadêmica (Estudos realizados)

2. Seleccionem frases que mostrem que a vida dessas personalidades históricas incluiu momentos/situações problemáticas idênticas às dos cidadãos comuns.

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Indiquem os métodos que foram utilizados na produção do conhecimento científico referente ao sistema vascular.

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Justifiquem se as pesquisas realizadas por Erasítrato poderiam ser realizadas nos dias atuais.

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Explicitem os contributos de Erasítrato, Galeno e Fabricius para o conhecimento do sistema vascular.

---

---

---

---

---

---

---

---

5.1. Indiquem as evidências que permitiram sustentar/apoiar ou rejeitar as ideias de Erasítrato, Galeno e Fabricius.

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Identifiquem cada um dos vasos sanguíneos esquematicamente representados na figura 1, registrando abaixo as afirmações dos textos que justificam a sua classificação.

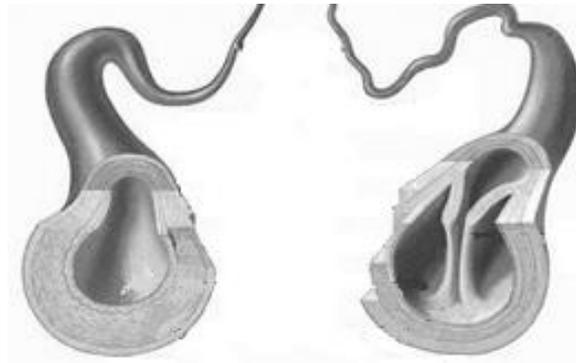


Fig. 1: Vasos sanguíneos

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Discutam as suas respostas com os seus colegas e o seu professor e registrem as alterações necessárias face à resposta consensualizada no grupo turma.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

REFLEXÃO (INDIVIDUAL)/NOME: \_\_\_\_\_

I. Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRD, William (2011). Discovery of the cardiovascular system: from Galen to William Harvey. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 9, 118-129.
- AMADOR; Filomena & CONTENÇAS, Paula (2001). *História da Biologia e da Geologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- BYNUM, William (2013). *Breve história da ciência. Os cientistas e as descobertas que mudaram o nosso mundo*. Lisboa: Clube do Autor.
- COMPLETE DICTIONARY OF SCIENTIFIC BIOGRAPHY (2008). *Erasistratus*. Recuperado em 20 Janeiro, 2015, de <http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830901328.html>
- DOBSON, John (1927). Erasistratus. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 20, 825–832.
- GILSON, Hilary (2008). *Girolamo Fabrici*. Embryo Project Encyclopedia. Recuperado em 20 de Janeiro de 2015, de <http://embryo.asu.edu/handle/10776/1943>
- GRIBBIN, John (2005). *História da Ciência – de 1543 ao Presente*. Mem Martins: Publicações Europa-América.
- MAGNER, Lois (2005). *A history of medicine*. Boca Raton: Taylor e Francis Group.
- REBOLLO, Regina André (2002). A difusão da doutrina da circulação do sangue: a correspondência entre William Harvey e Caspar Hofmann em maio de 1636. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 9, 479-513.
- SINGER, Charles (1922). *The discovery of the circulation of the blood*. London: G. Bell & Sons.
- SINGER, Charles (1996). *Uma breve história da anatomia e fisiologia desde os gregos até Harvey*. Campinas: Editora da Unicamp.
- SMITH, Sean; MACCHI, Veronica; PARENTI, Anna & CARO, Raffaele (2004). Hieronymous Fabricius Ab Acquapendente (1533–1619). *Clinical Anatomy*, 17, 540–543.

## ANEXO 3

### Atividade de Aprendizagem

Interpretação de fragmentos da História da Ciência:  
coração e pequena circulação



Atividade de Aprendizagem  
**INTERPRETAÇÃO DE FRAGMENTOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**  
**CORAÇÃO E PEQUENA CIRCULAÇÃO**

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- (Re)construir conhecimentos sobre a morfologia interna do coração;
- (Re)construir conhecimentos sobre a circulação do sangue;
- (Re)construir visões sobre Natureza da Ciência.

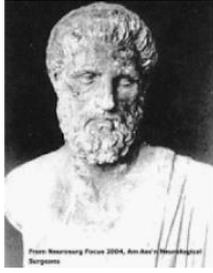
#### INTRODUÇÃO

A presente atividade de aprendizagem está direcionada para a consecução dos objetivos de aprendizagem acima mencionados. Consiste na interpretação de fragmentos da História da Ciência acerca do sistema circulatório, orientada por um grupo de questões que se encontra após a apresentação dos segmentos de texto.

A história do conhecimento acerca do coração e da pequena circulação está aqui organizada a partir dos contributos de apenas algumas das personalidades históricas que contribuíram para a compreensão das questões que irão analisar, pois, face aos objetivos de aprendizagem e ao tempo disponível para essa abordagem, foi necessário fazer uma seleção das ideias consideradas mais relevantes.

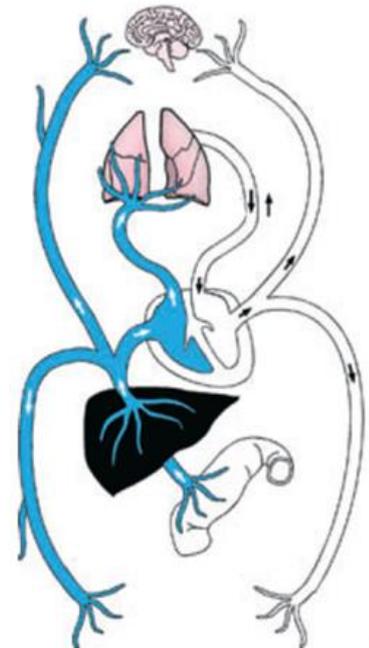
A consecução desta atividade de aprendizagem processa-se em três momentos: um primeiro momento de resolução no pequeno grupo com a duração de 60 minutos, um segundo momento de debate no grupo turma, sob a moderação do seu professor, com a duração aproximada de 30 minutos, e um terceiro momento, de reflexão individual, para o qual serão fornecidos 10 minutos.

A interação no pequeno grupo e no grupo turma é fundamental para cada aluno, através da confrontação, reformulação e conjugação das várias ideias, desenvolver o conhecimento que possui.



“[Segundo Erasístrato] Os ventrículos cardíacos, esquerdo e direito, os repositórios de pneuma [ar] e sangue, respectivamente, são totalmente separados, de modo que não há qualquer comunicação entre veias e artérias do coração. Na outra extremidade do sistema vascular ambos, pneuma e sangue, são utilizados pelos processos de nutrição ou eliminados por excreção, de modo que não sobra nada a ser devolvido para o coração.” (Dobson, 1927, p. 828)

“Em torno da abertura pela qual a veia cava e a aurícula direita se comunicam com o ventrículo direito, ele [Erasístrato] encontrou três pregas membranosas (valva tricúspide), dispostas de tal maneira a permitir que qualquer fluido vindo a partir das veias passe para o interior do ventrículo, mas não retorne. A abertura da veia arteriosa (artéria pulmonar) no ventrículo direito é bastante diferente da valva tricúspide, como Erasístrato observou; ela é provida por três espécies de bolsas, válvulas em forma de  $\Sigma$  (sigmoidal, ou semilunares), em que o arranjo é de tal ordem que um fluido possa passar para fora do ventrículo direito para a veia arteriosa, mas não retorna. Ele encontrou uma valva sigmoidal semelhante na origem da artéria aorta, a partir do ventrículo esquerdo. A artéria venosa [veias pulmonares] e a aurícula esquerda tinham uma abertura diferente para o ventrículo esquerdo, e esta seria provida por válvulas membranosas triangulares parecidas com as do lado direito, mas apenas duas em quantidade. Assim, os dois ventrículos tinham quatro aberturas, duas cada; e havia um total de onze cúspides valvares, dispostas de tal maneira a permitirem aos fluidos entrarem nos ventrículos somente quando vindos das aurículas, e apenas sair dos ventrículos pela veia arteriosa [artéria pulmonar] e aorta, e não por outro caminho. Ele também concluiu que o coração funciona como uma bomba.” (Pasipoularides, 2013, p. 1495-1496)



Sistema vascular de Erasístrato

“Ele [Erasístrato] tinha uma concepção bastante clara da função do coração como uma bomba. (...) Erasístrato (...), afirmava que o coração se enche porque se torna dilatado, mas as artérias estão dilatadas porque são preenchidas. (...) O coração, então, de acordo com Erasístrato, dilata e contrai por sua própria força inata. As artérias, por outro lado, são passivamente dilatadas, devido ao fluxo de pneuma [ar] forçado dentro delas pela contração do coração. Elas contraem, presume-se, por sua própria elasticidade. O pneuma não pode regurgitar [retornar] ao coração, devido às válvulas sigmóides.” (Dobson, 1927, p. 828-829)

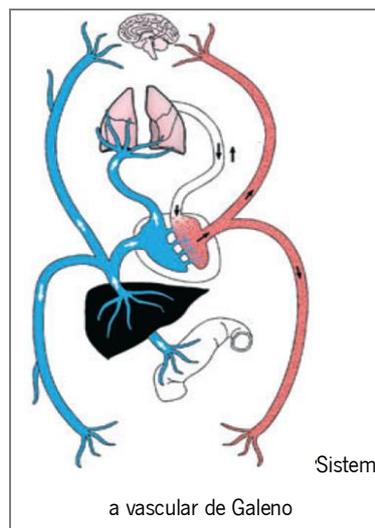


Galeno (129-199 d.C.) ensinando anatomia em Roma

“O coração era concebido [por Galeno] como a parte mais quente do corpo, sede do calor inato distribuído ao corpo por meio das artérias e moderado pelo ar fresco dos pulmões. Esse calor era produzido pelos espíritos vitais gerados no ventrículo esquerdo do coração a partir do ar, do sangue e do próprio calor” (Rebollo, 2002, p. 482)

“[Para Galeno] imbuído de espíritos naturais, o sangue corre a partir do fígado, através do sistema de veias, para os órgãos e partes do corpo, onde é absorvido como alimento. Parte do sangue entra no ventrículo direito do coração e passa através de poros no septo, a divisória que separa os dois ventrículos, entrando no ventrículo esquerdo, onde sofre uma segunda elaboração devido à presença de ar [pneuma] que vem dos pulmões. O que sai do ventrículo esquerdo, para ser transportado para o corpo pelo sistema arterial, são espíritos vitais, um fluido tão diferente do sangue como este dos alimentos.” (Westfall, 2001, p. 86)

“A aurícula direita [átrio direito] era concebida como um receptáculo passivo, mero prolongamento da veia cava” (Rebollo, 1922, p. 481)



“[Para Galeno] as duas fases do movimento cardíaco, a sístole [contração] e a diástole [relaxamento], eram igualmente ativas: na diástole, o coração dilatava os ventrículos (por causa da ebulição do sangue), que eram, consequentemente, preenchidos pelo sangue; na sístole, cada ventrículo era comprimido pela *vis* [força] *pulsativa* e dessa forma expulsava seu conteúdo, o sangue.” (Rebollo, 2002, p. 483)

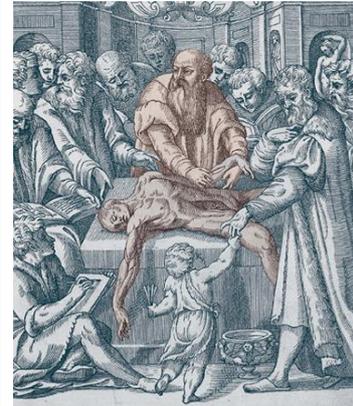
“As artérias eram anatomicamente contínuas ao coração; dessa forma, seu movimento era concebido como sendo sincrônico com o movimento do coração; quando o coração se dilatava, as artérias se dilatavam; quando o coração se contraía, as artérias se contraíam.” (Rebollo, 2002, p. 483)

“Ambos [Galeno e Aristóteles] acreditavam que este mundo fora desenhado, e elogiavam o Arquiteto. Galeno não era cristão, mas acreditava num só deus, e foi muito fácil para os primeiros comentadores cristãos incluí-lo na comunidade cristã.” (Bynum, 2013, p. 47)

“De fato, o pensamento de Galeno tinha uma atração especial para o ponto de vista cristão, e essa é sem dúvida a razão porque uma proporção muito maior dos seus trabalhos tenha sido preservada do que os de qualquer outro escritor pagão.” (Singer, 1996, p. 70)

“[Galeno] produziu uma vasta obra que, traduzida e interpretada pelos sírios e árabes, fundou uma longa tradição médica muçulmana. Revertida para o latim, tal obra foi sistematicamente utilizada nos manuais das primeiras escolas de medicina em Salerno, na Itália, e Montpellier, na França, fornecendo a base teórica e conceitual da medicina medieval. No Renascimento, suas obras forneceram elementos para a grande revolução anatômica que teve início com Vesálio e findou com Harvey”. (Rebollo, 2006, p. 72)

“Realdo Colombo nasceu em Cremona, Itália, entre 1510 e 1515 (...). Filho de um boticário [Antônio Colombo], ele recebeu sua educação inicial em Milão. Colombo logo começou a estudar medicina como aprendiz de Giovanni Antonio Lonigo, um cirurgião veneziano proeminente. Após 7 anos em Veneza com Lonigo, mudou-se para Pádua para continuar seus estudos médicos na Universidade, um dos principais centros para a educação médica. Ele chegou a Pádua em um momento excitante. André Vesálio [filho de Isabella Crabbe e Andries van Wesele] (1514-1564) estava escrevendo e preparando as ilustrações para seu monumental trabalho anatómico *De humani corporis fabrica libri septum*. (...) Colombo tornou-se auxiliar de Vesálio [médico Belga, graduado em Louvain] em 1541. Vesálio foi substituído por Colombo durante o ano de 1542, quando o anatomista sênior foi à Suíça supervisionar a impressão de seu livro que iria ser publicado no ano seguinte. A amizade logo terminou quando Colombo criticou Vesálio publicamente.” (Fye, 2002, p. 135)



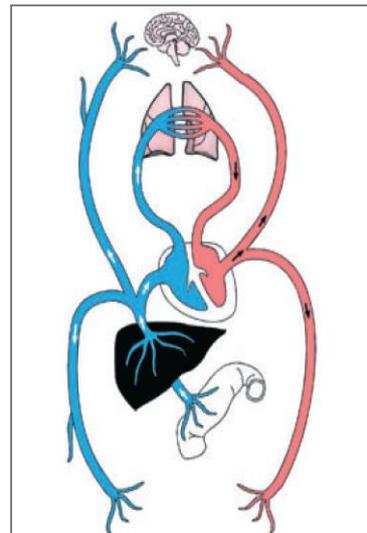
Colombo (1515-1559) dissecando um cadáver – Capa de seu livro *De re anatomia* de 1559

“Vesálio rejeitou os ensinamentos de Galeno de que o sangue passa através do septo interventricular, apesar de não propor uma rota alternativa para o fluido sair do ventrículo direito e chegar ao ventrículo esquerdo. (...) Colombo foi mais longe que seu colega Vesálio. Ele explicou, em seu livro de 1559, que entre os dois ventrículos se estende um septo através do qual quase todo mundo acredita que abre um caminho para o sangue, do ventrículo direito para o esquerdo, e que o sangue é finamente processado de modo que possa ser trabalhado mais facilmente para a geração de espíritos vitais. Mas, eles cometeram um grande erro, pois o sangue é levado através da artéria pulmonar para os pulmões e aí torna-se menos denso; então, é levado, juntamente com o ar, através da veia pulmonar para o ventrículo esquerdo do coração.” (Fye, 2002, p. 136)

“Baseado em muitas dissecções de seres humanos e vivisseções de animais vivos, o anatomista italiano argumentou que as veias pulmonares, como todas as outras veias do corpo, contêm sangue ao invés de apenas ar. Ele propôs que o sangue misturava-se com o ar nos pulmões e não no próprio coração.” (Fye, 2002, p. 136)

“[Colombo] reconheceu que as válvulas cardíacas são competentes e, portanto, o sangue vital não pode voltar para os pulmões. Uma vez que todos os órgãos do corpo necessitam de espíritos vitais, como o pulmão poderia recebê-los, se não fosse pela aorta e circuito pulmonar (...)?” (Aird, 2011, p. 123)

“[Em Colombo] encontramos a observação de que a sístole cardíaca é síncrona com a expansão arterial, e a diástole com a contração arterial” (Singer, 1996, p. 163)



Sistema vascular de Colombo

APÓS A LEITURA DOS FRAGMENTOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA, RESPONDAM ÀS QUESTÕES SEGUINTE.

1. Identifiquem as personalidades históricas envolvidas na construção do conhecimento científico acerca do sistema vascular humano, preenchendo o seguinte quadro.

PERSONALIDADE	Período de Vida	Nacionalidade	Filiação	Fornação académica (Estudos realizados)

1.1. Com base na resposta a essa questão e à mesma questão da atividade de aprendizagem sobre *Veias, Artérias e Produção de Sangue*, façam uma caracterização sumária do grupo de '*cientistas*' envolvidos na construção do conhecimento acerca do sistema vascular humano.

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Indiquem processos que tenham sido utilizados na construção do conhecimento científico referente ao sistema vascular.

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Explicitem a influência de fatores socioculturais no desenvolvimento da Ciência.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Comparem, indicando as semelhanças e diferenças, os sistemas vasculares de Erasistrato, Galeno e Colombo.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Indiquem a importância dos poros no septo interventricular para o modelo explicativo de Galeno.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Justifiquem a seguinte afirmação: *‘As ideias de Colombo não estabelecem uma ruptura completa com o pensamento galênico’*.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Refiram os argumentos que Colombo utilizou para criticar o modelo de pensamento galênico, quanto ao movimento de sangue no corpo.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

7.1 Indiquem, justificando, o conhecimento produzido por Erasístrato, que foi fundamental na argumentação de Colombo.

---

---

---

---

---

---

---

8. Comentem a seguinte afirmação: “O desenvolvimento do conhecimento científico é um processo linear”, recorrendo a exemplos do texto.

---

---

---

---

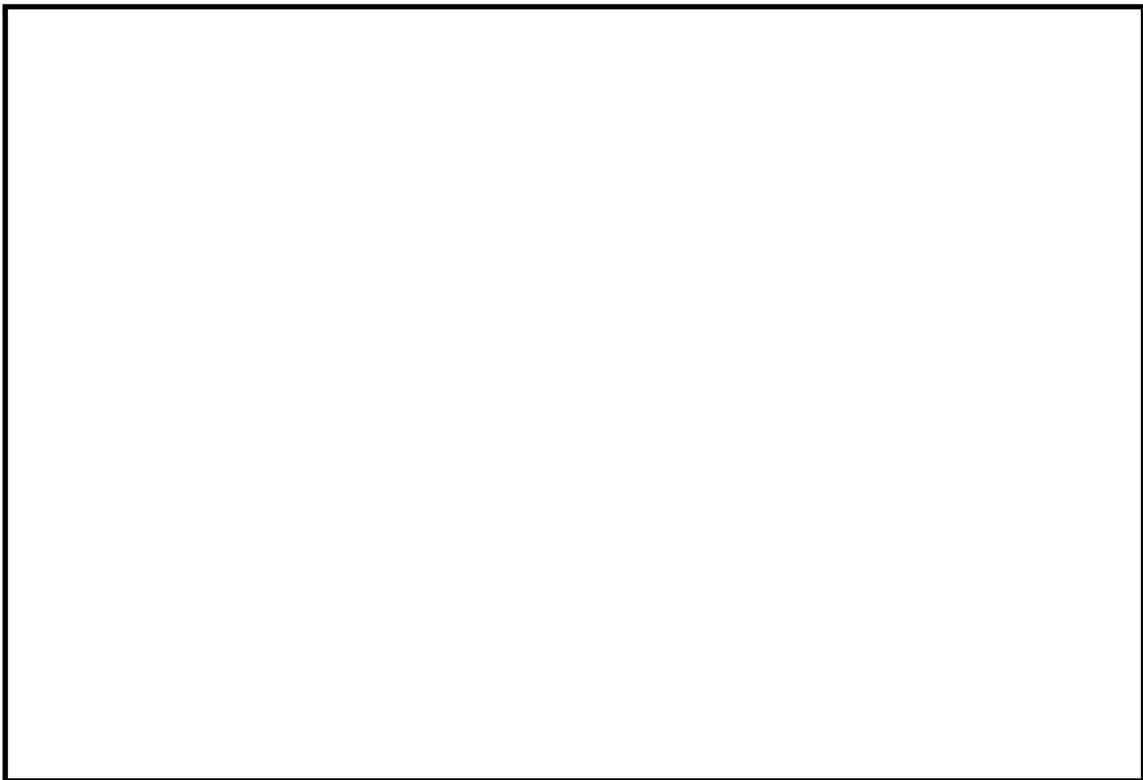
---

---

---

---

9. Elaborem um desenho, da anatomia interna do coração, que represente as estruturas anatômicas descritas nos trabalhos dos ‘cientistas’ estudados nesta atividade. Utilizem legendas nesse desenho.







## ANEXO 4

### Atividade de Aprendizagem

Em que medida os fragmentos de texto da História da Ciência contribuíram para o meu aprendizado?

Atividade de Aprendizagem

**EM QUE MEDIDA OS FRAGMENTOS DE TEXTO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA CONTRIBUÍRAM PARA O MEU APRENDIZADO?**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

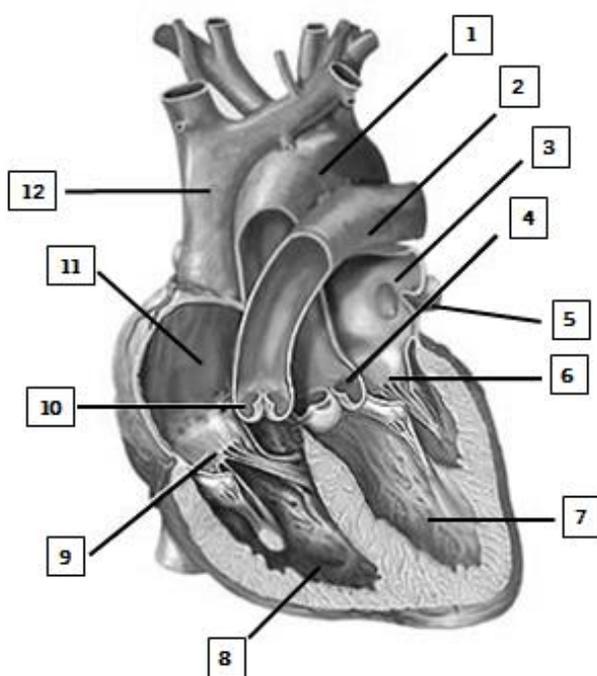
**OBJETIVO DE APRENDIZAGEM**

- Tomar consciência sobre o próprio processo de aprendizagem.

**INTRODUÇÃO**

O objetivo de uma atividade de reflexão é possibilitar que você perceba o que já sabe (e se sabe bem), além de identificar quais são os problemas que precisa superar. Assim, as questões abaixo foram elaboradas para ajudá-lo nesse processo de tomada de consciência.

1. Analise a imagem abaixo e preencha o quadro. Em seguida, indique, com setas, o sentido da circulação do sangue no interior do coração.



ESTRUTURAS ANATÔMICAS
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.

1.1 Em que medida as atividades de aprendizagem, até agora realizadas, contribuíram para a resolução dessa questão?

---

---

---

---

1.2 Em que medida as atividades de aprendizagem, até agora realizadas, dificultaram a resolução dessa questão?

---

---

---

---

1.3 Você considera que aprendeu o conteúdo necessário para responder essa questão? Por quê?

---

---

---

---

2. Analise os fragmentos de texto dispostos nos itens “a”, “b”, “c” e “d” – extraídos das atividades de aprendizagem que você realizou. Posteriormente, responda às questões que se seguem.

(a) “Fabricius estabeleceu um lucrativo atendimento particular (...) [e] via o ensino como uma labuta que conflitava com sua pesquisa e sua prática privada” / Quem sabe o que teria acontecido se o pai não houvesse perseguido um sonho tão poderoso, ao dizer ao filho que ele tinha de ser médico?”.

(b) “Erasístrato dissecou cabras recém-nascidas” / “Ele prova isso com um experimento simples e eficaz” / “Baseado em muitas dissecções de seres humanos e vivisseções de animais vivos”.

(c) “De fato, o pensamento de Galeno tinha uma atração especial para o ponto de vista cristão, e essa é sem dúvida a razão porque uma proporção muito maior dos seus trabalhos tenha sido preservada do que os de qualquer outro escritor pagão”.

(d) “Erasístrato (...), afirmava que o coração se enche porque se torna dilatado, mas as artérias estão dilatadas porque são preenchidas/ [Para Galeno] “As artérias eram anatomicamente contínuas ao coração; dessa forma, seu movimento era concebido como sendo sincrônico com o movimento do coração; quando o coração se dilatava, as artérias se dilatavam; quando o coração se contraía, as artérias se contraíam” / “[Em Colombo] encontramos a observação de que a sístole cardíaca é síncrona com a expansão arterial, e a diástole com a contração arterial”.

2.1 Que ideia sobre Natureza da Ciência está representada no(s) fragmento(s) de texto, listados acima?

(a) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(b) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(c) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(d) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.2 Você conseguiu identificar quais ideais, sobre Natureza da Ciência, foram representadas nos fragmentos de texto? Por quê?

---

---

---

---

---



## ANEXO 5

### Atividade de Aprendizagem

Interpretação de um texto original de William Harvey



Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Curso - Biologia - Licenciatura

2014 – 2º Semestre  
Componente Curricular - Anatomia Humana

Atividade de Aprendizagem  
**INTERPRETAÇÃO DE UM TEXTO ORIGINAL DE WILLIAM HARVEY**

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

### INTRODUÇÃO

A presente atividade de aprendizagem está orientada para a consecução dos seguintes objetivos de aprendizagem:

- (Re)construir conhecimentos sobre a produção do sangue;
- (Re)construir conhecimentos sobre a circulação do sangue;
- (Re)construir visões sobre Natureza da Ciência.

Consiste na interpretação de fragmentos de um *texto original* da história da ciência – o capítulo 9 do livro *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais*, de autoria do médico inglês William Harvey (1578-1657) e publicado no ano de 1628. Esta obra, originalmente escrita em latim, foi traduzida para a língua portuguesa no ano de 1999, pela pesquisadora Regina André Rebollo. Antes do início da leitura do texto original, apropriem-se um pouco da biografia de William Harvey por meio da leitura do texto abaixo, traduzido da obra de Baumel e Berger (1973, p.10):

“Nascido na Inglaterra, Harvey estudou medicina na Universidade de Pádua na Itália, a maior escola científica de seu tempo. Ele foi ensinado dentro da teoria do antigo médico grego Galeno, no que concerne o movimento do sangue no corpo. De acordo com Galeno, uma substância especial passaria do intestino para o fígado, que converte essa substância em sangue, que flui através das veias. Após retornar para a Inglaterra, Harvey começou sua carreira médica e tratou o famoso filósofo Francis Bacon como um dos seus pacientes. Mais tarde, ele tornou-se médico do rei James I da Inglaterra. No ano de 1616 – ano em que Shakespeare morreu –, Harvey foi ensinar no Royal College of Physicians, onde ele apresentou seu artigo sobre como o coração atua e como o sangue

se move. Ele não publicou sua teoria completa até 1628, pois foi necessário prover evidência experimental suficiente para apoiá-la. A fim de obter essas informações, Harvey dissecou quarenta diferentes espécies de animais. Alguns anos após a publicação de sua teoria, ele foi nomeado médico do rei Charles I. Harvey acompanhou o rei no campo de batalha durante a guerra civil. Devido a isso, sua casa foi arrombada e seus manuscritos e coleções foram destruídos pelos opositores do rei. Após o fim da guerra, Harvey viveu na aposentadoria em Londres. Demorou entre trinta e cinquenta anos para a sua teoria sobre a circulação ser geralmente aceita. Após essa aceitação, outros avanços na biologia seguiram muito rapidamente.”

A atividade de aprendizagem a ser realizada está estruturada em três partes. Inclui, para além desta introdução, uma primeira parte que incide na interpretação do capítulo 9 da obra de William Harvey e uma segunda parte focalizada na reflexão individual sobre a atividade realizada. A segunda parte será disponibilizada apenas após a realização e discussão no grupo turma da parte primeira. O período de resolução previsto é o seguinte: 90 minutos para a parte 1 e 30 minutos para a parte 2.

## **PARTE 1: INTERPRETAÇÃO DE UM TEXTO ORIGINAL DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

### Capítulo 9 – A circulação do sangue é confirmada por uma primeira suposição

Vamos assumir, ou porque supomos arbitrariamente, ou porque verificamos pelo experimento, que a quantidade de sangue contida no ventrículo esquerdo quando se encontra cheio e dilatado, é de duas ou três onças e até de uma onça e meia, por mais que tenho comprovado que no cadáver é de mais de duas onças. Suponhamos igualmente, o que pode conter de menos durante a sua contração, isto é, em quanto diminui a capacidade do ventrículo quando o coração está contraído, ou, o que dá no mesmo, qual é a quantidade de sangue que o ventrículo envia à artéria magna em cada uma de suas próprias contrações, pois como já demonstrei no terceiro capítulo, é evidente que enquanto dura a sístole o coração introduz um pouco de sangue na aorta, fato que qualquer um pode se persuadir somente ao observar a estrutura das válvulas do coração. Podemos aceitar como conjectura verossímil que a porção introduzida nas artérias a cada contração do ventrículo é de um quinto, de um sexto, ou pelo menos de um oitavo de sua capacidade.

Logo, podemos supor que no homem a quantidade de sangue lançado por cada pulsação do coração é de meia onça, de três dracmas ou de um dracma, que por causa do impedimento das válvulas que existem na raiz do vaso, já não podem refluir ao coração<sup>82</sup>.

O coração num espaço de 30 minutos bate mais de mil vezes e em alguns indivíduos, três e até quatro mil vezes. Multiplicando-se o número de dracmas pelo número dos batimentos, temos que o coração lança através das artérias em trinta minutos, ou três mil dracmas, ou bem dois mil e quinhentos ou alguma outra quantidade

---

<sup>82</sup> Uma libra equivale a 12 onças que são iguais a 373,2 gramas. Uma onça equivale a 8 dracmas que são iguais a 31,1 gramas e um dracma equivale a 3,8 gramas. (nota de Regina André Rebollo, 1999)

calculada de modo semelhante, mas sempre maior do que aquela quantidade que pode ser comprovada existir em todo o corpo<sup>83</sup>.

Se admitirmos do mesmo modo, que a cada contração do coração, tanto no carneiro quanto no cão, passa um *escrópulo*<sup>84</sup> de sangue, em trinta minutos resultarão mil *escrópulos*, ou seja, cerca de três libras e meia de sangue [mas a questão é que o corpo do carneiro, segundo pude determinar, contém, quando muito, quatro libras de sangue].

Tampouco se admite que o coração, ao contrair, algumas vezes lance algo e outras vezes não lance quase nada ou somente algo imaginário, pois isso nós já refutamos anteriormente e é, além do mais, contrário aos sentidos e à razão. Porque, assim como o coração ao dilatar tem os ventrículos preenchidos com sangue, também é necessário que ao contrair, seja expulso de suas cavidades algo que não é pouco, uma vez que os condutos não são pequenos e nem as contrações são pouco numerosas, é claro que a quantidade expulsa deve ser proporcional.

Na realidade, o sangue tem que ser expulso para logo em seguida ser readmitido em proporção semelhante a um terço, um sexto ou um oitavo do conteúdo do coração quando está cheio e dilatado, pois tal é a diferença entre as capacidades do ventrículo quando está contraído e quando se encontra dilatado. E assim como não é possível pensar que os ventrículos dilatados se encham de nada, ou se encham de algo imaginário, aquilo que é expulso com a contração tampouco pode ser nulo ou só imaginário, senão algo que é sempre sangue, e proporcional às contrações. Logo, quando no homem, no carneiro ou no boi, o coração lança um dracma a cada pulsação e são mil as pulsações feitas em meia hora, a quantidade transmitida em tal tempo vem a ser de dez libras e cinco onças. Se fossem dois dracmas expelidos a cada pulsação, teríamos vinte libras e dez onças; se fosse meia onça seriam quarenta e uma libras e oito onças, e se a quantidade transmitida das veias às artérias em meia hora fosse de uma onça, viria a ser de oitenta e três libras e quatro onças.

E então, verás claramente porque nas dissecações se comprova geralmente tanto sangue nas veias e pouco nas artérias e tanto no ventrículo direito e pouco no ventrículo esquerdo (talvez tenha sido por esse motivo que os antigos duvidaram de que no animal vivo existisse sangue nas artérias acreditando que eram somente espíritos o que encerravam em suas cavidades). A verdadeira causa disso tudo depende do fato de que das veias às artérias não existe outra passagem que não seja aquela do coração e a dos pulmões. Quando o animal morre, com a interrupção do movimento dos pulmões fica impedida a passagem do sangue das ramificações da *vena arteriosa* para a *arteria venosa*<sup>85</sup> e desta para o ventrículo esquerdo do coração. Se realiza, então, aquilo que já comprovamos no embrião, ou seja, que por defeito dos movimentos dos pulmões se encontram impedidos os movimentos alternados de fechamento e abertura de suas minúsculas entradas e porosidades invisíveis. Mas como o coração não para de se mover juntamente com os pulmões, mas continua pulsando e sobrevive a eles por um certo tempo, o que ocorre é que o ventrículo esquerdo e as artérias continuam enviando sangue para as veias do corpo, mas como já não o recebe dos pulmões, logo em seguida fica vazio.

---

<sup>83</sup> Neste capítulo Harvey constrói aquele que ficou historicamente conhecido como o “argumento quantitativo de Harvey”. Na verdade, o coração de um homem (em repouso) bate em média, 72 vezes por minuto, 2.160 vezes durante 30 minutos; a cada batida o coração impele 60 cm<sup>3</sup> de sangue; como o volume total de sangue é de 6.000 cm<sup>3</sup>, em 100 batidas, a totalidade do sangue passa pelo coração. [Um litro equivale a 1000 centímetros cúbicos]. (nota de Regina André Rebollo)

<sup>84</sup> Escrópulo: unidade de medida de peso para pedras preciosas que possuem 6 quilates. Vale um grama e 125 miligramas (1,125 gramas). (nota de Regina André Rebollo)

<sup>85</sup> A *veia arteriosa* é atualmente denominada artéria pulmonar, enquanto a *arteria venosa* é denominada nos dias atuais como veias pulmonares (nota nossa).

APÓS A LEITURA DO TEXTO ORIGINAL DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA, RESPONDAM ÀS QUESTÕES SEGUINTEs.

1. A leitura do capítulo da obra de Harvey permite a identificação de métodos não utilizados, até aquele momento, nos estudos sobre a morfofunção do sistema cardiovascular. Quais seriam esses métodos?

---

---

---

---

---

---

---

1.1 Quais foram os principais métodos utilizados na pesquisa sobre o sistema cardiovascular, no período anterior a Harvey?

---

---

---

---

---

---

1.2 Esses métodos, inclusive os utilizados por Erasístrato e Colombo, foram capazes de produzir conhecimentos importantes para os estudos de William Harvey? Quais?

---

---

---

---

---

---

2. A interpretação do experimento conduzido por Harvey permite o questionamento da ideia galênica sobre a produção do sangue no corpo humano? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

3. Em que medida o experimento conduzido por Harvey fornece elementos que suportam a ideia de que o sangue circula no corpo humano?

---

---

---

---

---

---

---

4. Com base nas respostas das questões 2 e 3, vocês consideram que o crescimento científico é fruto de um processo acumulativo? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

5. Os antigos, como Erasístrato, acreditavam que as artérias no animal vivo continham espíritos. Como Harvey explicou tal forma de pensamento?

---

---

---

---

---

---

---

6. Elaborem um esquema que represente o sistema cardiovascular de acordo com a perspectiva defendida por William Harvey. Nesse esquema, desenhem as estruturas (estudadas na atividade anterior) que fazem parte da anatomia cardíaca e legendem-nas.



7. Discutam as suas respostas com os seus colegas e o seu professor e registrem as alterações necessárias face à resposta consensualizada no grupo turma.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**PARTE 2: REFLEXÃO INDIVIDUAL**

**NOME:** \_\_\_\_\_

a) Explique o modo como esse texto contribui para a:

a.1) compreensão do processo de criação científica e os métodos implicados nesta.

---

---

---

---

---

---

---

---

a.2) compreensão sobre a evolução do conhecimento científico.

---

---

---

---

---

---

---

---

b) Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem.

---

---

---

---

---

---

---

---

c) Indique as vantagens, para a sua aprendizagem, da exploração de textos originais da história da Ciência.

---

---

---

---

---

---

---

---

d) Nas duas atividades anteriores, você trabalhou com textos de historiadores da ciência. Que comparações você poderia fazer entre esses textos e o texto original utilizado na presente atividade?

---

---

---

---

---

---

---

---

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMEL, Howard & BERGER, J. Joel (1973). *Biology...its people and its papers*. Washington, DC: National Science Teacher Association.

HARVEY, William (1999). *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais*. São Paulo: Departamento de Filosofia da Universidade de São Paulo.

## **ANEXO 6**

### **Atividade de Aprendizagem**

**Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey**



Atividade de Aprendizagem  
**RECONSTRUÇÃO DE UM EXPERIMENTO HISTÓRICO  
DE WILLIAM HARVEY**

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

### INTRODUÇÃO

A atividade de aprendizagem está orientada para a consecução dos seguintes objetivos de aprendizagem:

- (Re)construir conhecimentos sobre a circulação do sangue;
- (Re)construir conhecimentos sobre a morfofunção dos vasos sanguíneos;
- (Re)construir visões sobre Natureza da Ciência.



William Harvey (1578-1657)  
Médico Inglês

Focaliza-se na reprodução de uma experiência que William Harvey realizou com o intuito de compreender o movimento do sangue no corpo humano e na sequência de outras investigações a que se refere sumariamente na obra de 1628 - *Exercitatio Anatomica De Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* - do seguinte modo:

“Até aqui nos ocupamos da quantidade de sangue que passa no centro do corpo pelo coração e pulmão e da quantidade de sangue que, da mesma maneira, segue das artérias para a totalidade das veias do corpo.” (p. 62)

A presente atividade de aprendizagem está organizada em cinco partes:

1) INTRODUÇÃO que apresenta os objetivos de aprendizagem, isto é, as aprendizagens a desenvolver, uma contextualização sumária, a estrutura e o modo de execução da atividade; 2) MATERIAL que especifica o material necessário para a execução da experiência; 3) PROCEDIMENTO E REGISTO DE RESULTADOS que indica os passos a seguir na execução da experiência e o modo de registo dos resultados; 4) ANÁLISE DE RESULTADOS que inclui um conjunto de questões orientadoras da interpretação dos resultados obtidos no momento anterior; 5) REFLEXÃO que consiste na reflexão sobre a execução da própria atividade de aprendizagem na abordagem da fisiologia do sistema cardiovascular. As 3ª e 4ª partes serão realizadas em pequeno, durante um período de 60 minutos. Em seguida, haverá um período de 30 minutos para discussão dos resultados no grupo turma. A 5ª parte é de resolução individual e deverá ser executada em 20 minutos.



**MATERIAL**

- Tubo de látex (garrote, borracha de soro ou mangueira)

**PROCEDIMENTO E REGISTRO DE RESULTADOS**

- i. A realização desta atividade implica recorrerem a um colega mais musculoso. Decidam, em conjunto com o seu professor, o colega que reúne esse requisito.

---

1. Façam um garrote na extremidade distal do braço do seu colega, como a figura abaixo, devendo manter o braço ao nível do coração. Desenhem as estruturas anatômicas que observam.



1.1. Descrevam as estruturas anatômicas que observam no antebraço e tentem legendá-las.

---

---

---

---

---

2. Relatem e comparem a sua observação com as observações dos outros grupos. Registrem o que concluem.

---

---

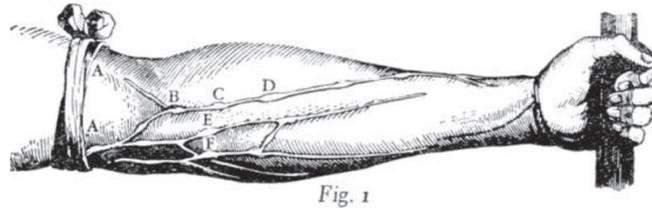
---

---

---



3. Comparem agora as observações efetuadas pelos vários grupos com os resultados obtidos por Harvey e que ele registrou através da figura após apresentada. Registrem a vossa conclusão.



---

---

---

---

---

4. Tomando como guia/referencial a figura anterior, deslize o dedo indicador (exercendo certa pressão) sobre uma veia do antebraço do seu colega no sentido C-D, indicado na figura, e mantenha o dedo pressionando o ponto D, após o deslizamento. Desenhem, na figura seguinte, o que observam entre os pontos C e D.



5. Repitam o procedimento anterior, mas agora no sentido D-C e pressionando o ponto C após o deslizamento. Desenhem, na figura seguinte, o que observam entre os pontos D e C.



6. Relatem e comparem as vossas observações com as observações dos outros grupos. Registrem o que concluem.

---

---

---

---

---

#### ANÁLISE DE RESULTADOS

I. De que forma os resultados dessa experiência podem ser considerados uma evidência:

I.I. contra a ideia do deslocamento do sangue no organismo como um movimento de fluxo e refluxo, para cima e para baixo, como as marés?

---

---

---

---

---

---

I.II. a favor de um movimento circular do sangue no organismo?

---

---

---

---

---

---

II. Vocês, no pequeno grupo, visualizaram o mesmo antebraço de um dos colegas durante todas as fases desse experimento. Inicialmente, todos chegaram às mesmas conclusões durante a resolução das questões? Por que ou por que não?

---

---

---

---

---

---

---

III. Discutam as suas respostas com os seus colegas e o seu professor e registrem as alterações necessárias face à resposta consensualizada no grupo turma.

---

---

---

---

---

---

---

---

---





## SÍNTESE

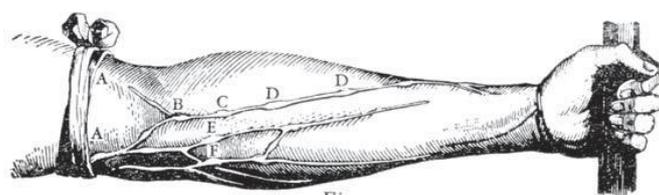


Fig. 1

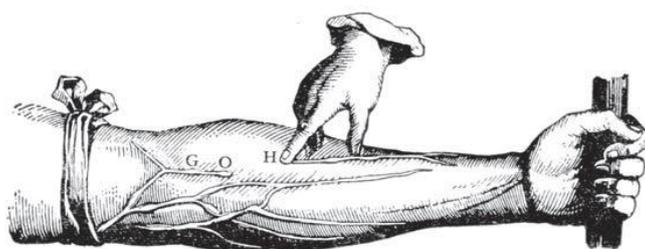


Fig. 2

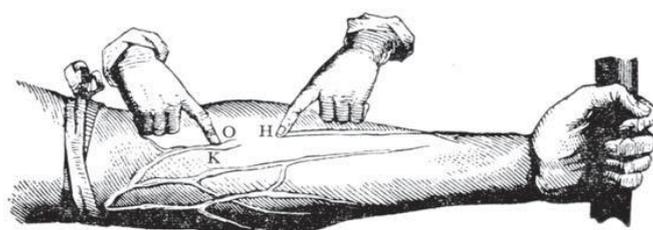


Fig. 3

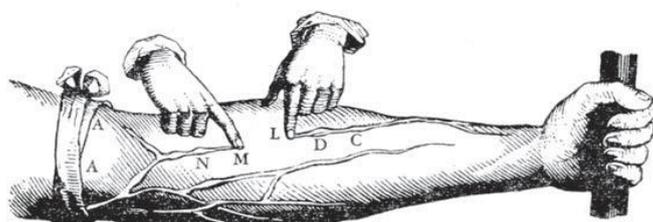


Fig. 4

“Se, para que a verdade destas afirmações fique mais evidente, amarrarmos o braço de um homem vivo na altura do coração (como em AA da figura 1) do modo habitual para a prática da flebotomia [incisão praticada na veia], descobriremos em pouco tempo, especialmente naqueles homens que são fortes e varicosos, que surgem nódulos ou tubérculos B, C, DD, E, F, não somente onde existe alguma bifurcação como em EF, mas também aonde não existe nenhuma, como em CD; tais nódulos ou elevações são formados pelas válvulas. Se, uma vez que os nódulos se tornarem visíveis exteriormente, da mão até o cotovelo, aplicarmos o dedo indicador ou qualquer outro dedo sobre qualquer um deles pressionando-o, e deslizarmos o dedo para baixo para espremer o sangue das veias, se a válvula (O da figura 2) é capaz de impedir de modo perfeito, veremos que o sangue não pode atravessar para atingir o segmento (OH da figura 2) compreendido entre o nódulo e o ponto H, até onde se deslizou o dedo. Contrariamente, o segmento de veia OG que fica acima do nódulo ou da válvula se dilatará. Além disso, se enquanto a veia estiver vazia por causa do deslocamento do sangue até H, fizemos uma pressão na direção da válvula (O da Figura 3)

com o dedo da outra mão aplicado diretamente sobre a parte superior distendida K, observar-se-á que não existe força capaz de obrigar o sangue a passar através da válvula O. De fato, observar-se-á, contrariamente, que quanto maior for a tentativa para se conseguir que o sangue passe, tanto mais túrgida [inchada] ficará a porção situada acima da válvula ou tubérculo O da Figura 3, por mais que o segmento OH, situado abaixo, fique vazio. (...)

Além disso, se após a colocação da ligadura AA para se manter as veias cheias e túrgidas, for mantido o dedo sobre o ponto L da Figura 4 a uma certa distância abaixo do nódulo ou válvula, enquanto que com outro dedo (M) se comprime o sangue acima da válvula superior (N), poder-se-á observar que o segmento LN da veia permanece vazio, porque o sangue não pode retornar através da válvula (exatamente como em HO da Figura 2), mas assim que se retira o dedo L, o segmento inferior volta a encher, de baixo para cima e volta a ter o aspecto de CD da primeira figura. Disso resulta claramente que o sangue movimenta-se das veias inferiores para as veias superiores, na direção do coração e não no sentido contrário.” (Harvey, 1999, p. 65-67)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

HARVEY, William (1999). *Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais*. São Paulo: Departamento de Filosofia da Universidade de São Paulo, 1999.



## **ANEXO 7**

### **Atividade de Aprendizagem**

**Discussões em torno das ideias de William Harvey: o que ficou pra mim?**



Atividade de Aprendizagem

**DISCUSSÕES EM TORNO DAS IDEIAS DE WILLIAM HARVEY: O QUE FICOU PRA MIM?**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**OBJETIVO DE APRENDIZAGEM**

- Tomar consciência sobre o próprio processo de aprendizagem.

**INTRODUÇÃO**

O objetivo de uma atividade de reflexão é possibilitar que você perceba o que já sabe (e se sabe bem), além de identificar quais são os problemas que precisa superar. Assim, as questões abaixo foram elaboradas para ajudá-lo(a) nesse processo de tomada de consciência.

1. Analise as afirmações que se seguem e use a escala abaixo para se posicionar em relação a elas:

5 – Estou completamente de acordo / 4 – Concordo mais que discordo / 3 – Sou neutro em relação a essa afirmação / 2 – Discordo mais que concordo / 1 – Discordo completamente / 0 – Não entendi essa afirmação.

- ( ) a. O conhecimento prévio influencia nossas observações, determinando como vemos a realidade e, portanto, é fundamental na construção de novos conhecimentos, juntamente com a razão, a imaginação, a intuição e a criação;
- ( ) b. O “Método Científico” é um conjunto sistematizado de etapas de atividades mentais e práticas que, indubitavelmente, levará a um conhecimento “imutável”, “verdadeiro”, “provado”, “confirmado”, “certo” e “correto”;
- ( ) c. O “Método Científico” é único, possui etapas mecânicas, lineares, invariáveis, universais, e pode ser considerado como uma receita infalível que dá resultados surpreendentes;
- ( ) d. O “Método Científico” não é único e nem permanece o mesmo, pois reflete o contexto histórico-cultural em que está situado, podendo ser representado como uma rede, onde se inserem inúmeros fatores sociais, culturais e ambientais;
- ( ) e. O caminho que qualquer investigador percorre para resolver um problema que o preocupa se denomina método científico. Existem, assim, vários tipos de método científico, tantos quantos forem os problemas, os objetivos e os conhecimentos disponíveis.

1.1. Você considera que as atividades de aprendizagem “Interpretação de um texto original de William Harvey” e “Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey” contribuíram para as suas respostas referentes às alíneas “a”, “b”, “c”,

“d” e “e”? Marque uma das opções (sim ou não) no quadro e justifique sua resposta utilizando o espaço do quadro.

a. ( ) Sim  ( ) Não	
b. ( ) Sim  ( ) Não	
c. ( ) Sim  ( ) Não	
d. ( ) Sim  ( ) Não	
e. ( ) Sim  ( ) Não	

2. Analise a seguinte frase: “Avanços científicos acontecem por meio de um processo acumulativo, portanto, a velha teoria é preservada”.

2.1 Você concorda com essa afirmação? Justifique.

---

---

---

---

---

2.2 Em que medida a atividade de aprendizagem “Interpretação de um texto original de William Harvey” lhe auxiliou a responder essa questão?

---

---

---

---

---

3. Indique os conhecimentos morfofuncionais que foram discutidos em cada uma das atividades de aprendizagem que você realizou, estabelecendo relações entre a coluna A (conhecimentos morfofuncionais) e a coluna B (atividades realizadas). Um conhecimento morfofuncional pode estar relacionado a mais de uma atividade realizada.

Coluna A Conhecimentos Morfofuncionais	Coluna B Atividades Realizadas
As artérias localizam-se, principalmente, em posição mais profunda, próximas aos ossos.	
O coração impulsiona cerca de 6 litros de sangue em um minuto.	
No cadáver, as artérias se encontram vazias e as veias cheias de sangue.	Interpretação de um texto original de William Harvey.
O sangue circula no corpo humano.	
O sangue não é produzido no fígado a partir dos alimentos.	
O sangue é distribuído para cada região do corpo através de artérias e retorna ao coração através de veias.	Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DURBANO, João Paulo (2012). *Investigações de concepções de alunos de ciências biológicas do IB/USP acerca da Natureza da Ciência*. Dissertação de Mestrado (não publicada). São Paulo: Universidade de São Paulo.
- SILVA, Fernanda & CUNHA, Ana Maria (2012). Método científico e prática docente: as representações sociais de professores de ciências do ensino fundamental. *Ciência & Educação*, 18, 41-54.

## ANEXO 8

### Atividade de Aprendizagem

Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero



Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Curso - Biologia - Licenciatura

2014 – 2º Semestre  
Componente Curricular - Anatomia Humana

Atividade de Aprendizagem

**INTERPRETAÇÃO DE UM ARTIGO CIENTÍFICO SOBRE A VIDA E OBRA DE GIULIO BIZZOZERO**

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

**INTRODUÇÃO**

A atividade de aprendizagem está orientada para a consecução dos seguintes objetivos de aprendizagem:

- (Re)construir conhecimentos sobre a produção do sangue;
- (Re)construir visões sobre Natureza da Ciência.

Esta atividade consiste na interpretação de fragmentos de um artigo focalizado na vida e obra do cientista italiano *Giulio Bizzozero*. Este texto, publicado na Revista Nature Reviews, em 2001, é uma homenagem ao centenário da morte desse patologista, considerado um dos pioneiros no estudo da biologia celular.

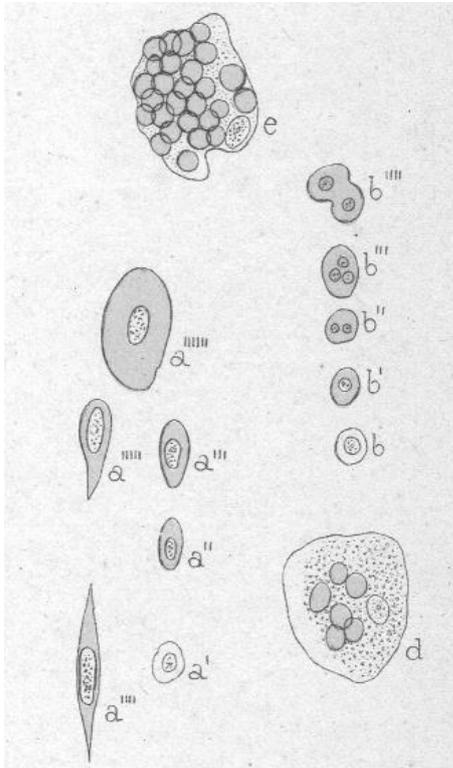
Como estudado anteriormente, nesta intervenção pedagógica, o médico grego Galeno de Pérgamo (129-199 d.C.) sustentava que os alimentos digeridos no intestino (quilo) seriam transportados para o fígado, através da veia porta, e este órgão teria a capacidade de transformar o quilo em sangue. Muitos séculos mais tarde, o médico inglês William Harvey (1578-1657) produziu evidências de que o sangue não poderia ser originado no fígado, a partir de uma suposta transformação dos alimentos.

O problema da origem do sangue continuou mobilizando a comunidade científica nos séculos XVII e XVIII, até o surgimento, no século XIX, de uma proposta capaz de explicar essa questão científica (Izaguirre-Ávila & de Micheli, 2005).

A presente atividade de aprendizagem está estruturada em três partes. Inclui uma primeira parte, a ser realizada antes da leitura do texto referente à vida e obra de Giulio Bizzozero, que incide na análise de um desenho produzido por esse investigador. A segunda parte focaliza-se na interpretação da vida e obra de Giulio Bizzozero, no tempo em que a terceira parte prende-se à reflexão individual sobre a atividade realizada. Cada parte será disponibilizada após a realização da parte anterior. O período de resolução previsto é o seguinte: 30 minutos para a 1ª parte, 60 minutos para a 2ª parte e 20 minutos para a 3ª parte. A primeira e a segunda partes são resolvidas em grupo, enquanto a terceira parte é de resolução individual.

**PARTE 1: ANÁLISE DE UM DESENHO PRODUZIDO POR GIULIO BIZZOZERO**

1. Observem a imagem de elementos da medula óssea e respondam às questões.



1.1 O que seriam as estruturas identificadas pelas letras "b"? Justifiquem.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1.2 Que processo foi representado pela sequência b–b'–b''–b'''–b''''? Justifiquem.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1.3 Ocorreram divergências entre os membros do grupo, quanto ao conteúdo das respostas das questões acima? Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## PARTE 2: GIULIO BIZZZERO

Giulio Bizzzero (1846–1901), filho de Felice Bizzzero, um industrial de pequeno porte, e de Carolina Veratti, nasceu em Varese, não muito longe de Milão, em uma família de classe média que estava profundamente envolvida no *Risorgimento* – atividades sociais e políticas voltadas à libertação da Itália do domínio austríaco. Em 1859, enquanto seu irmão mais velho Cesare lutava contra a Áustria, sua mãe se ofereceu como enfermeira no Hospital de Varese, que estava cheio de pacientes feridos da guerra. Bizzzero cresceu em um ambiente cultural muito estimulante e, em 1861, após seus estudos clássicos no ensino médio, ele se matriculou na Universidade de Pavia, como estudante de medicina. Durante sua formação, Bizzzero trabalhou durante um ano no Laboratório de Fisiologia, sob a supervisão de Eusebio Oehl, um ferrenho defensor da investigação microscópica. Enrico Sertoli – que identificou as células dos túbulos seminíferos dos testículos – também foi treinado nesse laboratório. Logo depois, Bizzzero começou a realizar pesquisas histológicas e histopatológicas sob a direção de Paolo Mantegazza, que, em 1861, fundou o Laboratório de Patologia Experimental – o primeiro desse tipo na Itália. Muito talentoso como ilustrador científico, Bizzzero ajudou Mantegazza a preparar suas publicações com ilustrações das preparações histológicas.

Em Junho de 1866, com 20 anos de idade (Fig. 1), tendo publicado vários artigos sobre diferentes tópicos - incluindo a morfologia da medula óssea, a estrutura da pele, ossos, neoplasia cerebral e o desenvolvimento do tecido conjuntivo - Bizzzero formou-se em medicina e recebeu o Prêmio Mateucci, que era atribuído ao aluno que tivesse alcançado o mais alto grau, em todos os cursos. Ao conquistar seu diploma, Bizzzero participou como médico militar na Terceira Guerra de Independência contra a Áustria. Logo em seguida, ele viajou para o exterior para expandir seu conhecimento científico, visitando os laboratórios do histologista Heinrich Frey, em Zurique, e o fundador da patologia celular, Rudolf Virchow, em Berlim. Em 1867, de volta a Pavia, ele começou sua carreira acadêmica como professor adjunto de patologia geral e professor de histologia, tornando-se o profeta italiano das novas teorias propostas por Virchow, sobre a estrutura celular da matéria viva e sobre patologia celular.

Em um ambiente acadêmico que era dominado na época por doutrinas antiquadas e ensino dogmático, que apresentava os assuntos científicos como verdades oficiais e zombava de qualquer um que “olhava para o buraco” (isto é, usava um microscópio), Bizzzero pregou que a ciência era um “conhecimento em progresso”



Figura 1. Giulio Bizzzero por volta de 1866, com a idade de 20 anos.

que deveria remover seu véu de mistério e autoritarismo: "...o professor não deve apresentar a ciência como uma série de dogmas apoiados pelo prestígio de um nome, ... mas, em vez disso, expor a ciência em sua verdadeira condição, com suas dúvidas e suas perguntas". De acordo com Bizzozero, a formação laboratorial deveria permitir que a atividade de muitos indivíduos fosse colocada a serviço da ciência, "... para que novas descobertas, anteriormente privilégios de uma elite, agora sejam, não raro, devido à perseverança e a atividade bem direcionada de um estudante."

Um homem bem humorado, jovem e dinâmico, gracioso e sociável – apesar do lado combativo de sua personalidade –, Bizzozero tornou-se um herói para muitos estudantes e jovens médicos, muitas vezes mais velhos que ele, que estavam começando suas carreiras científicas sob sua direção. Sua autoridade nunca foi imposta, mas sempre foi aceita como uma consequência de sua personalidade magnética, que lhe deu a marca de um líder natural. Entre seus seguidores, estava Camillo Golgi, que realizou investigações sobre a estrutura do sistema nervoso central e que, finalmente, o levou, em 1873, à descoberta da "reação negra" (agora conhecida como 'impregnação de Golgi' ou 'coloração de Golgi'). Esta descoberta neuroanatômica revolucionou a pesquisa ao permitir, pela primeira vez, uma visão completa de células nervosas individuais e seus processos. Em 1877, Golgi reforçou o seu relacionamento pessoal com Bizzozero, quando se casou com sua sobrinha, Lina Aletti. Antes de terminar sua graduação, Bizzozero começou a investigar a histologia da medula óssea.

Naquela época, havia dois principais pontos de vista sobre as funções desse tecido, que remontavam ao tempo antigo de Hipócrates e Aristóteles. De acordo com esses pontos de vista, a medula óssea seria constituída por um "excremento" do osso (*excrementum ossium*), ou, ao contrário, representava sua "matriz" nutricional. Bizzozero descobriu um tipo particular de célula vermelha nucleada nesse tecido e considerou essas células como as precursoras das células vermelhas maduras do sangue em circulação (Fig. 2). Além disso, ele percebeu que a medula óssea é o local de produção das células brancas do sangue e que também exerce um papel, como o baço, na destruição de elementos celulares velhos. As conclusões de Bizzozero foram confirmadas por experimentos de hemorragia em condições controladas, realizados em galinhas e pombos, que amplificaram o fenômeno de formação de células sanguíneas na medula óssea.

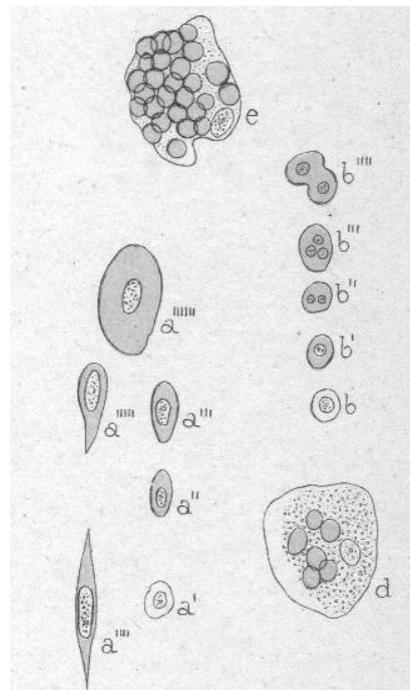


Figura 2. Desenhos de Bizzozero mostrando os estágios de desenvolvimento de células vermelhas do sangue. Série **a** mostra células vermelhas na medula do sapo, série **b** mostra células vermelhas do sangue na medula óssea dos seres humanos, e **d** e **e** mostram macrófagos que ingeriram eritrócitos.

Na década de 1890, Bizzozero interrompeu suas atividades de laboratório, resultado de uma doença ocular que dificultava sua habilidade na microscopia. Através de seus artigos na imprensa popular, ele tornou-se posteriormente um defensor preeminente de medidas sociais e políticas contra a propagação de doenças

infecciosas, e um promotor ativo do entendimento público dos benefícios da ciência. Por sua competência, ele foi eleito presidente de algumas sociedades médicas e membro de várias comissões de saúde pública. Em 1890, ele foi nomeado Senador – membro do parlamento italiano. No início de abril de 1901, enquanto aguardava a visita de seu amigo Albert von Kölliker, o profeta da histologia do século XIX (retratado junto com Bizzozero e Camilo Golgi na figura 3), Bizzozero foi acometido por um ataque devastador de pneumonia. Ele morreu no dia 8 de abril.



Figura 3. O trio histológico. Da esquerda para a direita: Giulio Bizzozero, Albert von Kölliker e Camillo Golgi em 1900.

1. Registrem os dados que identificam Giulio Bizzozero:

a) Nacionalidade - \_\_\_\_\_

b) Filiação - \_\_\_\_\_

c) Formação acadêmica - \_\_\_\_\_

d) Período da atividade científica - \_\_\_\_\_

e) Tarefas profissionais - \_\_\_\_\_

f) Outras características - \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. No trabalho de Giulio Bizzozero, pode ser identificada a relação entre ciência e tecnologia? Expliquem.

---

---

---

---

---

3. Que visão sobre Ciência Giulio Bizzozero sustentava?

---

---

---

---

---

---

3.1 Vocês concordam com a perspectiva defendida por Giulio Bizzozero acerca da Ciência? Justifiquem.

---

---

---

---

---

---

4. De acordo com Giulio Bizzozero, como ocorre a produção de sangue no corpo humano?

---

---

---

---

---

---

---

5. Tendo em consideração o texto, pode-se inferir que Giulio Bizzozero mobilizou processos como espírito crítico, intuição e criatividade durante a sua investigação referente à produção de sangue? Justifiquem.

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Após a releitura do conteúdo das suas respostas às questões “1.1” e “1.2”, avaliem a afirmação abaixo e afirmem se concordam, ou não, justificando.

*“A observação e a teoria influenciam-se e enriquecem-se mutuamente”*

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Discutam as vossas respostas com os seus colegas e o seu professor e registrem as alterações necessárias face à resposta consensualizada no grupo turma.

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

a.2) compreensão dos processos mobilizados durante a investigação científica.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

b) Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IZAGUIRRE-ÁVILA, Raúl, & DE MICHELI, Alfredo (2005). Evolución del conocimiento sobre la sangre y su movimiento: Parte II. El saber sobre su composición. Iatroquímica de la sangre. *Revista de investigación clínica*, 57, 85-97.

MAZZARELLO, Paolo; CALLIGARO, Alessandro & CALLIGARO, Alberto (2001). *Giulio Bizzozero: a pioneer of cell biology*. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 2, 776-781.



## **ANEXO 9**

### **Atividade de Aprendizagem**

**Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig**



Atividade de Aprendizagem  
**INTERPRETAÇÃO DE UM ARTIGO CIENTÍFICO SOBRE A DERIVAÇÃO BLALOCK-TAUSSIG**

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

### INTRODUÇÃO

A presente atividade de aprendizagem está orientada para a consecução dos seguintes objetivos de aprendizagem:

- (Re)construir conhecimentos sobre a derivação sistêmica pulmonar ou derivação Blalock-Taussig;
- (Re)construir visões sobre Natureza da Ciência.

Esta atividade consiste na interpretação de um artigo científico sobre a história de um procedimento cirúrgico para o tratamento da tetralogia de Fallot, uma doença cardíaca congênita caracterizada por quatro alterações na morfologia do coração. O texto refere-se aos cientistas implicados na elaboração do procedimento denominado derivação sistêmica pulmonar ou derivação Blalock-Taussig.

A tetralogia de Fallot foi descrita pela primeira vez em 1888 por Etienne-Louis Arthur Fallot e corresponde, atualmente, a 10% de todas as cardiopatias congênitas, sendo a cardiopatia congênita cianótica (que causa cianose – coloração roxo-azulada da pele, lábios e dedos) mais comum (Santos, Pereira, Camacho, Marques, Matos & Gomes, 2009).

A atividade de aprendizagem está estruturada em três partes: uma primeira parte que incide na análise da fonte bibliográfica aqui mobilizada (artigo científico); uma segunda parte focalizada na interpretação da história da derivação Blalock-Taussig; e uma última parte voltada à reflexão individual sobre a atividade realizada. Cada parte será disponibilizada após a realização e discussão no grupo turma da parte anterior. O período de resolução previsto é o seguinte: 30 minutos para a parte 1; 75 minutos para a parte 2; e 30 minutos para a parte 3. As partes 1 e 2 são resolvidas no pequeno grupo.

## CHEGOU O MOMENTO PARA MUDAR O NOME DA DERIVAÇÃO BLALOCK-TAUSSIG?

### ARTIGO CIENTÍFICO<sup>1</sup>

A origem da operação “bebê azul”, agora conhecida como derivação Blalock-Taussig padrão, se destaca como um dos momentos mais dramáticos da história da medicina do século 20. Esta foi tão ousada, em sua concepção, que o Chefe de Anestesiologia do Hospital Universitário Johns Hopkins, Austin Lamont, recusou-se a realizar o anestésico para o primeiro paciente. Alfred Blalock e Helen Taussig, criadores da operação “bebê azul”, conseguiram um raro grau de fama, ambos pelo pioneirismo no campo da cirurgia cardiovascular pediátrica e por suas outras realizações científicas. A estatura de suas carreiras, no entanto, obscurece as grandes contribuições de uma terceira pessoa na criação da derivação Blalock-Taussig, um graduado do ensino médio chamado Vivien Thomas, que realmente realizou a primeira derivação (desvio) da artéria subclávia para a artéria pulmonar.

Vivien Thomas tornou-se técnico de laboratório de Blalock, em 1930, 14 anos antes da primeira operação bebê azul, enquanto Blalock estava na Universidade de Vanderbilt. No outono de 1929, Thomas, que aspirava uma carreira médica, tinha se inscrito no Tennessee State College, que era então limitado a estudantes afro-americanos. No entanto, o dinheiro que tinha guardado, enquanto trabalhava como carpinteiro durante seus anos de colégio, foi perdido quando o banco com o qual operava faliu naquele mesmo ano. Assim, ao final de seu primeiro semestre, Thomas foi forçado a deixar a universidade para encontrar um emprego.

Sua busca terminou no laboratório de Alfred Blalock, depois de uma dica de um amigo de escola. Em 1924, Blalock não conseguiu obter uma residência em cirurgia em sua universidade de origem, Johns Hopkins. Então, ele passou à Universidade Vanderbilt, por sugestão de seu bom amigo Tinsley Harrison, o autor do livro médico de mesmo nome. Após chegar a Nashville, Blalock, foi colocado no comando do laboratório de cirurgia experimental pelo Dr. Barney Brooks, chefe da cirurgia. Embora decepcionado por não ter recebido o laboratório de anatomia patológica, ele atirou-se para a pesquisa referente ao choque traumático<sup>2</sup>. Pouco depois, ele adoeceu com tuberculose e foi impedido de todas as obrigações, mas, quando a sua saúde voltou, ele completou sua residência em cirurgia. Blalock, então, assumiu uma posição na Universidade Vanderbilt, o que restringiu o seu tempo no laboratório. Ele precisava de ajuda no laboratório, “alguém que pudesse fazer tudo o que ele fazia e, talvez, algumas coisas que ele não pudesse”. Não fica claro se Blalock percebeu imediatamente a inteligência e talentos do homem que contratara e com quem ele iria trabalhar pelo resto de sua carreira. Mas as habilidades de Vivien Thomas rapidamente se tornaram evidentes.

Na época, Blalock estava usando um modelo de coelho para estudar choque traumático. Thomas rapidamente aprendeu as técnicas cirúrgicas necessárias para fazer esses estudos, em grande parte, realizados sozinho. Blalock, normalmente, ficava no laboratório à tarde quando os dois discutiam os resultados de Thomas. Blalock definia o tom para essas discussões e escolhia a direção de cada conjunto de estudos, mas, muitas vezes, solicitava as opiniões de Thomas. Thomas, frequentemente, tinha que improvisar suas técnicas de laboratório para completar as experiências. Os estudos de Blalock e Thomas estabeleceram que as alterações hemodinâmicas do choque traumático eram devido à perda de volume intravascular. Este trabalho serviu de base para a terapia reconhecida por salvar inúmeras vidas durante a Segunda Guerra Mundial e daí em diante.

Em 1938, Blalock expandiu os estudos que realizava sobre a hipertensão e desenvolveu um protocolo visando à produção de hipertensão pulmonar. Para isso, ele pediu a Thomas para realizar uma derivação (desvio) da artéria subclávia para a artéria pulmonar. Os experimentos não conseguiram produzir a hipertensão pulmonar desejada. Os pesquisadores não perceberam que não tinham seguido os animais por tempo suficiente após a anastomose (comunicação natural ou cirúrgica entre vasos). No entanto, a experiência, sendo capaz de aumentar o fluxo sanguíneo pulmonar com esta anastomose, lançou as bases para o seu trabalho posterior com bebês azuis.

Como sua reputação cresceu na década de 1930, com publicações sobre choque traumático e hipertensão, Blalock foi recrutado por outras instituições. Quando ele disse ao Hospital Henry Ford em Detroit, Michigan, que ele só iria se levasse consigo Thomas, Blalock foi informado de que lá não haveria posição para Thomas. Blalock desistiu. Uma instituição que não se intimidou com a fidelidade de Blalock para com Thomas ou pela raça de Thomas foi sua universidade de origem, o Hospital Universitário Johns Hopkins. Apesar das boas-vindas a Blalock e Thomas, nenhum afro-americano no hospital tinha um cargo com responsabilidades semelhantes às de Thomas.

Quando Blalock partiu de Nashville em 1941, para se tornar presidente do Departamento de Cirurgia do Hopkins, Thomas acompanhou-o até Baltimore.

Em 1938, antes da sua partida para Hopkins, Dr. Robert E. Gross corajosamente realizou o primeiro fechamento de uma persistência do canal arterial<sup>3</sup>, pouco depois de completar a sua residência principal no Hospital das Crianças, em Boston. Este relatório mostrou, pela primeira vez, que as crianças poderiam tolerar uma grande operação torácica. Parece não haver nenhum registro do que Blalock pensou sobre o sucesso de Gross, mas, pouco depois do feito de Gross, Blalock realizou o fechamento de uma persistência do canal arterial, em Vanderbilt.

Helen Taussig, uma pediatra, havia completado sua residência em pediatria na Universidade Johns Hopkins. Ela encaminhou-se para o Hopkins depois de ter sido rejeitada pela universidade onde fez a sua graduação, Harvard<sup>4</sup>. Como estudante de graduação, ela havia realizado os primeiros estudos sobre o músculo cardíaco que demonstraram a sua automaticidade intrínseca. Taussig sofria de dislexia e, depois de ganhar seu diploma de médica, desenvolveu perda auditiva significativa, provavelmente devido a um ataque de tosse, de coqueluche. Apesar desses problemas, ela estava entre os primeiros médicos a dedicar a sua carreira à pediatria cardiológica. Quando Taussig ouviu falar do sucesso da ligadura do canal arterial, ela viajou de Baltimore a Boston para ver Gross em pessoa. Ela explicou que queria que ele desenvolvesse um shunt (desvio) para obter mais sangue para os pulmões de seus pacientes cianóticos. Ela acreditava que o aumento do fluxo sanguíneo pulmonar iria melhorar a sua oxigenação e fornecer aos pacientes esperanças. Ele respondeu que não poderia ajudá-la. Então, ela voltou para Baltimore, mas sem renunciar à sua esperança.

Pouco depois de chegar a Baltimore, Blalock e Thomas começaram uma abordagem experimental para o alívio da coarctação (estreitamento) da aorta. O presidente da pediatria Edwards A. Park tinha mencionado o defeito em uma conversa informal com Blalock, que hipotetizava que um desvio da artéria subclávia esquerda para a aorta torácica descendente poderia contornar com sucesso a parte estreita da aorta<sup>5</sup>. Para criar um desvio, Thomas dividiu a artéria subclávia esquerda e desenvolveu uma anastomose entre a extremidade da artéria subclávia esquerda dividida e a porção lateral da aorta torácica descendente. Thomas criou esse desvio em uma era antes da cirurgia vascular ou do desenvolvimento de qualquer uma das ferramentas desse campo. Ele teve de modelar suas próprias agulhas vasculares e ferramentas. Em 1943, Park convidou Blalock para discutir essas experiências com os membros de seu departamento.

Após a conversa, Taussig aproximou-se de Blalock e perguntou se ele poderia fazer algo para ajudar seus pacientes cianóticos. Blalock parecia entusiasmado, mas disse que eles teriam que discutir o assunto com Thomas. Taussig descreveu as lesões da tetralogia de Fallot<sup>6</sup>, para ambos, em um encontro posterior. Ela estava há anos frustrada pela sua incapacidade de fazer qualquer coisa por esses pacientes, exceto vê-los morrer. Taussig disse a Blalock e Thomas que tinha certeza de que deveria haver uma maneira de reorganizar a canalização para obter mais sangue para os pulmões. Ambos imediatamente entenderam que seus estudos anteriores sobre hipertensão arterial pulmonar poderiam, finalmente, ser bem sucedidos, mas de uma maneira que nunca tinham imaginado.

Seus esforços para criar um modelo animal adequado à tetralogia coincidiram com a frustração repetida. Ambos pensaram que seria necessário produzir uma redução permanente da artéria pulmonar para imitar a estenose pulmonar (estreitamento da artéria pulmonar). Embora isto pareça bastante simples, não existiam estudos anteriores que pudessem servir de referência para ajudá-los, então, eles começaram uma série de experimentos de tentativa e erro. Thomas achou que a sutura e a fita umbilical, fixadas em torno da artéria pulmonar, simplesmente rasgavam sem o efeito hemodinâmico restritivo. Quando um tubo cirúrgico foi utilizado, um grau adequado de cianose não foi alcançado até o débito cardíaco<sup>7</sup> ser afetado de forma irreversível.

Esses dados sugeriram a Blalock que a mistura de lesões da tetralogia, em vez da estenose pulmonar, deveria ser reproduzida em laboratório. Assim, ele orientou Thomas para criar uma comunicação entre a artéria e a veia pulmonar direita. Esta anastomose produziu hemorragia pulmonar fatal, então eles decidiram remover o pulmão direito e fundir completamente a artéria e a veia pulmonar direita. Este modelo alcançou o nível desejado de cianose com policitemia (aumento no número de hemácias) compensatória, mas exclui qualquer possibilidade de reparação cirúrgica, pois a artéria pulmonar esquerda teria de ser transitoriamente ocluída para fazer uma derivação da artéria subclávia para a artéria pulmonar, deixando o animal sem o fluxo sanguíneo pulmonar. Blalock e Thomas decidiram retirar vários lobos (divisões dos pulmões), em vez de remover todo o pulmão direito. O nível de cianose

não era tão grave (como no procedimento anterior), mas Thomas foi capaz de tentar a derivação da artéria subclávia para a artéria pulmonar.

Thomas necessitava, então, sintetizar suas experiências anteriores. Ele aplicou o conceito de anastomose para desvio da artéria subclávia em função de coarctação da aorta, na anastomose da artéria subclávia para a artéria pulmonar. O procedimento anterior tinha sido uma anastomose entre a extremidade de um vaso e a extremidade do outro. Na criação do tratamento para a tetralogia, ele (Thomas) utilizou uma anastomose entre a extremidade da artéria subclávia e a porção lateral da artéria pulmonar. O primeiro cão tolerou bem o procedimento, incluindo o pinçamento da artéria pulmonar esquerda (que seria ligada à artéria subclávia esquerda). Sua cor melhorou assim que Thomas removeu o grampo da artéria pulmonar. Anna (o cão), como ficou conhecida, se recuperou rapidamente e mostrou uma diminuição gradual em seu hematócrito (percentagem de células vermelhas no sangue). Vivendo os próximos 15 anos vivendo no laboratório, Anna tornou-se uma celebridade, a primeira paciente bebê azul. A Associação de Cuidados Animais de Baltimore foi contratada para pintar o retrato dela e apresentá-lo no Hospital Johns Hopkins. Muitos outros cães seguiram os passos de Anna e sobreviveram ao experimento.

No outono de 1944, depois de analisar os resultados de Thomas, Blalock decidiu avançar para a sala de cirurgia com a derivação (desvio) da artéria subclávia para a artéria pulmonar. O primeiro paciente foi Eileen Saxon, uma menina de 15 meses, pesando menos que 4,5 Kg. Suas crises hipercianóticas graves foram, muitas vezes, caracterizadas por desmaios, quando não estava em uma tenda de oxigênio. Blalock tinha planejado auxiliar Thomas em uma cirurgia no laboratório e, em seguida, realizar vários procedimentos em cães, antes de operar qualquer paciente. O estado de Eileen tornou-se mais crítico e ambos, Blalock e Taussig, julgaram que a operação deveria ocorrer. Como resultado, a cirurgia foi marcada após Blalock auxiliar Thomas em apenas um procedimento laboratorial.

Thomas ajudou o supervisor da sala de cirurgia a encontrar os instrumentos necessários. A sala de operações tinha toda a instrumentação para cirurgia pediátrica, mas não o que era necessário para a cirurgia vascular em uma criança. As agulhas cirúrgicas tinham de ser encurtadas porque elas eram muito longas para manipulação durante a realização da anastomose entre a extremidade (da artéria subclávia) e a porção lateral (da artéria pulmonar). Além disso, Blalock teve de utilizar o mesmo material de sutura que foi utilizado por Thomas nas experiências laboratoriais, seda trançada 5.0. Austin Lamont, o presidente do Departamento de Anestesiologia em Hopkins, havia se recusado a anestésiar Eileen para um pequeno procedimento, uma ou duas semanas antes, pois ele não acreditava que ela iria tolerá-lo. Então, quando chegou a hora de Blalock levar Eileen à sala de cirurgia, Merel Harmel, uma enfermeira anestesista, teve que realizar a anestesia com éter para o Dr. Blalock.

Em 29 de novembro de 1944, Thomas chegou ao laboratório e configurou o aparelho Van Slyke, pois ele sabia que seria necessária a realização de uma gasometria em Eileen após a operação. No decurso da preparação do Van Slyke, Thomas recebeu um telefonema do secretário de Blalock afirmando que “O Professor”, como Blalock ficou conhecido, queria Thomas na sala de cirurgia. Thomas relata em sua autobiografia que ele não tinha ido para a sala de cirurgia antes, pois ele não queria fazer com que Blalock ficasse nervoso ou ficar nervoso por causa do Professor. Pouco depois, Thomas tomou um lugar no teatro acima da sala de cirurgia, então, Blalock se virou e fez um gesto para que ele descesse para a mesa de operação, onde ele tinha um elevado colocado diretamente atrás de seu ombro. A partir desse ponto de vista, o graduado do ensino médio, filho de um carpinteiro, guiou um dos maiores cirurgões do século 20 através de um procedimento cirúrgico revolucionário, dando início à era da cirurgia cardíaca pediátrica. Muitas vezes, durante a operação, Blalock baseou-se na experiência e opinião de Thomas, desde o comprimento da incisão na artéria pulmonar ao espaçamento das suturas. Ele continuaria a contar com a experiência de Thomas em muitos procedimentos que viriam.

Quando as cortinas foram removidas, a cor de Eileen havia melhorado bastante. Ela parecia estar indo bem até que ela desenvolveu pneumotórax (acumulação de ar cavidade pleural) de tensão bilateral, que foi tratado com sucesso. Ela precisou de aproximadamente duas semanas de terapia intensiva e, finalmente, teve alta hospitalar. Com esse sucesso, Blalock e Taussig estavam ansiosos para continuar a utilizar o procedimento. Os próximos dois pacientes tiveram procedimentos relativamente simples, novamente com Thomas de pé, logo atrás Blalock, ajudando o Professor, através das cirurgias. Os casos desses três primeiros pacientes foram resumidos no relatório “O tratamento cirúrgico das malformações do coração em que há estenose pulmonar ou atresia pulmonar”, que foi

publicado no *Journal of the American Medical Association*, em maio de 1945. O manuscrito não continha o nome de Thomas.

Esta publicação, e os numerosos artigos de jornal, trouxeram uma torrente imprevista de publicidade e atenção para Blalock, Taussig e para o Hospital Universitário Johns Hopkins. Seus serviços clínicos ficaram quase lotados por famílias que viajam de todo o país e de muitos países estrangeiros, esperando por ajuda para seus filhos. Thomas descreveu como Taussig aplaudia “extremamente feliz quando os pacientes inundavam sua clínica”. Os médicos também vinham a Hopkins para aprender com Blalock e Taussig. Thomas provinha muitos dos visitantes com insights sobre os requisitos para realizar o procedimento experimental. Existia pouca cirurgia torácica experimental sendo realizada naquela época e Thomas, com a ajuda dos mecânicos da Hopkins, também forneceu ventiladores mecânicos para muitos visitantes, proporcionando-lhes a oportunidade de realizar o procedimento no laboratório, antes de iniciar a cirurgia clínica. Embora alguns membros da comunidade médica se ressentissem da atenção que a operação bebê azul trouxera a esses dois pioneiros, o procedimento solidificou o lugar de ambos, Blalock e Taussig, na história.

Thomas passou a contribuir com muitas outras investigações. Ele clama a responsabilidade pela primeira abordagem cirúrgica de transposição das grandes artérias, realizando a primeira septectomia atrial. Dr C. Rollins Hanlon modificou a abordagem de Thomas e publicou o artigo “Transposição Completa da Aorta e da Arteria pulmonar: Observações Experimentais sobre Derivações Venosas como Procedimentos Corretivos” com Blalock, mas sem Thomas como coautor. Denton Cooley, estagiário no primeiro caso do bebê azul, disse que ele sempre considerou a septectomia atrial um procedimento de Thomas. Thomas também contribuiu para o desenvolvimento da desfibrilação elétrica com William Kouwenhoven.

Alfred Blalock publicou cerca de 300 artigos médicos durante sua carreira. Vivien Thomas trabalhou com Blalock de 1930 até 1964, quando Blalock se aposentou. Seu nome aparece em menos de dez artigos de Blalock. Mais tarde, em sua vida, Blalock lamentou a alguns de seus primeiros residentes por não ter ajudado Thomas a entrar para a escola médica. Blalock destacou a importância de Thomas no seu trabalho em 1960. Falando ao Instituto Nacional de Saúde sobre os importantes indivíduos no desenvolvimento da cirurgia cardíaca, ele nomeou apenas dois não médicos, Leon Schlossberg, o ilustrador da Universidade Johns Hopkins, e Thomas. Como Hanlon disse, “ambos Blalock e Thomas beneficiaram-se nessa relação”.

Na preparação de sua autobiografia, Thomas levou em consideração uma vasta correspondência com o primeiro chefe residente de Blalock no Hopkins, Dr. Mark Ravitch. Thomas não demonstrou qualquer indício de pesar pela atenção recebida de Blalock, nem pela frustração de seus sonhos juvenis. Ironicamente, foi precisamente a frustração dos sonhos de Thomas que lhe permitiram a oportunidade de demonstrar seu brilhantismo e criar a história médica. Da mesma forma, foi o entendimento de Blalock em relação aos talentos de Thomas e sua falta de vontade em ajudá-lo a alcançar seus sonhos pessoais, que o ajudaram a estabelecer seu próprio sucesso. Finalmente, Vivien Thomas contribuiu intensamente tanto com a base científica, quanto com a técnica cirúrgica na derivação Blalock-Taussig. Foi a sua capacidade de colaborar que resultou em uma produção tão longa. Como o Dr. Alan Woods, outros residentes de Blalock disseram: “Era extremamente difícil dizer se o Dr. Blalock teve a ideia original para uma determinada técnica ou se foi uma ideia de Vivien Thomas, pois eles trabalhavam muito bem juntos”.

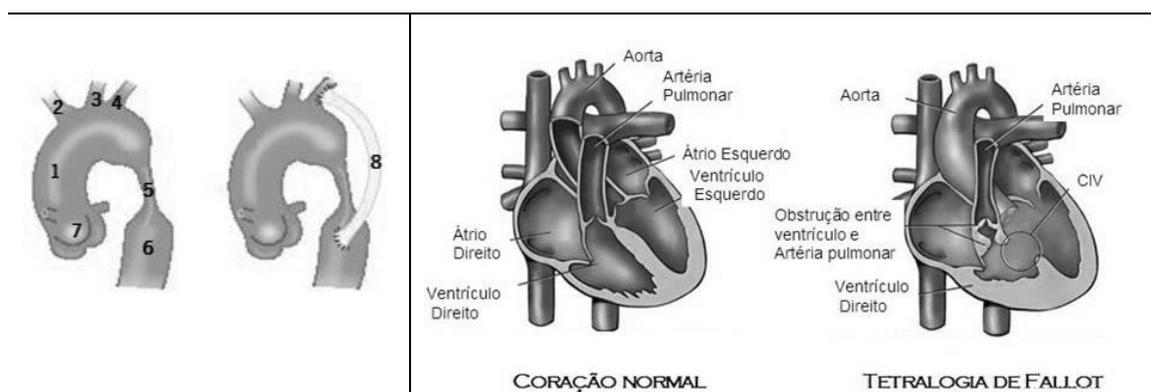
Era comum, na década de 1940, que os autores publicassem artigos com apenas um ou dois nomes. Essa prática começou a se alterar apenas em 1950. Pelos padrões de hoje, a contribuição de Thomas iria atender a qualquer dos critérios mais rigorosos para a autoria. Thomas era um contribuinte intelectual ativo, mantinha meticulosas anotações de laboratório, e, muitas vezes, operava sozinho. Crianças com lesões congênitas cardíacas, cirurgiões cardíacos e cardiologistas se beneficiaram de suas contribuições. É um descuido histórico que o seu nome não seja amplamente conhecido. Assim, torna-se dever de pesquisadores e médicos, de hoje, garantir o lugar de Thomas no panteão dos contribuintes para o desenvolvimento da cirurgia cardíaca pediátrica. O próprio Blalock não iria prosseguir com a operação do bebê azul sem a presença de Thomas. Seria impraticável alterar o nome da derivação Blalock-Taussig, no entanto, neste momento, todos os esforços devem ser feitos para incluir o nome de Thomas sempre que o procedimento é descrito. Como pesquisadores e professores, devemos tomar nossas pistas dos membros da equipe que tratou Eileen Saxon – naquele dia frio de Novembro há quase 60 anos atrás – que não poderiam prosseguir sem Vivien Thomas.

## Referência bibliográfica

BROGAN, Thomas & GEORGE, Alfieris (2003). Has the time come to rename the Blalock-Taussig shunt?. *Pediatric Critical Care Medicine*, 4, 450–453.

## NOTAS NOSSAS:

1. Tradução de Gabriel Ribeiro.
2. O choque traumático é causado, normalmente, por uma hemorragia decorrente de um traumatismo corporal. Essa condição leva a uma inadequação generalizada do fluxo sanguíneo por todo o corpo e, conseqüentemente, a lesões teciduais.
3. O canal arterial ou ducto arterial é uma pequena artéria que conecta a artéria pulmonar à artéria aorta, no período fetal. Esse canal permite que quase todo o sangue flua da artéria pulmonar para a aorta, evitando os pulmões, pois o sangue do feto é oxigenado na placenta da mãe. Após o nascimento, em algumas horas ou dias, ocorre o fechamento desse canal. O canal arterial de algumas crianças não fecha, condição denominada persistência do canal arterial.
4. A Faculdade de Medicina de Harvard não concedeu acesso às mulheres até 1945. A Universidade Johns Hopkins foi a primeira Faculdade de Medicina a inscrever mulheres no corpo estudantil de medicina.
5. Na imagem abaixo (à esquerda), é possível observar uma representação da coarctação da artéria aorta (5) e o desvio com enxerto sintético (8), utilizado atualmente, da artéria subclávia esquerda (4) para a artéria aorta torácica (6). Este procedimento é realizado para restaurar o fluxo sanguíneo na artéria aorta. Os outros números correspondem a: (1) arco da aorta, (2) tronco braquiocéfálico, (3) artéria carótida comum esquerda e (7) valva aórtica.



6. A tetralogia de Fallot (imagem acima e à direita) é caracterizada por quatro alterações morfológicas: (a) origem da artéria aorta no septo interventricular ou no ventrículo direito; (2) obstrução da artéria pulmonar; (3) comunicação interventricular – CIV; e (4) hipertrofia do ventrículo direito.
7. Quantidade de sangue bombeada pelo ventrículo esquerdo para a aorta a cada minuto.

### Referência bibliográfica das notas 2), 3), 6) e 7)

HALL, John (2012). *Fundamentos de Guyton e Hall fisiologia*. Rio de Janeiro: Elsevier.

### Referência bibliográfica da nota 4)

VRICELLA, Luca; JACOBS, Marshall & CAMERON, Duke (2013). The birth of a new era: the introduction of the systemic-to-pulmonary artery shunt for the treatment of cyanotic congenital heart disease?. *Cardiology in the Young*, 23, 852–857.

### Referência bibliográfica da nota 5)

KRASUSKI, Richard (2008). Congenital Heart Disease in the Adult. *Cleveland Cardiac Clinic: Center for Continuing Education*. Recuperado em 15 de Fevereiro de 2015, de <http://www.clevelandclinicmeded.com/medicalpubs/diseasemanagement/cardiology/congenital-heart-disease-in-the-adult/Default.htm>

**OBSERVAÇÃO** - foram subtraídos os números das citações ao longo do texto e as referências bibliográficas ao final. Ainda, foram acrescentados comentários, entre parênteses, para facilitar a compreensão do texto.

**PARTE 1: FONTE BIBLIOGRÁFICA**

1. Registrem os seguintes dados que identificam o artigo científico em análise:

	Dados do Artigo Científico
<b>Autores</b>	
<b>Título Original</b>	
<b>Título em Português</b>	
<b>Título da Revista</b>	
<b>Ano de Publicação</b>	

2. Explicitem o que os autores do artigo científico pretendiam com o título escolhido.

---

---

---

---

---

---

---

2.1. Discutam a sua resposta com os seus colegas e o seu professor e registrem uma resposta consensualizada no grupo turma.

---

---

---

---

---

---

---



## PARTE 2: DERIVAÇÃO BLALOCK-TAUSSIG

1. Registrem os dados que identificam as personalidades históricas envolvidas na elaboração do procedimento cirúrgico, denominado derivação Blalock-Taussig, preenchendo o seguinte quadro.

PERSONALIDADE	FORMAÇÃO ACADÊMICA	TAREFAS PROFISSIONAIS	DIFICULDADES PESSOAIS ENCONTRADAS AO LONGO DA VIDA

2. Seleccionem dados do texto que mostrem a construção do conhecimento científico como um processo condicionado por:

a) fatores científicos

---

---

---

---

---

b) fatores econômicos

---

---

---

---

---

c) fatores sociais

---

---

---

---

---

3. Expliquem a relevância da descoberta de Thomas, Blalock e Taussig para a época.

---

---

---

---

---

---

---

4. Por que os bebês que nascem com a tetralogia de Fallot desenvolvem cianose?

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Quais são as modificações anatômicas efetuadas no procedimento cirúrgico denominado derivação Blalock-Taussig?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5.1 Por que este procedimento cirúrgico auxilia no tratamento de pacientes com a tetralogia de Fallot?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5.2 Como surgiu a ideia para a realização da derivação Blalock-Taussig?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Para o desenvolvimento de um modelo experimental da tetralogia de Fallot, Blalock solicitou a Thomas a realização de uma comunicação entre a artéria pulmonar direita e a veia pulmonar direita. Do ponto de vista morfofuncional, qual era a intenção de Blalock?

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Discutam as vossas respostas com os seus colegas e o seu professor e registrem as alterações necessárias face à resposta consensualizada no grupo turma.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**PARTE 3: REFLEXÃO (INDIVIDUAL)**

a) Explique o modo como este texto contribui para a:

a.1) (re)construção de uma imagem acerca de quem são os cidadãos (cientistas) envolvidos na criação/investigação científica.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

a.2) compreensão dos fatores que influenciam na atividade de investigação.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

b) Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem.

---

---

---

---

---

---

---

---

c) Indique as vantagens para a sua aprendizagem da exploração deste tipo de textos, focalizados na vida e obra dos cientistas.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROGAN, Thomas & GEORGE, Alfieris (2003). Has the time come to rename the Blalock-Taussig shunt?. *Pediatric Critical Care Medicine*, 4, 450–453.
- HALL, John (2012). *Fundamentos de Guyton e Hall fisiologia*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- KRASUSKI, Richard (2008). *Congenital Heart Disease in the Adult. Cleveland Cardiac Clinic: Center for Continuing Education*. Recuperado em 15 de Fevereiro de 2015, de <http://www.clevelandclinicmeded.com/medicalpubs/diseasemanagement/cardiology/congenital-heart-disease-in-the-adult/Default.htm>
- SANTOS, Walter; PEREIRA, Salomé; CAMACHO, Ana; MARQUES, Vasco; MATOS, Pedro & GOMES, Veloso (2009). Um Caso Raro de Longevidade da Tetralogia de Fallot. *Rev Port Cardiol*, 28, 473-477.
- VRICELLA, Luca; JACOBS, Marshall & CAMERON, Duke (2013). The birth of a new era: the introduction of the systemic- to-pulmonary artery shunt for the treatment of cyanotic congenital heart disease?. *Cardiology in the Young*, 23, 852–857.



## ANEXO 10

### Atividade de Aprendizagem

Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew



Atividade de Aprendizagem

**INTERPRETAÇÃO DE UM TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A BIOGRAFIA DE CHARLES RICHARD DREW**

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

### INTRODUÇÃO

A presente atividade de aprendizagem está orientada para a consecução dos seguintes objetivos de aprendizagem:

- (Re)construir conhecimentos sobre transfusão sanguínea;
- (Re)construir visões sobre Natureza da Ciência.

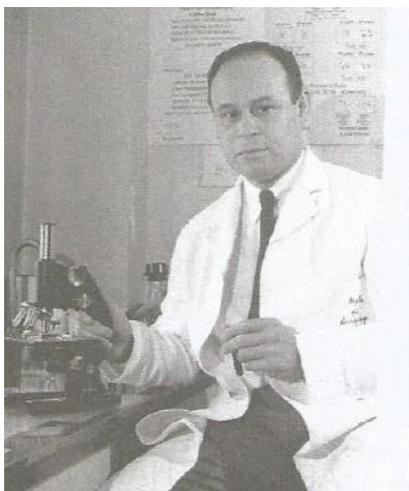
Esta atividade consiste na interpretação de um texto sobre o cientista *Charles Richard Drew*. Esse texto constitui um capítulo de um livro sobre um grupo de cientistas negros de várias áreas do conhecimento como, por exemplo, Lloyd Hall (1894-1971), que se destacou pelos seus trabalhos no âmbito da conservação de alimentos, William Hinton (1883-1959), que desenvolveu o teste de detecção da sífilis, conhecido por «Hinton test for syphilis», Jane Cooke Wright (1919- ), cuja investigação incide no tratamento do cancro através da quimioterapia, Patricia Bath (1949- ), que desenvolveu uma técnica de operação a laser das cataratas, conhecida por «Laserphaco Probe», Arnold Hamilton Maloney (1885-1955), que descobriu antídotos. São referidos ainda outros cientistas no âmbito da Biologia, da Física, da Eletricidade/Eletrônica, da Tecnologia, da Psicologia e das Ciências Sociais. O autor salienta a relevância do livro, afirmando na Introdução:

*“Ao escrever esta obra, quisemos, ao mesmo tempo, perpetuar a memória de alguns inventores e cientistas, restabelecer uma certa verdade, e fazer uma certa justiça.” (2014: 17)*

A atividade de aprendizagem está estruturada em quatro partes. Inclui, para além dessa introdução, uma primeira parte que incide na análise da fonte bibliográfica aqui mobilizada, uma segunda parte que se focaliza na interpretação da vida e obra de Charles Drew e uma última parte focalizada na reflexão individual sobre a atividade realizada. Cada parte será disponibilizada apenas após a realização e discussão no grupo turma da parte anterior. O período de resolução previsto é o seguinte: 30 minutos para a parte 1; 75 minutos para a parte 2; e 30 minutos para a parte 3. As partes 1 e 2 são resolvidas em grupo.

## CHARLES RICHARD DREW

### CAPÍTULO DE UM LIVRO\*



“Apesar de suas capacidades notáveis como atleta, Charles R. [Richard] Drew fez uma carreira melhor no âmbito da medicina.

Nascido no gueto, em Washington D.C., Charles R. Drew [1904-1950] era o mais velho de uma família de cinco filhos. O seu pai era estofador e a sua mãe professora. A precária situação econômica da família pressionou Drew, que tinha, então, doze anos, a ajudar os pais vendendo jornais. Ele terminou seus estudos na Stevens Elementary School, em 1918, e se graduou na Dunbar High School, em 1922. Nesse mesmo ano, ingressou no Amherst College, onde se destacou notavelmente no futebol americano. Ele se tornou a estrela de sua equipe e lhe entregaram o troféu Howard Hill Mossman, que recompensa os esforços daqueles que obtiveram os melhores resultados no atletismo, de todo o centro. Mas, Drew sonhava com outra coisa: queria ser médico.

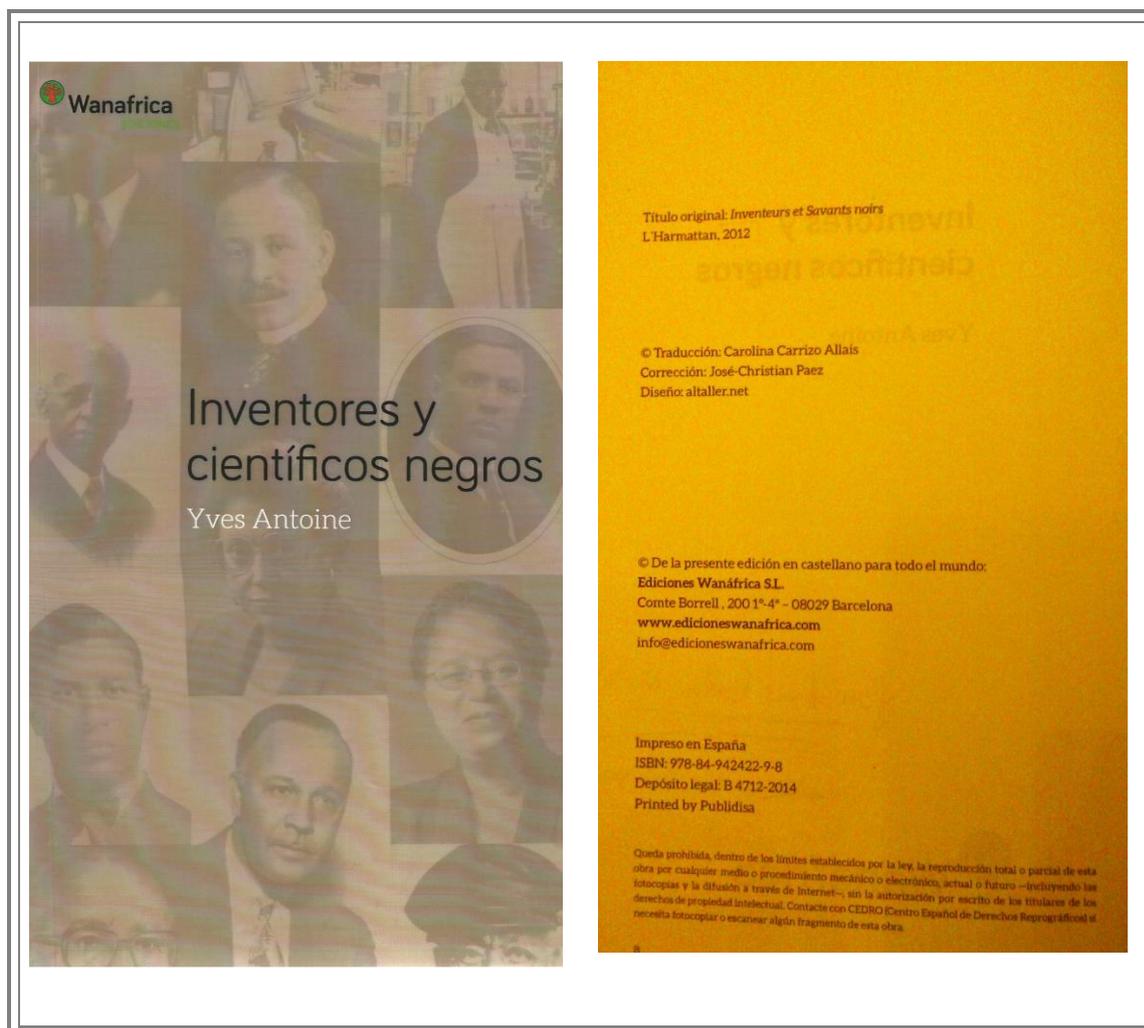
Recém-saído do Amherst College, trabalhou durante dois anos (1926-1928) no Morgan State College como diretor de atletismo e professor de biologia. Depois de não ter sido admitido pela escola de medicina da Howard University, foi aceito pela Universidade McGill de Montreal. Não demorou a chamar a atenção. Seu professor de anatomia, M. John Beattie, despertou seu interesse pelo problema da transfusão sanguínea. Mas, ao término de três anos, Charles R. Drew começou a ter problemas financeiros. Com a ajuda de uma bolsa de estudos da Julius Rosenwald Foundation, ele conseguiu terminar seus estudos. Ele foi o segundo em uma classe de cento e trinta e sete estudantes e passou um ano como interno no Hospital Geral em Montreal (Quebec). Durante sua estadia em Montreal, seguiu colaborando com o professor britânico John Beattie. Em 1935, voltou para a escola de medicina da Universidade de Howard para ensinar patologia. Em 1940, obteve seu doutorado em Medicina na Universidade de Columbia. Sua tese se intitula: “Bancos de Sangue: um Estudo na Preservação do Sangue”. O Dr. Scudder, um especialista sobre o assunto, descreve esse estudo como «um trabalho monumental e um guia para a criação de bancos de sangue<sup>1</sup>». Também temos de reconhecer que se Charles R. Drew conseguiu levar adiante suas investigações sobre o sangue, foi graças a uma bolsa concedida pelo Conselho Geral de Educação da Fundação Rockefeller.

Para melhor realçar a importância da contribuição do Dr. Charles R. Drew ao avanço da pesquisa sobre o sangue, convém estabelecer, aproximadamente, qual era o estado, naquela época, dos conhecimentos nesse âmbito. Na primeira metade do século XX, a ciência, apesar de seus enormes progressos, não tinha conseguido revelar todos os segredos deste precioso líquido que é o sangue. Por exemplo, o Dr. Alexis Carrel, Prêmio Nobel de 1912 e autor de *O Homem, esse desconhecido*, lançou as bases dos estudos posteriores sobre o transplante de vasos sanguíneos e órgãos. Também sabemos que o austríaco Karl Landsteiner<sup>2</sup>, prêmio Nobel de Medicina de 1930, mais conhecido como “o pai da imunologia sanguínea”, havia estabelecido os grupos O, A, B e AB. Essa descoberta tornou possível a realização de transfusões de sangue. Mas, um dos principais problemas que se colocava era a conservação desse líquido que, fora do corpo, se deteriora rapidamente. Drew concentrou toda a sua atenção nos fatores físicos, químicos ou biológicos, que poderiam provocar alteração no sangue. Deu-se conta de que o plasma sanguíneo se prestava muito mais ao armazenamento. Entende-se por plasma a parte líquida do sangue livre de células. A vantagem apresentada pelo uso de plasma era que isso resolvia o problema de incompatibilidade, ou dito de outra forma, já não era necessário levar em consideração, ao mesmo tempo, o grupo sanguíneo do doador e do receptor. A importância da descoberta de Drew é dada pela urgente necessidade de transfusões sanguíneas, devido à II Guerra Mundial. Os principais países beligerantes (França, Reino Unido, Estados Unidos e Canadá) tinham uma necessidade crucial de sangue. Assim, não só fazia falta transfundir, mas, acima de tudo, preservar o sangue. Em 1940, a Associação de Transfusão de Sangue convocou uma reunião urgente em que

participaram os doutores Alexis Carrel e Karl Landsteiner. Charles R. Drew conseguiu convencer os participantes da importância da escolha do plasma em lugar do sangue para a transfusão. Segundo ele, esse método provou ser mais prático e mais eficaz.

Em 1939, estabeleceu-se, em colaboração com o Dr. Scudder, o banco de sangue do Presbyterian Hospital, em Nova York. Um ano depois, Drew voltou à escola de medicina de Howard, onde ele ensinou cirurgia. Enquanto isso, a Blood Transfusion Association ofereceu sua ajuda à Grã-Bretanha que seguia em guerra. Foi assim que se criou o projeto conhecido como “Sangue para a Grã-Bretanha”. O Dr. John Beattie, diretor de pesquisa nos laboratórios do Real Colégio de Cirurgiões da Inglaterra, solicitou a ajuda de Drew para que este organizasse a expedição do plasma sanguíneo até esse país. O Dr. Charles R. Drew tomou as disposições necessárias para levar a cabo esse projeto que também se uniu à Cruz Vermelha Americana. E foi assim que, no final de 1940, a Grã-Bretanha se encontrava em posição de poder gerir seus próprios bancos de sangue. Mais tarde, a Cruz Vermelha Americana decidiu elaborar um programa nacional de coleta de sangue reservado às forças armadas americanas. O diretor não foi outro senão Charles R. Drew. Tudo ia bem até que os velhos demônios da discriminação racial voltassem a aparecer: as forças armadas informaram à Cruz Vermelha Americana que o sangue de “gente de cor” não seria aceito. Aquilo indignou profundamente o Dr. Charles R. Drew e incitou o periódico de Chicago, *Defender* (de 26 de setembro de 1942), a escrever: «Rejeitam o sangue negro, mas, quando os terríveis ataques aéreos sobre Londres, em setembro de 1940, mataram e feriram milhões de pessoas, se fez um lamento urgente à América para que doasse plasma sanguíneo. E foi a um cirurgião negro americano que os médicos britânicos se dirigiram para solicitar o envio do plasma sanguíneo dos Estados Unidos». O mesmo periódico prossegue: «Não aceitam o sangue negro, mas, quando os japoneses bombardearam Pearl Harbor e mutilaram centenas de soldados e marinheiros americanos, o sangue que salvou a vida desses últimos foi coletado por um cirurgião negro». Essa apreensão em relação ao “sangue negro” se explica, em grande medida, pela ignorância e os mitos geralmente associados a ele. A ciência nos ensina que, para além dos problemas de incompatibilidade, pode-se transfundir o sangue de um indivíduo de uma determinada raça a um indivíduo de outra raça. No entanto, na época de Charles R. Drew, se acreditava erroneamente que o sangue de uma pessoa de raça negra continha seus traços de personalidade e que podia, inclusive, até mesmo alterar a cor da pele de uma pessoa transfundida de raça branca. Encontrávamo-nos, naquele momento, na primeira metade do século XX, em pleno conflito global. Recordemos que é o momento em que Adolf Hitler, em seu livro *Mein Kampf*, reivindica o mito do sangue para criar uma nova ordem: «O mesmo sangue pertence ao mesmo império». O fato da palavra «sangue» ser aqui usada em sentido metafórico não muda nada. O importante é que sirva como critério de seleção.

Outros acontecimentos nefastos do mesmo tipo que acabamos de evocar irritaram enormemente Drew, mas não o impediram de ter uma brilhante carreira médica e científica. Todas as amostras do reconhecimento que lhe têm sido dedicadas são prova, mais que suficiente, disso. Várias escolas de Washington, DC, Wilmington, Delaware, Arlington, em Virginia, na Flórida e em Indiana, levam o seu nome. Em 1944, Charles R. Drew recebeu a Medalha Spingarn da National Association of Colored People (NAACP) por seu trabalho sobre o plasma sanguíneo. Também lhe entregaram o prêmio E.S. Jones por seu trabalho de investigação em medicina. A State College Virginia lhe outorgou, em 1945, um doutorado honorário em Ciência, assim como o Amherst College. Em 1946, Dr. Charles R. Drew foi nomeado membro do Colégio Internacional de Cirurgiões. Em setembro de 1968, o Charles R. Drew Neighborhood Health Center começou a funcionar no bairro Bedford-Stuyvesant do Brooklyn, no estado de Nova York. Um centro Médico da Califórnia leva o nome de Charles R. Drew. Em 1977, a sede da Cruz Vermelha Americana em Washington D.C. passou a chamar-se Charles R. Drew Blood Center. O Dr. Drew morreu em 1950, em consequência de uma hemorragia causada por um acidente de viação. Alguns dizem que poderiam ter salvado sua vida se o hospital, reservado aos brancos, tivesse aceitado curá-lo.” (pp. 89-93)



#### NOTAS DO AUTOR:

1. Louis Harber, *Black Pioneers of Science and Invention*, New York, Ed. Harcourt Brace Jovanovich, 1970, p. 32.
2. Ibid, p. 237
3. Ibid, p. 238
4. Citado por Pierre Paraf en *Le racisme dans le monde*, Paris, Ed. Payot, 1964, p. 41-42.

#### NOTAS NOSSAS:

- a. Tradução de Gabriel Ribeiro
- b. A primeira transfusão de sangue com êxito e documentada foi efetuada pelo obstetra inglês James Blundel (1791-1878), em 1829. Rapidamente se apercebeu que muitas transfusões causavam lesões renais e a morte. Karl Landsteiner (1868-1943), por volta de 1900, descobriu os grupos sanguíneos e que a transfusão de sangue entre pessoas do mesmo grupo poderia ser segura.
- c. A Cruz Vermelha Americana foi fundada em 1881 pela enfermeira norte-americana Clara Barton (1821-1912). É na atualidade o maior fornecedor de sangue aos hospitais do país.

#### Referência bibliográfica das notas b) e c)

PICKOVER, Clifford (2013). *El libro de la medicina. De los médicos brujos a los robots cirujanos. 250 hitos en la historia de la medicina*. Madrid: Librero.

**PARTE 1: FONTE BIBLIOGRÁFICA**

1. Registrem os seguintes dados que identificam a fonte bibliográfica do texto (capítulo) em análise:

Livro	Edição Atual	Edição Original
<b>Autor</b>		
<b>Título</b>		
<b>Data de Edição</b>		
<b>Cidade: Editora</b>		

2. Explicitem a dimensão da Ciência colocada em evidência pelo título e pela figura que compõem a capa do livro.

---

---

---

---

---

2.1. Discutam a sua resposta com os seus colegas e o seu professor e registrem uma resposta consensualizada no grupo turma.

---

---

---

---

---

---

---



**PARTE 2: CHARLES RICHARD DREW**

1. Registrem os dados que identificam Charles Drew:

a) Nacionalidade - \_\_\_\_\_

b) Formação acadêmica - \_\_\_\_\_

c) Período da atividade científica - \_\_\_\_\_

d) Tarefas profissionais - \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

e) Outras características - \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Refiram o fator que despoletou o progresso da Ciência, ilustrado pelo conhecimento científico produzido por Charles Drew.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Seleccionem dados do texto que mostrem a construção do conhecimento científico como um processo condicionado por:

a) fatores científicos;

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) fatores econômicos.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Expliquem a relevância da descoberta de Charles Drew para a época e para a atualidade.

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Expliquem o modo como as crenças da época influenciaram a aceitação da descoberta de Charles Drew por determinado setor da sociedade.

---

---

---

---

---

---

---

---

5.1. Como se poderá explicar que essas crenças não tenham interferido na carreira de Charles Drew, conforme é sugerido no texto?

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Como explicam a situação expressa pelo autor do livro - *Yves Antoine* - na problematização que faz na Introdução, a seguir transcrita?

*“De facto, quem não ouviu já falar de Muhammad Ali (Cassius Clay), de Harry Belafonte, de Nelson Mandela ou de Pelé? Contudo, alguém sabe quem foi o negro americano Garret A. Morgan que inventou os semáforos?” (2014: 14)*

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Proponham um título para o capítulo do livro sobre Charles Drew.

---

---

8. Discutam as suas respostas com os seus colegas e o seu professor e registrem as alterações necessárias face à resposta consensualizada no grupo turma.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**PARTE 3: REFLEXÃO (INDIVIDUAL)**

a) Explique o modo como esse texto contribui para a:

a.1) (re)construção de uma imagem acerca de quem são os cidadãos (cientistas) envolvidos na criação/investigação científica;

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

a.2) compreensão do processo de criação científica.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

b) Indique as dificuldades que sentiu na realização desta atividade de aprendizagem.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

c) Indique as vantagens, para a sua aprendizagem, da exploração deste tipo de textos focalizados na vida e obra dos cientistas.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTOINE, Yves (2014). *Inventores y científicos negros*. Barcelona: Ediciones Wanáfrica.

PICKOVER, Clifford (2013). *El libro de la medicina. De los médicos brujos a los robots cirujanos. 250 hitos en la historia de la medicina*. Madrid: Librero.

## ANEXO 11

### Atividade de Aprendizagem

#### Síntese



Atividade de Aprendizagem

**SÍNTESE**

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

**INTRODUÇÃO**

A presente atividade de aprendizagem está orientada para a consecução dos seguintes objetivos de aprendizagem:

- (Re)construir conhecimentos sobre morfofunção do sistema circulatório humano;
- (Re)construir conhecimentos sobre Natureza da Ciência.

Esta atividade consiste na síntese dos elementos estudados nas seguintes atividades de aprendizagem sobre o sistema circulatório humano, focalizadas na exploração da História da Ciência:

- (1) Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue;
- (2) Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação;
- (3) Interpretação de um texto original de William Harvey;
- (4) Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey;
- (5) Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero;
- (6) Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig;
- (7) Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew.

Pretende-se que a presente atividade contribua com a organização das ideias discutidas durante essa intervenção pedagógica, focalizada no conhecimento científico sobre sistema circulatório humano e no conhecimento sobre Natureza da Ciência. Nesse sentido, esta atividade foi composta por duas partes, descritas a seguir:

Parte 1. Conhecimento científico sobre sistema circulatório humano:

- a) O conteúdo sistema circulatório faz parte dos temas discutidos na disciplina Anatomia Humana. Nesta intervenção pedagógica, optei por desenvolver esse conteúdo a partir de elementos da História da Ciência. O que vocês aprenderam acerca da morfofunção (estrutura e função) do sistema circulatório humano, a partir da abordagem histórica?
- Respondam a essa questão de forma textual e, quando julgarem necessário, elaborem desenhos que possam contribuir com a resposta.

Parte 2. Conhecimento sobre a natureza da ciência:

- a) O que vocês aprenderam sobre Natureza da Ciência nesta intervenção pedagógica?
- Respondam a essa questão apresentando as concepções sobre Natureza da Ciência (re)construídas a partir desta intervenção pedagógica. Sempre que possível, utilizem exemplos, extraídos das atividades de aprendizagem, que representem essas concepções.

As questões deverão ser respondidas em folhas de papel A4 fornecidas pelo seu professor. O período de resolução previsto é o seguinte: 120 minutos para responder às questões no seio do pequeno grupo; e 60 minutos para a discussão no grupo turma. Durante a etapa de discussão, registrem as alterações necessárias face à resposta consensualizada no grupo turma.

## ANEXO 12

### Atividade de Aprendizagem

As minhas ideias sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência, ao final da intervenção pedagógica



Atividade de Aprendizagem

**AS MINHAS IDEIAS SOBRE MORFOFUNÇÃO DO SISTEMA CIRCULATORIO HUMANO E NATUREZA DA CIÊNCIA, AO FINAL DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**OBJETIVO DE APRENDIZAGEM**

- Tomar consciência sobre o próprio processo de aprendizagem.

**INTRODUÇÃO**

O objetivo de uma atividade de reflexão é possibilitar que você perceba o que já sabe (e se sabe bem), além de identificar quais são os problemas que precisa superar. Assim, as questões abaixo foram elaboradas para ajudá-lo(a) nesse processo de tomada de consciência. Esta atividade trata-se de uma reflexão sobre a atividade de aprendizagem “As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência”. Portanto, você receberá essa atividade, da forma que a preencheu, para que possa refletir sobre a mesma. O fato de ter deixado alguma questão sem resposta não inviabiliza a possibilidade de realizar a presente atividade de reflexão.

Esta atividade reflexiva foi dividida em duas partes. Na primeira parte da atividade, você responderá a questões relacionadas à morfofunção do sistema circulatório humano, em um período de 90 minutos. Na segunda parte da atividade você responderá a questões relacionadas à Natureza da Ciência e terá 135 minutos para respondê-las.

**PARTE 1: QUESTÕES RELACIONADAS À MORFOFUNÇÃO DO SISTEMA CIRCULATORIO HUMANO**

1. Que alterações você introduziria no caminho percorrido pela gota de sangue, desenhado na questão 1?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1.1 Ainda com relação à questão 1, cite que alterações você introduziria no texto que escreveu.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Quais aspectos da anatomia interna do coração não estavam presentes no seu desenho inicial do coração?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2.1 Que modificações você efetuará no traçado das setas que representam o sentido da circulação do sangue, no interior do coração?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Que alterações você introduziria na resposta da questão 3?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**PARTE 2: QUESTÕES RELACIONADAS À NATUREZA DA CIÊNCIA**

Com relação às questões 4 a 10 da atividade “As minhas ideias iniciais sobre morfofunção do sistema circulatório humano e Natureza da Ciência”, descreva que mudanças ocorreram na forma como inicialmente pensava sobre cada questão.

4.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5.

---

---

---

---

---

---

---

---

6.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

7.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

8.

---

---

---

---

---

---

---

---

9.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

10.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

11. Cite quais questões você ainda tem dificuldades para responder e explicita as razões.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## ANEXO 13

### A Experimentação de Papéis nos Trabalhos de Grupo



### A EXPERIMENTAÇÃO DE PAPÉIS NOS TRABALHOS DE GRUPO

#### INTRODUÇÃO



As atividades de aprendizagem que vocês realizarão durante a intervenção pedagógica sobre o *sistema circulatório humano* serão desenvolvidas em grupos de trabalho. Nesses grupos de trabalho, compostos por *quatro* ou *cinco* estudantes, cada colega assumirá um diferente papel em cada uma das atividades de aprendizagem. Esta divisão de papéis tem o objetivo de favorecer o desenvolvimento da vossa aprendizagem. Nesta perspectiva, segue abaixo uma descrição dos cinco possíveis papéis a serem assumidos pelos membros do grupo de trabalho:

- a) *O que gere o tempo, os recursos e os ruídos* prevê o tempo para a concretização de cada etapa da tarefa; controla os prazos a cumprir e conseqüentemente o tempo para a realização das tarefas; faz a gestão de todo o material analisado e produzido; controla o ruído no grupo.
- b) *O que coordena o grupo* coordena as diferentes atividades, bem como a diversidade de opiniões presentes
- c) *O que recolhe a informação* recolhe o material necessário de apoio à realização da tarefa e pede esclarecimentos (ao professor) sobre eles para a sua melhor compreensão. Portanto, estabelece o diálogo entre o pequeno grupo e o professor.
- d) *Encorajador* estimula e encoraja a intervenção de todos os elementos, promovendo assim a sua integração no grupo. Ademais, representa o grupo na discussão no grupo turma.
- e) *Registador/Anotador* funciona como memória do grupo, isto é, anota as sugestões fornecidas pelos elementos e registra as discussões e as principais decisões tomadas.

## OPERACIONALIZAÇÃO

O quadro abaixo deverá ser gradativamente preenchido, de acordo com as tarefas de aprendizagem que irão realizar. Nos espaços em branco, na porção superior, vocês irão escrever o título da atividade de aprendizagem. Nos espaços em branco, na porção inferior, vocês irão colocar o nome do aluno do grupo que irá realizar determinado papel, nas atividades de aprendizagem. Os papéis desempenhados por cada membro do grupo não devem ser repetidos, nas diferentes atividades de aprendizagem.

PAPÉIS NO GRUPO	ATIVIDADE DE APRENDIZAGEM						
	ALUNOS						
O que gere o tempo, os recursos e os ruídos							
O que coordena o grupo							
O que recolhe a informação							
Encorajador							
Registrador/ Anotador							

Em cada momento explicitem:

- as razões que presidiram à atribuição de cada um dos papéis aos respectivos alunos;
- o modo como chegaram a um consenso na distribuição dos papéis.

### Referência bibliográfica

SALAZAR, Joana (2012). *As Competências de Cooperação na Aprendizagem da Biologia: um estudo de caso na temática Morfofisiologia do sistema respiratório*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Braga: Universidade do Minho.

Título da Atividade: \_\_\_\_\_

Registrem abaixo:

- a) as razões que presidiram à atribuição de cada um dos papéis aos respectivos alunos;

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- b) o modo como chegaram a um consenso na distribuição dos papéis.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## ANEXO 14

### Guião da Entrevista dos Grupos Focais



**GUIÃO DA ENTREVISTA DOS GRUPOS FOCAIS**

**Esclarecimentos anteriores à entrevista**

O grupo focal é uma forma de entrevista com grupos baseada na comunicação e interação entre os participantes. A principal finalidade dessa estratégia é recolher informações detalhadas sobre um tópico específico (nesse caso, a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório humano), a partir de um grupo de participantes selecionados. A proposta é que essa entrevista possibilite a vocês expressar, também, aspectos que não puderam ser mencionados durante outras etapas desta pesquisa.

A seleção deste grupo de cinco pessoas foi intencional, e considerou a participação de vocês em cada um dos grupos de trabalho na sala de aula. O áudio dessa entrevista será gravado para posterior transcrição.

As questões centrais desse grupo focal serão: (1) impressões gerais sobre a intervenção pedagógica; (2) fatores que facilitaram e dificultaram a aprendizagem da morfofunção do sistema circulatório humano; (3) compreensão de aspectos relacionados à Natureza da Ciência; (4) compreensão de aspectos relacionados à morfofunção do sistema circulatório humano; (5) elementos ainda não questionados.

Durante o desenvolvimento do nosso grupo focal, deveremos considerar algumas regras básicas: (1) falar uma pessoa de cada vez; (2) evitar discussões paralelas para que todos possam participar; (3) dizer livremente o que pensa; (4) evitar o domínio da discussão por parte de um dos integrantes; (5) manter a atenção e o discurso na temática em questão.

**Roteiro da entrevista**

1. De forma geral, qual é opinião de vocês sobre a intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório?

2. A utilização da história do sistema circulatório facilitou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?
3. A utilização da história do sistema circulatório dificultou a aprendizagem da anatomia humana? Por quê?
4. O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência? Quais?
5. O emprego da história do sistema circulatório contribuiu na compreensão sobre aspectos da morfofunção do sistema circulatório humano? De que forma?
6. O que você gostaria de falar sobre a intervenção pedagógica referente ao sistema circulatório humano e que não foi perguntado?

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- GONDIM, Sônia Maria (2002). Perfil profissional e mercado de trabalho: relação com formação acadêmica pela perspectiva de estudantes universitários. *Estud. Psicologia*, 7, 299-309.
- TRAD, Leny (2009). Grupos focais: conceitos, procedimentos e reflexões baseadas em experiências com o uso da técnica em pesquisas de saúde. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 19, 777-796.

## ANEXO 15

### Questionário Final de Avaliação Global



**QUESTIONÁRIO FINAL DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_

Nas últimas aulas, você participou de sete atividades de aprendizagem focalizadas na exploração da História da Ciência:

- (1) Interpretação de fragmentos da História da Ciência sobre artérias, veias e produção de sangue;
- (2) Interpretação de fragmentos da História da Ciência: coração e pequena circulação;
- (3) Interpretação de um texto original de William Harvey;
- (4) Reconstrução de um experimento histórico de William Harvey;
- (5) Interpretação de um artigo científico sobre a vida e obra de Giulio Bizzozero;
- (6) Interpretação de um artigo científico sobre a Derivação Blalock-Taussig;
- (7) Interpretação de um texto de divulgação científica sobre a biografia de Charles Richard Drew.

Recorde o que fez e aprendeu nessas atividades e responda com atenção às seguintes questões.

1. Qual foi a atividade que mais gostou? Justifique a sua resposta.

---

---

---

---

---

---

2. Qual foi a atividade que menos gostou? Justifique a sua resposta.

---

---

---

---

---

---

3. Gostou de trabalhar com materiais voltados à História da Ciência? Por quê?

---

---

---

---

---

---

4. Em que medida você acha que as atividades ajudaram no desenvolvimento de sua aprendizagem sobre...

	Nenhum	Algum	Muito	Bastante
a morfofunção do coração	( )	( )	( )	( )
a morfofunção dos vasos sanguíneos	( )	( )	( )	( )
a pequena e a grande circulação	( )	( )	( )	( )
a produção de sangue no organismo	( )	( )	( )	( )
a imagem dos cientistas	( )	( )	( )	( )
o contexto da atividade científica	( )	( )	( )	( )
o processo de criação científica	( )	( )	( )	( )
a evolução do conhecimento científico	( )	( )	( )	( )

5. Você considera que a utilização da História da Ciência, no ensino do sistema circulatório humano, contribuiu em sua formação como professor de Biologia? Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PINHEIRO, Cláudia Mônica (2012). *As Atividades Experimentais no desenvolvimento da Autonomia do Aluno: Um estudo de caso no 1.º Ciclo do Ensino Básico*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Braga: Universidade do Minho.

## ANEXO 16

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido





Universidade do Minho  
Instituto de Educação

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) têm por finalidade possibilitar, aos sujeitos da pesquisa, o mais amplo esclarecimento sobre a investigação a ser realizada, seus riscos e benefícios, para que a sua manifestação de vontade no sentido de participar (ou não), seja efetivamente livre e consciente.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do RG \_\_\_\_\_, com a idade de \_\_\_\_ anos, \_\_\_\_\_ (estado civil), \_\_\_\_\_ (nacionalidade), exercendo a profissão de \_\_\_\_\_, morador à Rua \_\_\_\_\_, nº \_\_\_\_\_ bairro \_\_\_\_\_, na cidade de \_\_\_\_\_, estou sendo convidado a participar de um estudo denominado HISTÓRIA DA CIÊNCIA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO DA ANATOMIA HUMANA, cujos objetivos e justificativas são:

### OBJETIVOS

- Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre morfofunção do sistema circulatório humano;
- Avaliar o impacto da integração educativa da História da Ciência na (re)construção das concepções dos alunos sobre Natureza da Ciência;
- Identificar as representações dos alunos acerca do valor educativo da integração da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano;

- Identificar constrangimentos na integração educativa da História da Ciência na abordagem da morfofunção do sistema circulatório humano.

## JUSTIFICATIVA

A formação de professores de Ciências, inclusive de Biologia, não pode estar dissociada de discussões referentes à Natureza da Ciência, aspecto defendido por muitos pesquisadores do âmbito do ensino de Ciências e expresso em documentos oficiais, que regulamentam a prática docente. Neste sentido, acredita-se que a compreensão da História da Ciência deveria ser um dos elementos fulcrais no currículo dos cursos de Licenciatura em Biologia, e sua abordagem não deveria ser restrita a disciplinas específicas sobre História e Filosofia da Ciência. Defende-se que a dimensão histórica do conhecimento científico deveria perpassar as várias disciplinas do currículo favorecendo, não apenas a aprendizagem do conteúdo específico, mas também uma melhor compreensão da Natureza da Ciência.

A minha participação no referido estudo será no sentido de: (1) participar das atividades de aprendizagem que compõem a estratégia de intervenção pedagógica sobre o sistema circulatório humano, (2) responder um questionário com perguntas abertas e fechadas referentes à intervenção pedagógica que participei e (3) participar de uma entrevista, denominada grupo focal, realizada em conjunto com outros colegas. Esta entrevista será gravada.

Fui alertada(o) de que, da pesquisa a se realizar, posso esperar alguns benefícios, tais como: o aprofundamento dos conhecimentos sobre o sistema circulatório humano, História da Ciência e Natureza da Ciência, através da participação nas atividades de aprendizagem.

Recebi, por outro lado, os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo, levando-se em conta que é uma pesquisa, e os resultados positivos ou negativos somente serão obtidos após a sua realização.

Tenho ciência de que tenho os seguintes direitos:

- a) A qualquer momento será permitido o não preenchimento de qualquer pergunta das atividades de aprendizagem, do questionário ou entrevista.
- b) Não haverá a divulgação do meu nome em qualquer veículo de divulgação.

c) Entrar em contato para maiores esclarecimentos sobre a pesquisa, antes, durante ou após o processo, através do telefone fornecido.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo. Não haverá riscos aparentes durante a realização das atividades de aprendizagem, ou no momento da aplicação do questionário e realização da entrevista, visto que minha identidade não será revelada, mesmo para publicação e apresentação em congressos e/ou artigos científicos.

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de que, por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo durante a participação no componente curricular CCA 481 Anatomia Humana do curso de Biologia – Licenciatura, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

O pesquisador envolvido com o referido projeto é GABRIEL RIBEIRO e com ele poderei manter contato pelos telefones (71) 9105-3242 e (75) 8177-1181

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor da pesquisa e compreendido a sua natureza e o objetivo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Cruz das Almas, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

NOME: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome e assinatura do sujeito da pesquisa

GABRIEL RIBEIRO - Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome e assinatura do pesquisador responsável