

**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

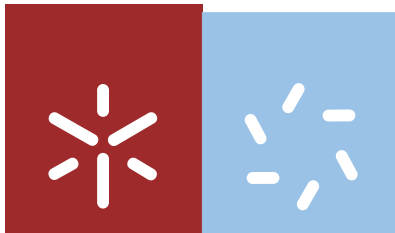
Francisco Manuel Estanislau de Azevedo Rodrigues

**As visitas de estudo a um museu de ciência  
e as questões dos alunos no tema ótica**

### Informações para a contracapa

"Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade - COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projecto «PTDC/CPE-CED/108197/2008».





**Universidade do Minho**

Escola de Ciências

Francisco Manuel Estanislau de Azevedo Rodrigues

## **As visitas de estudo a um museu de ciência e as questões dos alunos no tema ótica**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Física – Formação Contínua de Professores

Trabalho realizado sob a orientação da  
**Professora Doutora Ana Sofia Cavadas Afonso**

Outubro de 2012

## DECLARAÇÃO

**Nome:** Francisco Manuel Estanislau de Azevedo Rodrigues

**Endereço eletrónico:** [stanis18@hotmail.com](mailto:stanis18@hotmail.com)

**Número do Bilhete de Identidade:** 5932145

**Título da dissertação:** As visitas de estudo a um museu de ciência e as questões dos alunos no tema ótica

**Orientadora:** Ana Sofia Cavadas Afonso

**Ano da conclusão:** 2012

**Designação do Mestrado:** Física – Formação Contínua de Professores

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

Universidade do Minho, Outubro de 2012

Assinatura: \_\_\_\_\_

(Francisco Manuel Estanislau de Azevedo Rodrigues)

## **Agradecimentos**

O sucesso na realização e concretização desta investigação fica a dever-se à contribuição de algumas pessoas que, ao longo do tempo, participaram de forma direta com os seus conhecimentos, experiências e conselhos. Assim, não posso deixar de exprimir o meu apreço e gratidão a todos os que generosamente e com igual dose de profissionalismo e amizade contribuíram para o seu desenvolvimento.

À Doutora Ana Sofia Afonso, por toda a sua dedicação, pelo incentivo, pela total disponibilidade sempre demonstrada, pelas suas sugestões sempre tão pertinentes, pelos seus ensinamentos e, principalmente, pela generosidade e amizade com que sempre me apoiou registo um agradecimento muito especial e destacado.

À Direção do Museu de Ciência de Coimbra, na pessoa do Professor Doutor Pedro Casaleiro, pela abertura que me proporcionou no acesso ao Museu de Ciência de Coimbra e na disponibilização de todas as facilidades para o meu usufruto do mesmo.

Aos técnicos e monitores do Museu de Ciência de Coimbra, com destaque para a Dra. Joana Marques e o Dr. Miguel Gomes, pela simpatia, profissionalismo e preocupação para que eu me sentisse à vontade durante a realização do trabalho de recolha de dados no Museu de Ciência de Coimbra.

Aos professores que acompanharam as visitas de estudo realizadas ao Museu de Ciência de Coimbra e que aceitaram participar neste estudo permitindo a recolha de dados, pela sua disponibilidade e colaboração.

A todos aqueles, familiares e amigos, que me acompanharam de perto, no período de realização deste estudo, pelo apoio e incentivo que, continuamente, me foram demonstrando.



## RESUMO

Os museus de ciência têm como principal função a de construir e apresentar uma imagem da ciência, evidenciando os seus objetivos e realçar a forma como estes mudaram ao longo dos séculos. Estas instituições podem contribuir para a aprendizagem das ciências pelos alunos no âmbito de visitas de estudo, a qual é influenciada por vários fatores, designadamente o questionamento dos visitantes. Pese embora a importância do questionamento no contexto dos museus de ciência, poucos estudos analisaram a natureza dos discursos que ocorrem nestas instituições no âmbito de visitas de estudo; as questões que os alunos formulam quando interagem com os módulos; e os fatores que afetam o questionamento e, como resultado, a aprendizagem.

Este estudo procurou responder às seguintes questões de investigação: Que tipos de questões são formuladas por alunos do 8º ano de escolaridade durante a interação com módulos interativos no tema ótica? Qual a natureza das respostas dos alunos às questões formuladas? Que níveis de aprendizagem evidenciam os alunos como resultado das interações com os módulos interativos? Quais os fatores que afetam a formulação de questões durante a interação com os módulos?

Os dados – recolhidos, no Museu de Ciência de Coimbra, sobretudo, a partir da gravação das conversas de 158 grupos de alunos no âmbito de visitas de estudo – revelam que: nos discursos alunos-alunos as questões de nível cognitivo, quando colocadas, são na maioria de nível cognitivo baixo. As respostas às questões são na sua maioria incompletas. Nos discursos dos alunos predominam expressões percetuais, afetivas e estratégicas sendo reduzidas as expressões explicativas, de conexão, e de natureza metacognitiva, o que parece traduzir que apenas alguns alunos atingiram o nível II de aprendizagem de acordo com as categorias de Bell et al (2009). Quando nas interações entre os alunos participa um adulto, o número de questões por aluno aumenta sem que contudo se registem alterações notórias no tipo de questões formuladas ou na natureza das respostas apresentadas. Os discursos, apresentam mais expressões de aprendizagem mas, no entanto, nem sempre apresentam correção científica, são marcados por expressões do tipo explicativo, registam uma forte diminuição nas expressões percetuais e afetivas, e uma ligeira diminuição nas expressões de estratégicas, sendo que as variações nas de conexão e de natureza metacognitiva são diminutas, pelo que os discursos de grupos nos quais participa um adulto não evidenciam aprendizagens que vão para lá do nível II da tipologia de Bell et al. (2009).





## ABSTRACT

The main role of science museums is to build and present an image of science by showing objects and the way they evolved through time. These institutions can contribute to students' learning during school field trips. Learning in these settings is constrained by several factors, namely visitors' questioning. Nevertheless, few studies have analyzed the nature of students' discourses during field trips; the questions that students ask in the museum during their interaction with exhibits; and the factors that affect questioning.

This study aims at answering the following research questions: Which type of questions do 8<sup>th</sup> grade students spontaneously generate during interaction with exhibits on optics?; What is the nature of the answers to those questions?; Which levels of learning do students reveal through their discourses? Which factors may constrain questioning during students' interaction.

The data were collected at the Science Museum of Coimbra, mainly by recording the conversations of school groups that occurred in this setting. The discourse analysis of 158 groups showed that: the majority of students' questions are of low cognitive level, and the answers to questions of the type comprehension were incomplete. Students' discourse includes perceptual, affective and strategic expressions mainly. There are few explanatory, connective and metacognitive expressions. These discourses suggest that only some students achieved level II of learning in Bell et al's (2009) system of learning categorization. Comparing the students discourse without and with the presence of an adult, the results show that when an adult participates in the interaction, there is an increase of the number of questions in the discourse but the type of questions asked remains almost the same; the discourse includes more explanatory expressions and less affective, perceptual and strategic expressions. Consequently, the presence of an adult does not enhance learning beyond level II of Bell's et al. taxonomy.



# ÍNDICE

Agradecimentos	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	ix
Lista de figuras	xiii
Lista de gráficos	xv
Lista de tabelas	xvii
Lista de quadros	xix
CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Museus de Ciência: definições e missões	1
1.3 Museus de ciência em Portugal: breve resenha histórica	4
1.4 O público escolar no contexto de visitas de estudo em museus de ciência	7
1.5 Questões de investigação	11
1.6 Importância da investigação	11
1.7 Limitações da investigação	12
1.8 Plano geral da dissertação	13
CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Introdução	17
2.2 As questões no ensino-aprendizagem das ciências	17

2.3 As questões e o ciclo de questionamento no contexto dos museus de ciência	21
2.4 Alguns estudos sobre as questões no contexto dos museus de ciência	23
2.4.1 A formulação de questões pelos alunos	23
2.4.2 A natureza dos módulos interativos	26
2.4.3 As questões em painéis explicativos	28
2.4.4 As questões formuladas pelos monitores	30
CAPÍTULO III – METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO	35
3.1 Introdução	35
3.2 Descrição geral da investigação	35
3.3 População e amostra	36
3.4 Caracterização das visitas de estudo	37
3.5 Instrumentos de recolha de dados	39
3.6 Recolha de dados	40
3.6.1 Seleção da instituição, da exposição e dos módulos interativos	40
3.6.2 Procedimento de recolha de dados	48
3.7 Tratamento de dados	50
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
4.1. Introdução	55
4.2. O questionamento e o discurso dos alunos com os módulos	55
4.2.1. Ausência de questões sobre os módulos na interação dos alunos	55
4.2.2. As questões dos alunos durante as interações com os módulos	59
4.2.3. Fatores que afetam o discurso e as questões formuladas pelos alunos	66

4.2.3.1. A presença de um adulto	66
4.2.3.2. Lecionação prévia do tema Som e Luz	77
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES DE INVESTIGAÇÃO	83
5.1 Introdução	83
5.2 Conclusões do estudo	83
5.3 Implicações dos resultados da investigação	88
5.4 Sugestões para futuras investigações	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	105
Anexo I Guião da entrevista	107
Anexo II Solicitação da autorização para a realização do estudo no Museu de Ciência de Coimbra	111
Anexo III Autorização para recolha e publicação de imagens da exposição permanente “Segredos da Luz e da Matéria”	115



## Lista de figuras

Figura 1 – Modelo de experiência interativa em museus (Falk e Dierking, 1992) (Almeida, 2005) .....	9
Figura 2 – Módulo da Refração .....	41
Figura 3 – Módulo da Reflexão Total (ou Integral) .....	43
Figura 4 – Esquema de uma fibra ótica.....	44
Figura 5 – Concretização da Lei de Snell-Descartes aplicada a uma fibra ótica .....	44
Figura 6 – ângulo de admissão numa fibra ótica.....	46
Figura 7 – Módulo com a reprodução da Experimentum Crucis de Sir Isaac Newton .....	47





## Lista de gráficos

Gráfico 1 – Categorias referentes aos discursos dos alunos relacionados com os módulos nas interações sem questões (n=37) .....	57
Gráfico 2 – Conteúdo dos discursos dos alunos nos quais se registam questões de baixo nível cognitivo (n=189).....	64
Gráfico 3 – Categorias de “expressões de aprendizagem” nas interações entre adultos e alunos (n=190).....	67
Gráfico 4 – Categorias de “expressões de aprendizagem” nas interações entre adultos e alunos antes e após ser lecionado o tema “Som e Luz” (n=226).....	78



## Lista de tabelas

Tabela 1 – Caraterização da subamostra alunos .....	37
Tabela 2 – Ausência de questões e/ou expressões de aprendizagem nos discursos dos alunos (N=60) .....	56
Tabela 3 – Nível cognitivo das questões formuladas pelos alunos (N=121) ....	61
Tabela 4 – Respostas às questões de nível cognitivo baixo formuladas pelos alunos (N=118) .....	63
Tabela 5 – A natureza das respostas apresentadas pelos alunos às questões de natureza de compreensão (N=41) .....	63
Tabela 6 – Interações verbais entre os participantes (N=158) .....	66
Tabela 7 – Razão entre número de questões e o número de interações com questões nos subgrupos aluno-aluno e adulto-alunos .....	68
Tabela 8 – Nível cognitivo das questões formuladas nas interações mediadas por um adulto (N=137) .....	70
Tabela 9 – Elemento do grupo adulto – aluno que formula as questões (N=137) .....	71
Tabela 10 – Resposta às questões nos discursos (adulto - alunos) (N=137) ..	72
Tabela 11 – Natureza das respostas às questões nos discursos adulto - alunos (N=58) .....	72
Tabela 12 – Interações orais entre alunos que já lecionaram e alunos que não lecionaram o tema “Som e Luz” (N=83) .....	78
Tabela 13 – Natureza das questões formuladas em função dos conhecimentos prévios dos alunos (N=157) .....	79
Tabela 14 – Interações verbais com questões cognitivas por tipo de questão em função dos conhecimentos prévios dos alunos (N=121) .....	79

Tabela 15 – Frequência e percentagem de respostas às questões de baixo nível cognitivo em função da lecionação do tema Som e Luz (N=118) .....	80
Tabela 16 – Natureza das resposta às questões em função da lecionação prévia do tema Som e Luz (N=41).....	81

## **Lista de quadros**

Quadro 1 – Caracterização das visitas de estudo .....	38
---	----



# **CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO**

## **1.1 Introdução**

Neste capítulo é feita a apresentação e contextualização do estudo efetuado. Após a introdução (1.1), é feita uma abordagem aos Museus de ciência e àquelas que são as suas definições e missões (1.2), prosseguindo com a apresentação de uma resenha histórica sobre os Museus de Ciência em Portugal (1.3) e, de seguida, é abordado o público escolar no contexto de visitas de estudo em museus de ciência (1.4). Posteriormente são identificadas as questões de investigação (1.5), a importância da investigação (1.6), as limitações da investigação (1.7) e, finalmente, é apresentado um plano geral da dissertação (1.8).

## **1.2 Museus de Ciência: definições e missões**

Um museu pode ser definido como uma “instituição cultural com carácter permanente, aberta ao público, sem fins lucrativos, em que se conservam, estudam e, em parte, se expõem os testemunhos materiais da evolução do Universo, dos ambientes físico, biológico e social do mundo passado e atual e das realizações do Homem ao longo da sua existência” (ICOM Statutes, 1989). Pela sua abrangência, esta definição inclui, entre outros, monumentos e locais históricos, etnográficos, arqueológicos ou naturais, quando abertos oficialmente ao público (ICOM Statutes, 1989). No entanto, existem outras definições, por exemplo: um museu pode-se definir como uma “instituição capaz de apresentar ideias ao público de forma agradável e com um formato experimental e compreensível” (Falk & Dierking, 2000, p.2).

Ao longo dos tempos os museus deixaram de ser espaços austeros, vistos como algo próximo de um lugar de culto, destinados a um público erudito, constituído em exclusivo por especialistas, estetas ou alguns iluminados e visionários, e passaram a revelar a preocupação de se abrirem a todos os estratos da sociedade, independentemente da faixa etária, da origem

geográfica, do nível cultural e certificação acadêmica (Rocha-Trindade, 1993). No caso particular dos museus de ciência, vem-lhes sendo reconhecida uma evolução quanto ao seu papel educacional, sendo que, muitas das mudanças neles registadas nas últimas décadas, surgiram em consequência das próprias teorias de aprendizagem que a isso os motivaram (Caldeira & Antunes, 2005).

Até meados do século XX vigorou principalmente o designado modelo “hipodérmico” de comunicação. De acordo com este modelo, o visitante era encarado como um “recipiente vazio”, no qual as informações seriam introduzidas (Hooper-Greenhill, 1994; Miles, 1989). Ainda que alguns museus de ciência desempenhem um papel na preservação do património histórico científico, nomeadamente, instrumentos, equipamentos e instalações, a sua principal função atualmente é a de construir e apresentar uma imagem da ciência, evidenciando os seus objetivos e realçando a forma como estes mudaram ao longo dos séculos (Delicado, 2010).

Ao mesmo tempo pede-se que os museus de ciência ajudem a compreender e aceitar esses desenvolvimentos de forma que o visitante se identifique e partilhe os desenvolvimentos científicos do mundo contemporâneo (Sicard, 2001), refletindo acerca da continuidade existente entre o passado e o presente, e que possa mesmo despertar a imaginação do visitante para o que poderá ser o futuro (Gil, 1993a).

No entanto, estes museus foram utilizados bem para além desta função, tendo desempenhado um papel ideológico na competição internacional, principalmente entre blocos políticos que pretendiam afirmar a sua supremacia através da instrumentalização dos seus avanços tecnológicos, que apresentavam como peças e expressões do orgulho nacional. O que interessava era impressionar e inspirar o público visitante pela imponência e espetacularidade, mesmo que este não entendesse aquilo que observava (Gregory & Miller, 1998, p. 200). Também se atribuiu aos Museus de ciência a função de educar as classes trabalhadoras, promovendo aptidões e despertando vocações para o trabalho técnico e industrial, por um lado, e por outro de inculcar o respeito pela ordem e coesão social (Delicado, 2010).

Talvez esta panóplia de objetivos, que ao longo dos tempos foram atribuídos aos museus de ciência, tenha contribuído para que atualmente coexistem três grandes tipos de museus: Museus de características



essencialmente históricas, constituídos por coleções de instrumentos científicos e tecnológicos de épocas determinadas; museus de natureza predominantemente ou exclusivamente interativa, nos quais os objetos são concebidos de forma a despertar o visitante do museu para a experimentação e observação; e museus que integram os dois tipos anteriores (Gil, 1993b). Assim, os museus de ciência que inicialmente se baseavam na exposição e apresentação de coleções de objetos, têm evoluído no sentido de proporcionar, na maior parte dos casos, espaços de aprendizagem aos seus visitantes, dando-lhes a possibilidade de atuar sobre os objetos ou módulos, incentivando-os a observar, a explorar (ex.: a mexer e tocar ou manipulando variáveis), a refletir, a questionar, e a retirar conclusões que lhes permitem avançar para novos desafios no mesmo objeto ou módulo, ou encarar esses mesmos desafios noutros objetos ou módulos existentes na exposição (Gil, 1993a).

Em relação ao modo como os museus de ciência apresentam a mensagem científica, alguns autores constataam que a maioria das exposições de hoje em dia são celebrações de algum objeto ou fenómeno, quase não apresentam assuntos controversos, são pobres quanto à ciência contemporânea, dão pouca oportunidade aos processos de construção da ciência e não as contextualizam suficientemente de forma que os seus temas se afirmem como verdadeiramente importantes (Delicado, 2010; Friedman 2000). Este problema também se encontra, segundo Delicado (2010), na maioria das exposições portuguesas. Estas concentram-se no que a ciência "sabe" sobre alguns assuntos, em vez de evidenciar a forma como o conhecimento científico é construído (Delicado, 2010).

O facto de os museus de ciência apresentarem representação menos desejável das ciências não significa necessariamente que o seu valor educativo seja desprezável. Tal seria aceitar um modelo de aprendizagem do tipo transmissivo no qual o visitante apenas absorveria o mais possível a informação que lhe é apresentada. Embora os objetos e módulos apresentados aos visitantes condicionem o que se aprende, pois é a partir deles que o visitante encontra a mensagem científica (Gilbert, 2006). Assim, não se pode descurar que a aprendizagem é hoje vista como é um processo pessoal de construção de conhecimento e de desenvolvimento de capacidades. Segundo esta perspetiva construtivista, aprender consiste em orientar tarefas que

proporcionem experiências educacionais de acordo com os conhecimentos e capacidades que o aprendiz já possui e tendo em conta a sua motivação pessoal (Caldeira & Antunes, 2005; Colinvaux, 2005; Hein, 1998; Leonardo, 2005). Assim, a aprendizagem está centrada no visitante, nos seus conhecimentos, interesses e dificuldades os quais vão, até certo ponto, condicionar o modo como interpretam os objetos e módulos que encontram.

### **1.3 Museus de ciência em Portugal: breve resenha histórica**

Em Portugal “a regulamentação dos museus portugueses – o Decreto-Lei 46/758, de 18 de Dezembro de 1965, só considera os museus de arte, história e arqueologia na definição de museu que apresenta” (Gil, 2003, p. 33). Para contrariar a ausência dos museus de ciência na lista considerada no Decreto-Lei 46/758, de 18 de Dezembro de 1965, e tentando afirmar-se como instituições museológicas, foi criada uma nova associação de museus com a designação de Associação de Museus e Centros de Ciência de Portugal - MC2P, constituída por 23 instituições, cuja sede está localizada no Visionarium de Sta. Maria da Feira. No entanto esta inclusão não é considerada como a mais adequada para alguns organismos, como é o caso do International Council of Museums (ICOM). Este organismo criou uma comissão, a International Committee for Museums and Collections of Science and Technology (CIMUSET), com o objetivo de que esta comissão abrangesse os museus dedicados às ciências exatas e à tecnologia que elas suportam. Desta forma, pretendeu diferenciá-los daqueles que dizem respeito às ciências naturais, que por sua vez são abrangidos pelo International Committee for Museums and Collections of Natural History (NATHIST). Embora apresentem denominadores comuns nos seus objetivos, as especificidades destes dois tipos de museus fazem com que seja justificável a sua distinção. Um dos aspetos em que se distinguem passa pela atitude perante a investigação. Enquanto, tradicionalmente, os Museus de Ciências Naturais promovem a investigação dos objetos em si e dos conceitos científicos e técnicos que apresentam ao seu visitante, nos museus de ciência, mesmo tendo em conta algumas exceções, os objetos e equipamentos têm tanto mais valor quanto

melhor é o seu enquadramento numa montagem experimental que permita a compreensão de um conceito científico ou de um fenómeno (Gil, 1993a).

No contexto europeu, o primeiro museu de ciência que apresentou exposições interativas, e de que há registo, foi o Uranis de Berlim. Este terá sido aberto ao público em 1889, mas, devido à crise aberta com a Primeira Guerra Mundial, não resistiu e acabou por encerrar (Gil, 1993a). Antes, em 1857, tinha já sido fundado o museu de ciência, em Londres, a partir da coleção da “Royal Society of Arts” e de alguns artigos provenientes da Grande exposição de 1851, uma feira de cultura e indústria, que viria mais tarde também a implementar um conjunto de exposições interativas. A verdadeira generalização, a nível mundial, deste tipo de museus, que passaram a garantir como princípio fundamental a interatividade nas exposições dos museus de ciência só começou já em pleno século XX com a criação do “Palais de la Découverte” de Paris, em 1937 (Gil, 1993a).

Em Portugal, a criação de museus de ciência, ou dos seus antecessores, os denominados “Conservatório de Artes e Offícios” de Lisboa e Porto, remonta ao Século XIX, e integra-se no processo evolutivo da museologia nacional.

A primeira instituição museológica científica oficial a surgir em Portugal, ao que tudo indica, foi o Real Museu de História Natural e Jardim Botânico da Ajuda, no século XVIII, sob os auspícios do Marquês do Pombal (1699-1782), ao que se seguiu o Museu de História Natural e o Jardim Botânico da Universidade de Coimbra (Ramos, 1993). Estes museus surgiram como sucessores das coleções que foram crescendo ao longo dos séculos anteriores por reis, nobres e religiosos (Ramos, 1993). De acesso restrito à família real e aos seus convidados até 1798, passou, a partir desta época, a ser aberto ao público, geralmente às quintas-feiras de tarde (Gil, 1989; Ramos, 1993).

Além do Museu de História Natural e do Jardim Botânico, o Real Museu da Ajuda incluía ainda um Gabinete de Physica. Este foi equipado, sob a responsabilidade de João Jacinto de Magalhães (1722-1790) (Caldeira & Antunes, 2005; Ramos, 1993). O gabinete de Physica foi concebido e realizado para o Real Colégio dos Nobres, em Lisboa, por Giovanni Dalla Bella, professor da Universidade de Pádua, chamado a Portugal para criar, naquele Colégio, o ensino experimental de Física (Caldeira & Antunes, 2005).

Em 1836, o Museu de História Natural é transferido para a Academia Real das Ciências de Lisboa, para que as suas coleções ficassem mais acessíveis. Viria, em 1858, a ser, incorporado na Escola Politécnica, criada em 1837, e por reivindicação desta, sendo-lhe atribuída a designação de Museu Nacional de Lisboa por Decreto de 1862. À Escola Politécnica sucedeu a Faculdade de Ciências e, por essa via, o Museu ficou integrado na Universidade de Lisboa com a denominação Museu Nacional de História Natural, confirmada por Decreto de 1926 (Gil, 1989).

Em 1772 deu-se a restauração da Universidade de Coimbra e, com ela, a criação do Museu da História Natural, o Jardim Botânico e o Gabinete de Physica Experimental. O Gabinete de Physica Experimental foi equipado com “máquinas, aparelhos e instrumentos” (Caldeira & Antunes, 2005, p.58), transferidos do Gabinete de Physica do Colégio dos Nobres de Lisboa, em 1773, tornando-o o mais completo da Europa na época, segundo o Marquês de Pombal (Ramos, 1993). Esta transferência para a Universidade de Coimbra de todo o recheio do Gabinete de Physica do Colégio dos Nobres deveu-se à transferência de Giovanni Dalla Bella de Lisboa para Coimbra (Gil, 1989).

Inspirado no aparecimento do “Conservatoire des Arts e Métiers” de Paris, Cândido José Xavier (1769-1833) propôs a instalação de uma instituição museológica no nosso país com fins análogos ao deste em 1819 e em 1822. No entanto, só em 1836 se deu o aparecimento do Conservatório de Artes e Offícios de Lisboa, ao que se sucedeu, no ano seguinte, a criação de um museu análogo no Porto, o Conservatório Portuense de Artes e Offícios (Gil, 1989), mas ambos tiveram uma vida relativamente curta. O Conservatório Portuense foi extinto em 1844 e o de Lisboa teve o mesmo fim em 1852 (Ramos, 1993).

Em 1938, concebidos com o objetivo de proporcionar uma exibição histórica de equipamento científico numa perspetiva exclusivamente contemplativa, foram criados o Museu de Física no Laboratório de Física da Universidade de Coimbra, pelo professor Mário Silva, e o Museu Nacional da Ciência e da Técnica a partir do qual veio a ser constituído o Museu de Ciência da Universidade de Lisboa (MCUL). O Museu de Física dedicou-se à tarefa de reconstruir o magnífico Gabinete de Physica Experimental que tinha sido criado pelo seu primeiro diretor, o professor Giovanni Dalla Bella. A obra de Mário

Silva foi muito complicada, o que a tornou mais meritória, uma vez que parte dos equipamentos se encontravam dispersos devido à insensibilidade para a defesa do património cultural de posteriores diretores do Gabinete, que se desfaziam do equipamento considerado inútil para as atividades científico-didáticas desenvolvidas em cada época (Caldeira & Antunes, 2005).

Em 1971 foi criado em Coimbra o Museu Nacional da Ciência e da Técnica, dedicado também às ciências exatas. Embora sediado em Coimbra, não ficou na dependência da Universidade, tendo Mário Silva sido designado diretor, sendo que a sua concretização só se verificou após o movimento de 25 de Abril de 1974 (Gil, 1989).

Em 1985 é fundado o Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, cuja primeira exposição aconteceu dois anos depois. Esta foi a primeira instituição museológica criada em Portugal na qual se procurou combinar o aspeto histórico das ciências exatas com a vertente participativa e interativa, característica dos centros de ciência (Gil, 1989).

Em 2006 é fundado o Museu de Ciência da Universidade de Coimbra, apresentando-se como “um museu interativo de ciência que procura dar a conhecer a ciência a públicos de todas as idades, a partir das coleções de instrumentos científicos da Universidade de Coimbra e de um conjunto de experiências e atividades que envolvem o visitante” (Mota et al, 2006). De certo modo reúne o conjunto de coleções acumuladas ao longo dos anos e que foram dando origem aos museus de ciência da Universidade naquele que é agora o atual projeto do Museu da Ciência.

#### **1.4 O público escolar no contexto de visitas de estudo em museus de ciência**

Embora os museus de ciência sejam visitados por famílias, seja por puro lazer ou com o objetivo de promover o gosto e desenvolver o interesse pelas ciências dos jovens, atuais ou futuros estudantes, a maioria do público é oriundo do meio escolar (Caldeira & Antunes, 2005), tanto alunos como professores, e integrados em visitas de estudo (Delicado, 2010).

Embora os museus de ciência não tenham sido construídos especificamente para um público escolar, estes poderão ser uma mais-valia

para a aprendizagem das ciências (Braund & Reiss, 2004) pois proporcionam experiências e contactos com objetos que, de outra forma, os alunos dificilmente teriam acesso (Rennie & William, 2006). Refira-se no entanto, que apesar de ser possível os museus de ciência, nomeadamente o museu de ciências de Coimbra, contribuírem para a aprendizagem da e acerca da ciência (Leonardo, 2005), as visitas de estudo a estas instituições não se encontram sugeridas nas orientações curriculares para o 3º. Ciclo do Ensino Básico (DEB, 2001).

Uma possível definição de visita de estudo é expressa como uma atividade prática, com objetivos educativos que se insere no âmbito de uma disciplina ou de várias disciplinas, que decorre no exterior do recinto escolar (Varela, 2009; Manzanal et al, 1999). Estas podem contribuir de forma bastante positiva para o ensino das ciências pois permitem potencializar aprendizagens de natureza cognitiva, afetiva e social. De entre as várias potencialidades associadas às visitas de estudo a museus de ciência pode-se afirmar que estas podem reforçar a aprendizagem efetuada, estreitar relações entre pares e promover o diálogo entre alunos e professores incentivando o trabalho colaborativo na construção de um novo conhecimento, despertar a curiosidade e o interesse dos alunos para prosseguirem o propósito da atividade durante a realização da visita de estudo, proporcionarem aos alunos a oportunidade de estenderem os seus conhecimentos a situações diferentes do contexto de sala de aula, desenvolvendo-se conceptualmente ao mesmo tempo que se desenvolvem também a nível pessoal, transportando as experiências vividas durante a atividade, para o seu meio familiar, e a incrementar as suas competências ao nível da escrita, anotação, organização, sistematização e comunicação da reflexão e da consolidação dos conhecimentos aprendidos (DeWitt & Osborne, 2007).

Para que a visita de estudo a um museu de ciência seja bem sucedida é necessário que os professores compreendem a natureza da aprendizagem que ocorre nestes locais (Griffin & Symington, 1997; Jarvis & Pell, 2005).

A aprendizagem em museus de ciência é um processo complexo no qual, segundo Falk e Dierking (1992), interferem três contextos: o pessoal, que engloba as motivações e atitudes perante a aprendizagem, os conhecimentos e ideias prévias, as crenças, a seleção e a escolha do seu percurso, as atitudes

durante a visita e as experiências ocorridas fora do museu posteriormente; o físico, que engloba tanto a exposição como toda a envolvente ao espaço da interação, incluindo os recursos e as características do local; e o sociocultural, que inclui as interações sociais e os contactos que o visitante mantém durante a visita ao museu, tanto no seu grupo como com qualquer outro indivíduo dentro do museu, incluindo outros visitantes, guias, técnicos ou quaisquer outras pessoas, e em que ganham alguma evidência as normas culturais da escola e do local visitado, assim como as expectativas criadas. A estes três contextos foi adicionada uma dimensão temporal admitindo que a aprendizagem é um processo que ocorre em diferentes tempos para cada pessoa, uma vez que elementos observados e possivelmente manipulados numa exposição podem servir de base para a construção de um novo conhecimento muitos meses, ou até anos depois, da experiência da visita (Falk & Dierking, 2000).

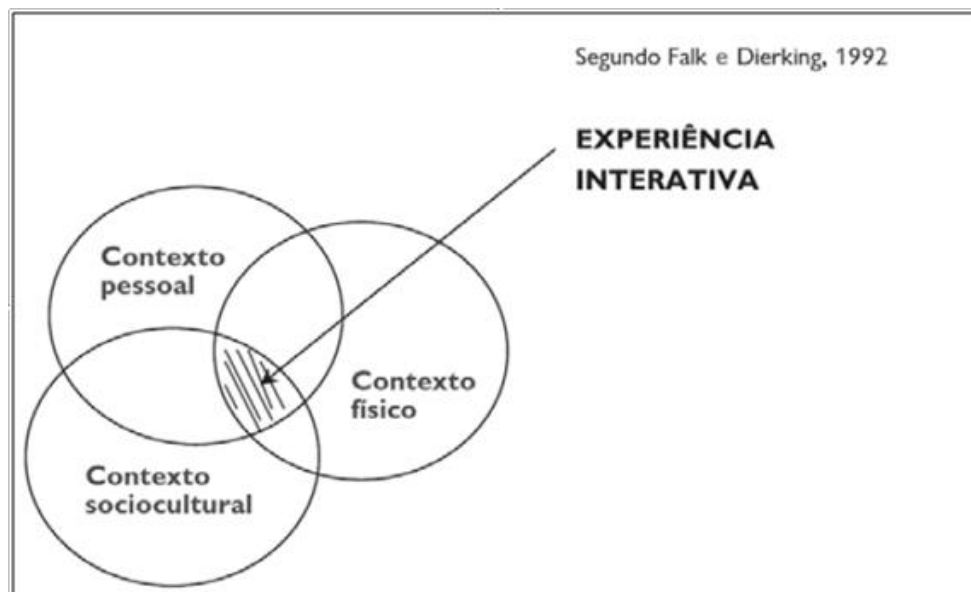


Figura 1 – Modelo de experiência interativa em museus (Falk e Dierking, 1992)  
(Almeida, 2005, p.33)

Para além de serem conhecidos os fatores que condicionam a aprendizagem nas vistas de estudo a museus de ciência, os professores devem ser capazes de os ter em atenção quando as planificam e implementam. Atividades pré, durante e pós visita, têm-se revelado essenciais (Hooper-Greenhill, 2000; Kisiel, 2003a; Price & Hein, 1991; Rennie & McCllaferty, 1995; Sheppard, 2000) pois estas atividades condicionam

definitivamente o valor educativo destas visitas. Nas atividades de pré-visita, os professores devem dar aos estudantes algum poder de escolha e controle sobre a sua aprendizagem (Griffin, 1998; 2004). Assim, seria desejável envolver os seus alunos na planificação das atividades a desenvolver durante a visita de estudo e posteriormente avaliar as aprendizagens resultantes.

Apesar de a literatura ser clara quanto ao modo como se pode potencializar o sucesso das visitas de estudo, constata-se que as visitas a museus de ciência se têm caracterizado por uma dificuldade dos professores em fazer um enquadramento adequado das visitas de estudo nas suas aulas (DeWitt & Hohenstein, 2010; Tal et al., 2005). Muitas das visitas de estudo efetuadas caracterizam-se por apresentarem objetivos desenquadrados dos assuntos que estão a ser lecionados na sala de aula, o que advém da desvalorização de atividades de preparação para a visita (Gottfried, 1980; Griffin, 2004; Griffin & Symington, 1997; Kubota & Olstad, 1991) e pela desvalorização de atividades de pós visita (Anderson & Zhang, 2003; Dewitt & Storksdieck, 2008; Kisiel, 2003b; Oliveira, 2008). Quanto às atividades a realizar durante a visita de estudo, muitas são ausentes (Kisiel, 2003b; Varela, 2009), outras vezes são demasiado estruturadas (Griffin, 2004; Kisiel, 2003b) ou ainda requererem dos alunos tarefas do tipo trabalho – ocupação, como por exemplo copiar uma legenda para uma folha, em detrimento do envolvimento com as exposições e os objetos expostos no museu (Griffin & Symington, 1997), não obstante as limitações que este tipo de tarefas impõem na aprendizagem.

Apesar de a literatura mencionar a natureza das atividades que são frequentemente implementadas no âmbito das visitas de estudo a museus, e de estas conduzirem possivelmente a oportunidades de aprendizagem perdidas, poucos estudos analisaram a natureza dos discursos, quer entre alunos quer entre alunos e adultos (professores e monitores), que ocorrem nos museus de ciência no âmbito de visitas de estudo (DeWitt & Hohenstein, 2010). Menos estudos foram encontrados acerca das questões que os alunos formulam quando interagem com os módulos; sobre os fatores que afetam o questionamento; e em que medida este questionamento afeta a sua aprendizagem (Gutwill & Allen, 2010a; Humphrey & Gutwill, 2005).



## 1.5 Questões de investigação

Tendo em conta por um lado a escassez de estudos sobre a natureza do discurso que ocorre nos museus de ciência no âmbito das visitas de estudo, em especial com enfoque no questionamento, e por outro que estes discursos podem ajudar a compreender como a aprendizagem se processa nestas instituições (Bell et al, 2009), este estudo procurou responder às seguintes questões de investigação:

- Que tipos de questões são formuladas por alunos do 8º ano de escolaridade durante a interação com módulos interativos no tema ótica?
- Qual a natureza das respostas dos alunos às questões formuladas?
- Que níveis de aprendizagem evidenciam os alunos como resultado das interações com os módulos interativos?
- Quais os fatores que afetam a formulação de questões durante a interação com os módulos?

## 1.6 Importância da investigação

Nas últimas três décadas a investigação sobre o potencial educacional dos museus tem vindo a crescer em quantidade e qualidade. São múltiplos os aspetos sobre os quais se têm debruçado mas, mais recentemente, parte significativa das investigações têm-se orientado no sentido de perceber que aprendizagens ocorrem nos museus e como estas podem ser promovidas (Dierking et al., 2004). É hoje reconhecida pelos investigadores em educação em ciências o papel que o questionamento desempenha na aprendizagem, e em particular, as questões de nível cognitivo elevado (Allen & Tanner, 2002; Chin, 2001; Chin & Brown, 2000; Costa *et al.*, 2000; Marbach-Ad & Sokolove, 2000; Pedrosa de Jesus et al., 2003; Schein & Coelho, 2006). Contudo poucos foram os estudos empíricos encontrados sobre questões formuladas no contexto do museu pelos visitantes e, em particular, por alunos inseridos em

visitas de estudo, os quais constituem o público que mais visita os museus de ciência (Caldeira & Antunes, 2005; Delicado, 2010).

Este estudo é ainda importante para o contexto Português, pois embora os professores escolham os museus para efetuar visitas de estudos com os seus alunos (Oliveira, 2008; Varela, 2009), não foram encontrados estudos sobre os discursos de alunos portugueses, em visitas de tipo livres, a museus de ciência.

As conclusões que vierem a ser extraídas com este trabalho constituirão um ponto de partida para a elaboração de estratégias de promoção do questionamento dos alunos em museus de ciência. Poderá também dar um contributo para a formação de monitores e professores em centros interativos de ciência pois pode consciencializar estes profissionais para a importância do questionamento nos museus de ciência, promovendo a sua função como mediadores do conhecimento nestes espaços.

## **1.7 Limitações da investigação**

A presente investigação foi afetada por algumas limitações. As mais significativas prenderam-se com aspetos logísticos associados à recolha de dados e ao facto de obrigar a deslocações longas e repetidas do investigador ao local onde essa recolha foi efetuada, o qual se encontrava distante do seu local de residência e trabalho. Como resultado, não foi possível estender a recolha de dados a outros grupos de alunos que visitaram o museu de ciência. A amostra deste estudo caracteriza-se por ser uma amostra disponível e, como tal, não permite a generalização dos resultados obtidos (McMillan & Schumacher, 2001).

Uma vez que a recolha de dados foi feita através da gravação em suporte digital de conversas dos alunos, professores e guias, a acústica do salão onde se realizou funcionou como um aspeto negativo porque a qualidade das gravações foi afetada pelo ruído de fundo que se registou continuamente. Por este motivo a fase de transcrições foi extremamente demorada, num processo lento e minucioso que levou inevitavelmente a uma redução dos dados para a análise.

Outra limitação decorre da análise de dados. A análise de discurso é considerado como um processo difícil, e em especial, quando resultam do contexto do museu onde os discursos são fragmentados, ambíguos e por vezes informais impedindo que o investigador compreenda o contexto em que se inserem (Allen, 2002). Para facilitar esta análise aplicaram-se e adaptaram-se categorias previamente construídas, contudo, esta análise é apenas uma de entre as possíveis análises que poderiam ter sido construídas.

## **1.8 Plano geral da dissertação**

O presente trabalho de investigação cujo tema visa as visitas de estudo a um museu de ciência e o questionamento dos alunos no tema ótica, divide-se em cinco capítulos, sendo que, em cada um deles, são abordados diferentes aspetos de acordo com as finalidades estabelecidas para os mesmos.

Assim, o primeiro capítulo tem como finalidade fazer a apresentação e contextualização do estudo, referindo os principais fatores que conduziram à apresentação do problema que está na génese desta dissertação. Inicia-se com uma abordagem aos Museus de ciência e àquelas que são as suas definições e missões, apresentando-se depois uma resenha histórica sobre os museus de ciência em Portugal e uma caracterização do público escolar no contexto de visitas de estudo nestes espaços. São também referidas neste capítulo as questões de investigação, a sua importância e limitações.

O segundo capítulo destina-se à apresentação da literatura mais relevante relacionada com a temática em que se enquadra a investigação. Inicia-se com uma abordagem à problemática do questionamento no ensino-aprendizagem das ciências e, em seguida, a temática das questões e do ciclo de questionamento no contexto dos museus de ciência. Depois, apresentam-se alguns estudos no âmbito das questões no contexto dos museus e centros interativos de ciência, numa análise direcionada para os recursos utilizados nos museus para promoverem o questionamento. Neste particular analisa-se a importância das questões, como podem ser classificadas as questões, que tipos de módulos/exposições promovem o questionamento de elevado nível cognitivo e porquê, ou seja, que ciclo de aprendizagem têm os alunos que

seguir, e em que medida os painéis explicativos dos módulos, e mesmo dos objetos, podem condicionar o questionamento. Assim, referem-se alguns estudos sobre os diálogos dos alunos durante as visitas de estudo a museus e centros interativos de ciência, estabelecendo o que se sabe atualmente sobre como usualmente decorrem as conversas dos alunos nestes ambientes, que tipos de questões colocam, em que medida as dificuldades em formular questões no museu se assemelham às da sala de aula e quais as razões pelas quais existem estas dificuldades. Em seguida apresentam-se alguns estudos sobre o desenho dos módulos interativos e a sua influência no envolvimento dos alunos, interagindo com os seus pares, levantando questões e promovendo um ciclo de questionamento promotor de desenvolvimento cognitivo, para além de se referirem estudos sobre a função das questões nos painéis explicativos junto aos módulos interativos e sobre o papel dos professores e monitores na promoção do questionamento dos alunos, nomeadamente a contribuição do professor e / ou do monitor como facilitadores da aprendizagem, e nas dificuldades que os professores e monitores sentem na formulação de questões.

No terceiro capítulo é descrita a metodologia utilizada, fundamentando os procedimentos utilizados no desenvolvimento do estudo, com vista a responder às questões de investigação propostas. Assim, inicia-se com a descrição geral da investigação, à qual se segue a caracterização da população e da amostra que participou no estudo e do contexto onde se desenvolveu a investigação, a qual inclui uma descrição dos módulos selecionados e o modo de interação com os mesmos. Em seguida é feita a explicação da seleção da técnica, são indicadas as técnicas e instrumentos utilizados na recolha de dados e a sua validação e, por fim, a recolha e o tratamento e análise dos dados.

No quarto capítulo apresentam-se e analisam-se os resultados obtidos com o desenvolvimento do estudo, sendo esta apresentação e análise feita tendo em conta os diferentes aspetos, nomeadamente, o questionamento e o discurso dos alunos nas suas interações com os módulos, as circunstâncias em que se verificou uma ausência de questões sobre os módulos e, quando estas foram colocadas, foram analisadas quanto ao tipo de questões e natureza de respostas que promoveram. Em seguida foram analisados os

fatores que afetam o discurso e as questões formuladas pelos alunos em visita de estudo a um museu de ciência na sua interação com módulos interativos, designadamente a influência da presença de um adulto e o facto de ter havido lecionação prévia, ou não, do tema Som e Luz em contexto de sala de aula aos alunos em visita de estudo no museu de ciência.

O quinto, e último capítulo inclui as conclusões da investigação, as suas implicações e sugestões para possíveis futuras investigações. Neste capítulo, pretende-se fazer uma síntese dos resultados obtidos em articulação com o problema de investigação e as questões formuladas, bem como, sugerir algumas orientações para prosseguimento de outras investigações que se enquadrem nesta temática.

Após este último capítulo, apresentam-se as referências Bibliográficas, por ordem alfabética, que fundamentaram toda a dissertação.



## **CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Introdução**

Neste capítulo refere-se a literatura cuja relevância aproveita para o estudo. Após a introdução, na qual se apresenta a estrutura geral do capítulo (2.1), encontram-se referências a literatura sobre as questões no ensino-aprendizagem das ciências (2.2) abordando-se em seguida a temática das questões e do ciclo de questionamento no contexto dos museus de ciência (2.3). Finalmente, apresentam-se alguns estudos no âmbito das questões no contexto dos museus e centros interativos de ciência (2.4), nomeadamente sobre as questões formuladas pelos alunos (2.4.1) as questões e o desenho dos módulos interativos (2.4.2), as questões nos painéis explicativos junto aos módulos interativos (2.4.3) e, finalmente, as questões formuladas pelos monitores (2.4.4).

### **2.2 As questões no ensino-aprendizagem das ciências**

Uma questão pode ser entendida como “Interrogatório ou pergunta feita a alguém para esclarecimento de certo assunto” ou como “ponto em discussão; tudo que se trata de resolver e decidir” (Grande Enciclopédia Portuguesa e Brasileira, s/d, p. 18). Esta definição reforça a ideia de Dourado & Leite (2010), segundo a qual uma questão pode não ser apresentada necessariamente na forma de uma pergunta. Para além disso, esta definição pressupõe que as questões que interessam para a aprendizagem das ciências não são perguntas retóricas nem pseudoquestões para as quais uma resposta não é de facto solicitada (Wellington, 2000).

As questões têm um papel importante na aprendizagem das ciências na medida em que podem, entre outros aspetos, contribuir para aumentar o interesse e estimular a curiosidade dos alunos; favorecer a explicitação do seu conhecimento prévio; contribuir para desenvolver, nos alunos, capacidades como a observação, a reflexão, a discussão, a formulação de explicações e a metacognição (Pedrosa de Jesus et al., 2005; Wragg & Brown, 2001).

As questões podem ser de nível cognitivo elevado ou baixo. As questões de elevado nível cognitivo encorajam os alunos a expor, justificar, explicar, sistematizar e reconsiderar as suas ideias (Wellington, 2000). Como resultado, estas questões requerem respostas reflexivas (Dourado & Leite, 2010), e são menos propensas a respostas certas pré-determinadas (Harlen, 2006). Por outro lado, as questões de baixo nível cognitivo requerem respostas curtas que emergem da ativação de conhecimentos prévios, descrição de eventos ou a sua identificação (Costa et al., 2000; Dalghren & Öberg, 2001; Graesser & Person, 1994; Harlen, 2006; Leite & Palma, 2006; Loureiro, 2008; Oliveira, 2008; Wellington, 2000).

Embora diferentes autores que estudam o questionamento no processo de ensino-aprendizagem aceitem que as questões possam ser divididas em questões de baixo e de elevado nível cognitivo, recorrem a terminologias distintas para classificarem as questões, para além de atribuírem um número de categorias variável em cada uma delas. Por exemplo, diferentes categorias foram usadas para analisar as questões que os alunos formulam quando se envolvem com problemas. Assim, Dori e Herscovitz (1999), num estudo sobre a capacidade de alunos do 10º ano formularem questões quando lhes é colocado um problema real, definiram três categorias de questões: *de orientação* – quando as questões se relacionavam com a descrição de um facto ou problema, com o acaso, ou no tratamento e solução de um problema; *de relação com o caso em estudo* – quando a resposta, ou parte dela, é dada ou não pode ser encontrada no caso em estudo; e *de complexidade* – quando requer aplicação ou análise, uma aproximação disciplinar, um julgamento ou avaliação, uma tomada de posição ou opinião pessoal. Outras categorias foram propostas por Chin e Chia (2004) num estudo relacionado com a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas. Os autores consideraram que as questões formuladas por alunos de 9º ano podem ser enquadradas em quatro categorias: *questões relacionadas com a validação de crenças e de ideias pré-concebidas* – quando as questões apelam à validação de conceções alternativas provenientes de contextos informais; *informação básica* – quando se relacionam com os factos; *explicações* – quando envolvem relações causa-efeito; e *cenários imaginários* – quando estimulam a colocação de hipóteses e conduzem a respostas a partir de algo que acontece. Um outro exemplo são as



categorias criadas por Dahlgren e Öberg (2001). Os autores adotaram um conjunto de cinco categorias para analisar as questões formuladas pelos alunos a partir de contextos problemáticos: enciclopédico, de compreensão, relacionais, de avaliação e de procura de solução. Neste estudo, os autores constataram a predominância das questões de tipo enciclopédico, logo seguidas das questões de compreensão.

A capacidade de formular questões de nível cognitivo elevado deve ser vista como uma componente essencial na formação de indivíduos cientificamente literatos (Millar & Osborne, 1998). É hoje solicitado ao cidadão que tome decisões ou dê opiniões informadas sobre questões controversas que vêm à praça pública. Este envolvimento implica a capacidade de formular questões relevantes de elevado nível cognitivo, cujas respostas pressupõem a integração de vários tipos de conhecimentos, o envolvimento em várias etapas de raciocínios, e incluem dimensões filosóficas, históricas e sociais da ciência e da tecnologia (Shwartz et al., 2006). A resposta encontrada não será a única possível mas é uma resposta informada que constitui para o indivíduo a melhor resposta em face da informação de que dispõe. Atingir este nível de literacia, designado por literacia científica “multidimensional” (Shwartz et al., 2006), é uma das finalidades da educação em ciências em Portugal (DEB, 2001; DES, 2001) mas a sua promoção não é tarefa fácil.

Dada a importância de desenvolver a capacidade de formular questões de elevado nível cognitivo, interessa conhecer quais os fatores que condicionam a sua formulação. Alguns estudos, têm referido que o número e tipo de questões formuladas pelos alunos são influenciados pela sua idade; pelo modo como percebem a tarefa que tem que levar a cabo, pelos conhecimentos prévios dos alunos; pelas atitudes do professor e metodologia de ensino; natureza do tema em estudo (Biddulph & Osborne, 1982); e pelas reações dos professores e alunos às questões que são colocadas (Chin & Osborne, 2008).

No que diz respeito aos conhecimentos prévios dos alunos, King (1992) refere que a elaboração de questões de elevado nível cognitivo, mas não o seu número, requer que o indivíduo possua conhecimentos prévios sobre o assunto. Contudo, a investigação tem mostrado que as questões de elevado nível cognitivo raramente são formuladas de modo espontâneo pelos alunos

(Chin & Osborne, 2008). Assim, o professor desempenha um papel chave na promoção deste tipo de questionamento, por exemplo ao adotar metodologias de ensino-aprendizagem que estimulem a aprendizagem (ex.: aprendizagem baseada na resolução de problemas) e que envolvam socialmente os alunos (Chin & Osborne, 2008). Ao trabalharem de modo cooperativo, as questões formuladas pelos alunos podem estimular não só o seu pensamento como também levar outros membros do grupo a analisar criticamente as situações que lhes são apresentadas e a ativar “skills” de questionamento na procura de soluções (Chin & Osborne, 2008). Para além disso, o professor necessita de encorajar explicitamente a formulação de questões de elevado nível cognitivo, pois, como foi já referido, os alunos raramente as formulam de modo espontâneo. Várias são as estratégias que podem ser implementadas para encorajar a formulação de questões, por exemplo dar a conhecer aos alunos as taxonomias de questões (Chin & Osborne, 2008) ou inserindo na aula momentos para a formulação de questões, quer escritas quer orais (Chin, 2001). Como refere Dillon (1989) e Wells (1999) quando os professores criam estas condições de aprendizagem, gera-se uma atmosfera tal que os alunos se sentem suficientemente seguros para colocarem as suas próprias questões e acabam por ter uma participação mais ativa e profunda em conversas colaborativas de aprendizagem.

Apesar das reconhecidas vantagens das questões de elevado nível cognitivo e do papel que o professor desempenha na sua promoção, constata-se que, habitualmente, os professores limitam-se a verificar se o conhecimento foi aprendido, sendo que o aluno se limita a responder ao que o professor pergunta (Wragg & Brown, 2001). Este aspeto marginal que as questões desempenham na sala de aula encontra-se muito enraizado a um ensino de tipo tradicional (McClure, 2004). Torna-se por isso necessário dar a possibilidade aos alunos de responderem às suas questões e de refletirem sobre elas (McClure, 2004).

### 2.3 As questões e o ciclo de questionamento no contexto dos museus de ciência

Os museus e centros interativos de ciência constituem ambientes de aprendizagem que podem ser propícios à formulação de questões e ao envolvimento dos alunos num ciclo de questionamento (Gutwill & Allen, 2010a). De acordo com Allen e Gutwill (2009) e Gutwill e Allen (2010a), o ciclo de questionamento implica que os alunos interajam, em grupo, com os módulos, resultando desta interação diferentes níveis de envolvimento cognitivo. Assim, no primeiro nível de envolvimento com os módulos - *fase de exploração* - os alunos exploram o módulo de uma forma não estruturada com vista a responder a questões como “O que se pode observar neste módulo?”. Posteriormente na *fase de formulação de questões* seria desejável que os alunos formulassem questões relacionadas com a mensagem que se encontra subjacente ao módulo. Essas questões como: “Como podemos explicar as observações que registamos?”, poderiam conduzir a diferentes respostas, cuja validade científica teria que ser discutida entre os pares de modo a encontrarem a resposta mais adequada (*fase de formulação de explicações*). Esta discussão deveria resultar, não só dos conhecimentos prévios dos alunos e da informação complementar que lhes é apresentada (ex.: painéis explicativos) mas também deveria ser apoiada pela recolha de evidências resultantes da exploração dos módulos. Nesta *fase de argumentação* colocar-se-iam questões como: “por que razão a explicação X é melhor que a explicação Y”? Posteriormente seria desejável que os alunos se envolvessem numa *fase de conexão*, fase na qual os alunos poderiam tentar responder a questões como “que interesse tem este módulo para mim?” ou “em que medida o que aprendemos com este módulo nos pode ser útil?”. Desta forma, os alunos seriam encorajados a estabelecer ligações entre os seus interesses, experiências e conhecimentos pessoais com o módulo e a partilhar essas conexões. Finalmente, na fase de avaliação metacognitiva os alunos procurariam responder à questão “O que ainda nos falta saber sobre este assunto?” o qual poderia conduzir a uma nova exploração do módulo, que poderia ser guiada por questões como “o que aconteceria se ....”, ou na

procura de módulos que, abordando o mesmo assunto, complementariam o fosso de conhecimento diagnosticado pelos alunos.

Colocar questões, em especial as de nível cognitivo elevado, durante uma interação é central na promoção de níveis mais elevados de aprendizagem num museu ou centro interativo de ciência (Bell et al, 2009). De acordo com Bell et al. (2009) são seis os níveis de aprendizagem das ciências que pode resultar da interação dos alunos com os módulos. Cada um desses níveis descreve o que os participantes poderão atingir em termos cognitivos, sociais e afetivos. Assim, os alunos podem experienciar:

Nível 1: Interesse e motivação para aprender sobre os fenómenos do mundo natural e físico.

Nível 2: Compreensão do conhecimento científico, envolve a capacidade para relembrar, compreender os produtos da ciência, tais como, as explicações, modelos, teorias.

Nível 3: Envolvimento com aspetos da prática científica a qual contempla, entre outros aspetos, questionar e responder a questões, avaliar evidências, argumentar, (re)construir e avaliar modelos, predizer.

Nível 4: Refletir sobre a ciência como uma forma de saber; sobre os processos, conceitos e instituições da ciência, e no seu próprio processo de aprendizagem sobre os fenómenos.

Nível 5: Participar em atividades científicas e práticas de aprendizagem com os outros, usando ferramentas e a linguagem científica.

Nível 6: Pensar em si mesmos como aprendizes de ciências e desenvolver uma identidade como alguém que conhece, usa e, por vezes, contribui para a ciência.

Embora seja reconhecida a relevância de estimular os alunos a formular questões na interação com os módulos, Bell et al. (2009), numa revisão de literatura sobre questionamento em museus e centros interativos de ciência, relatou que esta atividade é frequentemente inferior a outras como a manipulação ou a interação com os módulos. Outros estudos como o de Studart (2005), realizado na Grã-Bretanha, revelou que 63% das crianças preferiam visitar museus com a família em vez da escola, porque valorizavam a

atenção personalizada que os seus familiares lhe concediam durante a visita, assim como a possibilidade de os poderem questionar logo que não compreendessem alguma coisa e ainda terem mais independência para explorarem o que lhes aprouvesse, sem limite de tempo.

Poucos foram os estudos encontrados que se focaram nas questões formuladas no âmbito das visitas de estudo, no modo como afetam a aprendizagem dos alunos e em estratégias que permitam a sua formulação.

## **2.4 Alguns estudos sobre as questões no contexto dos museus de ciência**

### **2.4.1 A formulação de questões pelos alunos**

Poucos foram os estudos encontrados que se focam nas questões formuladas pelos alunos no contexto dos museus e centros interativos de ciência. Tunnicliffe (2008) realizou um estudo no Museu das Crianças, em Indianápolis com alunos com idades entre os cinco e os 12 anos que se encontravam a visitar o museu no âmbito de visitas de estudo e com famílias que também estavam de visita no mesmo museu. O estudo teve como objetivo analisar o conteúdo dos discursos dos grupos de alunos que ocorriam espontaneamente e dos grupos familiares em duas exposições diferentes de dinossauros robotizados. As visitas foram do tipo livres, sem a presença de monitores, sendo que, em algumas delas, os grupos de crianças foram acompanhados pelos professores ou pelos pais, dependendo dos casos, tendo-se formado grupos de crianças sem qualquer acompanhamento de um adulto. As conversas entre os elementos de cada grupo foram gravadas, transcritas e analisadas de acordo com as categorias concebidas para este estudo. O número total de conversas gravadas foi de 598, 176 correspondentes a grupos familiares e 422 dos grupos escolares. A análise dos resultados indica que os visitantes se pronunciaram tanto sobre a história contada pelo enquadramento da exposição como sobre os movimentos dos espécimes, para além de que também se aperceberam das principais características dos modelos robotizados dos répteis, ou seja, que na visita a uma exposição os

visitantes conversam sobre o tema da mesma; os conteúdos das conversas entre os grupos escolares e familiares, embora com ligeiras diferenças, revela semelhanças; as questões colocadas pelas crianças foram atendidas, embora não tenham sido incentivados a explicar os seus comentários, por exemplo a justificar a sua categorização quanto aos tipos e comportamentos dos animais, ou a levantar hipóteses e elaborar respostas; nos grupos escolares, de um modo geral, as crianças colocaram mais questões e expressaram mais o conhecimento do que nos grupos familiares, o que pode estar associado à diferença nas agendas da visita em cada tipo de grupo; a influência dos adultos no conteúdo da conversação dos alunos é importante, uma vez que os professores, em particular, usam conceitos científicos, funcionando como andaime de aprendizagem das crianças.

A importância de os alunos formularem questões de elevado nível cognitivo nos museus de ciência levou a que se realizassem algumas investigações com o intuito de as promover. Gutwill & Allen (2010a) realizaram um estudo que teve como objetivo determinar em que medida a formulação de questões melhora o envolvimento do grupo no ciclo de questionamento no seio do próprio grupo. O estudo foi aplicado de forma aleatória a 50 grupos familiares e 46 grupos escolares em visita de estudo, os quais foram designados para aprender a formular questões relevantes. Para tal, envolveram-se, sequencialmente, com quatro exposições diferentes. Os grupos contactaram com a primeira exposição sem previamente serem detentores de qualquer instrução acerca da formulação de questões, servindo este contacto de controlo ou de pré-teste para o conjunto global de dados. Seguiram-se duas exposições de treino experimental nas quais os grupos foram acompanhados por um monitor que os ajudou a formular questões relevantes sobre as exposições com que interagiram. Finalmente visitaram a quarta exposição onde o grupo formulou questões de uma forma independente, e que serviu de pós-teste ou experiência de comparação. A recolha de dados foi realizada na primeira (pré-teste) e na quarta (pós-teste) exposição através da gravação em vídeo e através de duas entrevistas sobre a experiência a um adulto e a uma criança, selecionados aleatoriamente, uma imediatamente após o envolvimento com a exposição e outra três semanas depois. Da análise dos dados os autores concluíram que existem diferenças significativas entre o pré-teste e

pós-teste e que a estratégia aplicada é eficaz na promoção de níveis mais elevados de aprendizagem, o que é acompanhado por um efeito emocional positivo descrito pelos participantes.

Quistgaard (s/d) levou a cabo um estudo numa exposição sobre evolução no museu zoológico de Copenhaga. O objetivo do estudo foi o de avaliar o efeito do uso de questões previamente formuladas num ambiente de museu. Este estudo foi realizado com alunos cujas idades variavam entre os 17 e os 18 anos. Para este estudo a autora elaborou um conjunto de questões de elevado nível cognitivo, em parceria com um educador especializado em evolução. Estas questões foram desenhadas de modo a encorajar os alunos a refletirem acerca dos objetos que encontram na exposição e a discutirem aspetos chave em torno dos mesmos. Estas questões foram usadas em discussões dos alunos com os seus pares durante a exploração de um objeto. A recolha de dados foi feita a partir da gravação áudio das interações entre alunos, para além de observação direta e entrevistas com os mesmos alunos. Da análise dos dados recolhidos a investigadora conclui que o tipo de questões desenvolvidas promovem mais reflexão sobre os objetos do que teria acontecido sem o seu uso; os alunos envolveram-se mais na discussão sobre os objetos, tanto entre si como na presença de um educador; a abordagem testada é frutífera.

Quistgaard e Ingeman (2008) realizaram um estudo no Experimentarium de Copenhaga com seis estudantes do ensino secundário com idades entre os 15 e os 16 anos. O estudo teve como objetivo analisar de que forma a orientação liderada por alguém treinado para o fazer, professor ou monitor, conduzindo um diálogo num centro de ciência, promove a reflexão por parte dos alunos e, conseqüentemente, aprendizagens de nível cognitivo elevado. Neste estudo os investigadores usaram uma abordagem de observação participante, tendo um deles acompanhado cada um de quatro alunos individualmente numa visita a oito exposições durante a qual gravou os diálogos. Fez ainda uma outra visita nos mesmos termos, mas com os dois alunos restantes em simultâneo. Em cada exposição os alunos foram questionados com recurso a diferentes questões, tais como: "O que achas disto?"; "Podes relacionar isto com alguma coisa da tua vida quotidiana?". Para além disso, os alunos foram incentivados a dialogar, manifestar entendimento,

a comentar sobre determinados assuntos, cabendo ao investigador o levantamento de um problema ou dilema, a apresentação de um fenómeno ou um conceito relacionado com a exposição. Para além disso foram também realizadas entrevistas de acompanhamento um ano depois a cada um dos alunos. As gravações e entrevistas foram posteriormente transcritas e a análise das transcrições revelou que a metodologia aplicada é apropriada para promover uma reflexão e respostas de nível cognitivo elevado por parte dos alunos; o estilo mais frequente de resposta é de elevado nível cognitivo e inclui a formulação de explicações; os diferentes alunos reagiram de forma diferente à guia, o que é interpretado pelos investigadores como uma diferença de estilo de aprendizagem e do nível de conhecimento; o questionamento é um tipo de abordagem que pode ser ajustado a fim de maximizar os resultados para cada tipo de aluno; o impacto a longo prazo da visita de estudo nos alunos foi pequeno.

#### **2.4.2 A natureza dos módulos interativos**

O desenho dos módulos interativos condiciona o questionamento no contexto dos museus e centros interativos de ciência (Allen, 2004; Gutwill, 2005). Em relação ao desenho dos módulos, tem-se procurado conceber módulos que promovam um envolvimento ativo prolongado (designados em inglês de APE – “Active Prolonged Engagement”). No desenho destes módulos assume-se que o visitante é um agente ativo e não apenas um recetor de informação. Este tipo de módulos pode ter várias formas mas vai para além dos módulos do tipo estímulo-resposta, isto é, módulos no qual se observa um fenómeno após a sua ativação por intermédio de um botão ou alavanca. Módulos APE incluem os seguintes elementos: o fenómeno apresentado pode ser explorado, a partir do controlo e manipulação de variáveis; utiliza objetos familiares em situações pouco familiares, resulta em surpresa, interesse e diálogos de conexão; permitem a interação social; apresentam painéis explicativos que incitam o visitante a envolver-se com atividades de exploração do módulo com o auxílio de pistas (Humphrey & Gutwill, 2005).



Embora escassos, alguns estudos compararam o desempenho dos visitantes em módulos que apresentam as características APE com o seu desempenho na presença de outro tipo de módulos. Humphrey & Gutwill (2005), num estudo no Exploratorium de S. Francisco, compararam o desempenho de visitantes em módulos que apresentam características APE com módulos mais tradicionais, nos quais os visitantes observam um fenómeno surpreendente que é explicado no painel explicativo. Os investigadores constataram que no caso dos módulos APE os visitantes formulam mais questões as quais se encontram mais relacionadas com a compreensão dos módulos. Por outro lado, nos módulos mais tradicionais, os visitantes formulam mais questões logísticas relacionadas com o funcionamento do módulo ou com o que os outros elementos do grupo estão a fazer. Também os visitantes que usam módulos APE revelaram responder mais às questões que são formuladas no grupo, sendo as respostas geradas por discussões entre os pares. No caso dos módulos mais tradicionais, as respostas às questões que são formuladas são respondidas pela leitura do painel explicativo.

Convém realçar que módulos APE não são necessariamente aqueles que permitem ao aluno um elevado grau de liberdade na exploração do módulo, sem que uma tarefa lhe tenha sido apresentada, nem aqueles que requerem vários visitantes para o colocar em funcionamento. Allen e Gutwill (2004) chamam à atenção de que estes elementos podem, se exageradamente inseridos num módulo interativo, constituir armadilhas. Estas podem inclusive conduzir a que os alunos muitas vezes sintam enormes dificuldades em participar numa interação, nomeadamente revelando incapacidade de formular questões relevantes e de interpretar a informação recolhida de modo a refletir sobre as questões colocadas (Gutwill & Allen, 2010a). Estas armadilhas criadas pelo desenho dos módulos tem vindo a ser apresentada em alguns estudos. Allen e Gutwill (2004) num estudo realizado no Exploratorium de S. Francisco, analisaram o que aprendiam os visitantes a partir de um módulo que apresentava vários elementos interativos com a mesma relevância. Foi selecionado o módulo interativo designado por “ilha de luz”, no qual os visitantes podem interagir experimentando e observando vários comportamentos da luz, tendo à sua disposição vários dispositivos óticos. A recolha de dados ocorreu por intermédio de uma entrevista a 35 visitantes. Da

análise dos resultados conclui-se que: a maioria dos visitantes sentiu dificuldade em interagir com o módulo; em metade das interações os visitantes não desenvolvem qualquer reflexão ou propósito específico enquanto usaram o módulo; uma franja significativa dos visitantes sentiu-se confundida pelo próprio módulo, tanto em interações individuais como em grupo; a maior parte dos visitantes sentiram que não tinham aprendido nada com a interação.

De modo semelhante, Allen e Feinstein (2003), compararam o desempenho dos visitantes na interação com três versões diferentes de um módulo, que se baseava na observação, através de um microscópio, de um verme brilhante. Os dados recolhidos no Exploratorium de S. Francisco, através de 150 entrevistas e da observação direta das interações de 180 visitantes revelaram que: o período de permanência no módulo foi superior para os visitantes que contactaram com as versões interativas do módulo. Estes visitantes foram capazes de reconstruir detalhes mais relevantes da sua experiência no módulo do que aqueles que contactaram com a versão do módulo que não permitia a interatividade. Nesta última versão, a interatividade tinha sido substituída por clips de vídeo que mostravam o comportamento dos vermes. As duas primeiras versões foram consideradas mais agradáveis do que a versão em vídeo. Contudo, a variação do grau de liberdade na interação em que os alunos poderiam manipular variáveis não gerou diferenças significativas no desempenho cognitivo, nomeadamente na natureza das questões formuladas, e físico dos visitantes.

Os autores concluíram que embora seja importante ter alguma forma de interatividade com o módulo, não há uma relação direta entre a quantidade de elementos interativos e um melhor desempenho físico ou cognitivo.

### **2.4.3 As questões em painéis explicativos**

As informações apresentadas nos painéis explicativos não são componentes periféricos das exposições (McManus, 1989) mas sim uma importante fonte de informações para muitos dos visitantes (Allen, 2002; Hohenstein & Tran, 2007). McManus (1989) a partir da análise do discurso entre visitantes de uma galeria do museu de História Natural em Londres,

constatou que as pessoas liam os painéis, mesmo quando parecia que não lhes tinham prestado atenção. De igual modo, Allen (2002) constatou, a partir da análise das interações verbais entre visitantes de uma exposição no Exploratorium de S.Francisco, que é comum os visitantes lerem os painéis, mesmo que a leitura se resume a parte do que neles consta, nem que sejam somente algumas palavras.

A informação apresentada nos painéis explicativos e o modo como é apresentada pode afetar os sentimentos e influenciar as atitudes e ações dos visitantes (Gutwill, 2006). Por exemplo, Melton (1972) verificou, a partir de um estudo sobre o comportamento dos visitantes em museus, o facto de que estes evitavam a leitura de painéis com textos muito compridos.

Apesar de saber que os visitantes leem os painéis explicativos, poucos são os estudos que procuram analisar a influência destes painéis na comunicação entre os visitantes, em particular no estímulo à formulação de questões. Hohenstein e Tran (2007) analisaram em que medida a introdução de questões nos painéis explicativos, referentes a objetos, promovia o diálogo entre os visitantes. Os dados foram recolhidos numa galeria de um museu de ciência em Inglaterra, através da gravação da conversa dos visitantes (464 no total) em vídeo. Vários tipos de painéis explicativos foram construídos: sem questões (painel original); modificando o texto do painel explicativo (dando ênfase a aspetos sensoriais); e introduzindo uma questão. Os resultados obtidos revelam que a presença de questões influenciam as conversas dos visitantes mas esta influência em termos de número e qualidade também depende do objeto em causa.

Gutwill (2006) realizou um estudo no Exploratorium de S.Francisco com o objetivo de indagar se a colocação de questões num painel colocado junto a um módulo específico de uma exposição, intimidava ou contribuiu para um maior envolvimento dos visitantes. Para tal, foram desenhadas três versões do mesmo painel. A versão um continha uma instrução do género “Tenta fazer isto...”. A versão dois apresentava três sugestões do mesmo tipo da versão um e incluía questões desafiantes. A terceira versão incluía questões seguidas de sugestões. Os dados foram recolhidos, através da aplicação de uma entrevista a 60 visitantes que tiveram oportunidade de conhecer os três painéis e pela observação do comportamento de 96 visitantes face a uma das três versões do

painel. Da análise de dados o investigador concluiu que: os visitantes que contactaram com as três versões dos painéis manifestaram preferência pelos que continham um misto de perguntas e sugestões. As razões apresentadas para esta preferência prendem-se com o facto de este tipo de painel dar orientação e ao mesmo tempo incentivar a pensar e a explorar os módulos por si próprios. Por outro lado, os dados revelam que as questões nos painéis podem intimidar os visitantes.

O desenho dos módulos e dos painéis, por si só, não é suficiente para que os alunos se envolvam em atividades de questionamento com os seus pares (Gutwill & Allen, 2010b). Os autores referem que os alunos podem ter dificuldades em realizar trabalhos colaborativos, até porque os módulos interativos são recursos que não são habitualmente usados para aprender. Para além disso, as agendas dos alunos para a visita de estudo poderá não contemplar a aprendizagem. Poderão também existir dificuldades em ativar competências necessárias para interação, designadamente a capacidade de formular questões relevantes e a capacidade de interpretar a informação recolhida de modo a refletir sobre as questões colocadas (Gutwill & Allen, 2010a). Torna-se por isso necessário que se criem condições que permitam aos alunos tirar o máximo de partido dos recursos que lhes são disponibilizados durante a visita de estudo.

#### **2.4.4 As questões formuladas pelos monitores**

Os monitores e professores desempenham um papel proeminente, durante as visitas de estudo, como facilitadores da aprendizagem. Especialmente quando se aceita como enquadramento teórico para o estudo da aprendizagem nos contextos dos museus e centros interativos de ciência a perspetiva social construtivista (Leinhardt, Crowley, & Knutson, 2002). Segundo esta perspetiva o desenvolvimento do aluno assenta nas interações sociais, as quais permitem a partilha de significados culturais no interior do grupo e internalizados pelo aluno (Fino, 2001). Neste processo a linguagem é fundamental na construção de significados pois permite organizar o pensamento, co-construir significados, e interpretar, relatar e refletir em

conjunto (Fino, 2001). Central a esta perspectiva é o conceito de ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal) desenvolvido por Vygotsky. Este define a distância entre o nível de desenvolvimento real, associado à capacidade de o aluno resolver um problema por si só, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através de resolução de um problema sob a orientação ou em colaboração com outrem, adulto ou par mais capaz (Fino, 2001).

Assim, no âmbito das visitas de estudo a museus e centros interativos de ciência, os monitores e professores devem trabalhar com os alunos na ZDP de modo a facilitar o envolvimento dos alunos num ciclo de questionamento (Tisdal & Perry, 2004). Uma forma de os monitores e professores estimularem a interação dos alunos com os módulos passa pela colocação de questões de diferentes níveis cognitivos com o objetivo de, por exemplo, direcionar o foco dos alunos para os pontos-chave dos módulos ou da exposição; consciencializar os alunos dos seus conhecimentos prévios sobre os assuntos abordados no módulo; estimular os alunos a pensar sobre que outros assuntos relacionados com os módulos gostariam de saber mais; ajudar o aluno a fazer previsões, elaborar explicações, estabelecer conexões com o seu dia-a-dia, com os conhecimentos e com outros elementos da exposição (Lourenço & Afonso, no prelo).

Embora seja desejável que os monitores e professores coloquem ou incitem a formulação de questões de elevado nível cognitivo, os estudos realizados mostram que nem sempre é assim. Cox-Peterson et al. (2003) levaram a cabo um estudo num Museu de História Natural americano que tinha como um dos seus objetivos analisar o desempenho dos monitores no âmbito de visitas guiadas. Este estudo envolveu 85 alunos entre os sete aos 13 anos que frequentavam desde o segundo ao oitavo ano de escolaridade. Os dados foram recolhidos através de observação e de entrevista. Foram observados 30 grupos escolares no âmbito de visitas de estudo. As visitas eram do tipo guiada e implementadas pelos monitores. Os professores dos alunos também acompanharam a visita. A partir da análise dos dados recolhidos os investigadores concluíram que a maior parte das visitas tinham sido organizadas de uma forma que entrava em conflito tanto com os documentos que regiam o ensino da ciência como a investigação relacionada com a aprendizagem em contextos informais; 75% das abordagens aos módulos

foram expositivas, sendo dada relevância a factos, em detrimento de ideias abrangentes e terminando com uma questão; com o intuito de cobrir todos os módulos, as abordagens decorreram a um ritmo muito elevado; somente em 35% dos casos os monitores iniciaram a visita com uma questão aberta ou instigante, mas sem qualquer proveito durante a visita; as questões colocadas foram geralmente de resposta curta, factuais, combinando as duas anteriores e, muito poucas foram as questões abertas; a linguagem científica utilizada foi quase sempre demasiado complexa tendo em conta o nível académico dos alunos e não foi dada atenção às diferenças culturais e individuais dos alunos por parte dos monitores. Pela rapidez com que decorreram as visitas não foram proporcionados aos alunos oportunidades de tomar decisões ou trabalhar colaborativamente.

Tal e Morag (2007) realizaram um estudo sobre visitas de estudo guiadas em Museus de Ciência. Para tal foram escolhidos quatro museus de História Natural de Israel, de diferentes dimensões e localizados em diferentes regiões rurais e urbanas. O estudo envolveu um total de 42 visitas de estudo escolares com alunos entre os oito e os 16 anos que se encontravam a frequentar desde o terceiro ao décimo primeiro ano de escolaridade. Um dos objetivos do estudo era caracterizar a natureza da comunicação entre os monitores e os alunos. As visitas foram gravadas em vídeo e os intervenientes na interação observados. Foram efetuadas 26 observações e analisadas 16 transcrições. Os resultados permitiram concluir que todos os monitores, independentemente do museu em que se encontravam filiados, iniciavam as visitas com uma longa exposição introdutória. Os monitores recorriam a diferentes recursos para apoiar esta exposição inicial. Num dos museus o recurso usado foram slides; num outro demonstrações experimentais; nos restantes, objetos e artefactos que, por vezes, poderiam ser examinados pelos visitantes. Em todos os museus, as atividades proporcionadas eram centradas no monitor, cabendo aos alunos, na maior parte dos casos, o papel de responder às questões que o monitor colocava. Foram registadas (386) questões mas estas eram maioritariamente de baixo nível cognitivo e em particular enciclopédicas. Poucas eram as questões de elevado nível cognitivo. Foram ainda registadas questões de retórica e outras que se associavam a vivências pessoais dos alunos visitantes.

Gilbert e Priest (1997) realizaram um estudo no Museu de Ciência em Londres com uma turma de 30 alunos com idades entre os nove e os 10 anos que se encontrava a visitar o museu no âmbito de uma visita de estudo. O estudo teve como objetivo analisar o discurso dos alunos numa galeria que mostrava os processos envolvidos na produção do pão. A visita de estudo envolveu atividades antes e após a visita de estudo. Antes da visita de estudo, o professor pediu aos alunos para referirem o que esperavam encontrar na galeria. Após a visita os alunos discutiram o que aprenderam no museu e foram efetuadas atividades complementares. Durante a visita de estudo, e após uma breve introdução de tipo expositivo ao museu e à galeria sobre alimentação, os alunos, em grupos exploraram livremente os módulos da galeria. Cada grupo de alunos foi acompanhado por um adulto que transportava consigo um gravador para registar as interações verbais. A análise das transcrições revelou que os adultos, por vezes, formulavam questões que tinham como finalidade direcionar as conversas dos alunos para os temas tratados na exposição.

Um outro estudo efetuado por Tran (2002) teve como objetivo analisar o modo como oito monitores quatro dos quais a trabalhar em museus de ciência e os restantes em parques biológicos americanos, implementavam atividades com alunos dos quatro aos 18 anos que se deslocavam a estas instituições no âmbito de visitas de estudo. Estas oito instituições educativas desenharam atividades estruturadas sobre assuntos de ciência e implementavam-nas numa sala do museu ou parque. Apesar de as atividades serem estruturadas os monitores eram livres de fazer as adaptações que considerassem necessárias. A recolha de dados consistiu na observação e gravação áudio das interações entre os alunos e os monitores em 15 destas atividades. A análise dos dados recolhidos permitiu constatar que o desempenho dos monitores foi semelhante. Registaram-se diálogos entre os monitores e os alunos mas as atividades terminavam invariavelmente sem sumariar as principais ideias ou conceitos abordados no decurso das mesmas. Os monitores consideraram o questionamento como um bom método para garantir o envolvimento mental dos alunos mas, no entanto, privilegiaram a comunicação unilateral. A colocação de questões, quando aconteceu, requeria respostas curtas.

Tran (2008) realizou entrevistas a 24 monitores de 10 Centros Interativos de Ciência em Inglaterra. Um dos objetivos deste estudo era compreender o

modo como estes profissionais viam o seu papel, nomeadamente nas interações com os alunos. Os resultados revelam que alguns monitores usaram a palavra ensinar, no sentido tradicional, para descrever o seu trabalho pois, consideravam que este tinha características semelhantes ao do ensino em ambiente escolar de sala de aula. Outros monitores evitaram recorrer à palavra “ensinar”, e preferiram outras como “envolver” ou “facilitar”. No entanto, o significado destes últimos termos poderá não ser muito diferente do significado com que é usada a palavra ensinar e poderá apenas refletir uma efetiva diferença nas práticas mas antes diferentes formações.

Ainda em relação às representações dos monitores sobre o seu papel nas interações entre os alunos foi encontrado o estudo de Lourenço e Afonso (no prelo). As autoras efetuaram entrevistas semiestruturadas a oito monitores, com idades entre os 30 e os 39 anos de idade e com experiência na função entre seis a 10 anos, de dois centros interativos de ciência portugueses. Da análise dos dados, as investigadoras concluíram que os monitores consideram que as interações dos alunos com um dado módulo podem resultar numa interação superficial ou profunda em termos cognitivos. Contudo, na maioria das visitas de estudo, a interação dos alunos com os módulos resulta num questionamento de nível cognitivo baixo. Este questionamento pode ser promovido usando várias estratégias, por exemplo a nível institucional com a criação de fichas semiestruturadas ou de “questões de abertura” junto aos módulos. Os monitores consideram ainda que podem ter um papel relevante na promoção do questionamento se assumirem um papel de mediadores em vez de serem unicamente transmissores de conhecimentos. Apesar destas ideias, as descrições das suas práticas parecem revelar que o questionamento que promovem se restringe a ajudar os alunos a alcançar o nível dois da escala de Bell et al (2009).



## **CAPÍTULO III – METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO**

### **3.1 Introdução**

Neste capítulo é feita a descrição e justificação da metodologia utilizada no estudo. Inicia-se com uma apresentação da sua estrutura geral (3.1), seguindo-se uma descrição geral da investigação (3.2). Faz-se a caracterização da população e da amostra que participou no estudo (3.3) e das visitas de estudo envolvidas (3.4). Posteriormente descrevem-se os instrumentos de recolha de dados (3.5), ao que se segue a secção de recolha de dados (3.6) na qual se descreve a forma como foi selecionada a instituição em que esta recolha decorreu, assim como os módulos interativos considerados para o estudo (3.6.1) e o procedimento adotado na recolha de dados (3.6.2). Finalmente, é feita a apresentação do processo utilizado no tratamento de dados (3.7) necessário à consecução dos objetivos do estudo.

### **3.2 Descrição geral da investigação**

A investigação foi levada a cabo no museu de ciência e teve como aspeto central a análise dos discursos dos alunos do 8º ano durante visitas de estudo do tipo livres, com especial destaque para as questões por eles formuladas. Para a prossecução dos objetivos deste estudo e das questões de investigação (1.5), os dados foram recolhidos a partir da gravação das conversas de 158 grupos de alunos, que frequentavam o 8º ano de escolaridade em escolas da rede pública sobre a tutela do Ministério da Educação, que se formavam junto aos módulos. Estes grupos poderiam contar com a participação ou não de um ou mais adultos (professores e monitores). Foi também efetuada uma entrevista semiestruturada aos professores de Ciências Físico-Químicas que acompanhavam os alunos de modo a caracterizar a amostra e a visita de estudo. Após a recolha de dados através das gravações áudio, procedeu-se à sua transcrição e análise de modo a identificar os tipos de questões que são formuladas por alunos do 8º ano de escolaridade durante a interação com módulos interativos no tema ótica, a

natureza das respostas dos alunos às questões formuladas, os conteúdos dos discursos e os fatores que afetam a formulação de questões durante a interação com os módulos. Para tal, usaram-se categorias de respostas definidas *à priori* e adaptadas sempre que se considerou necessário.

### **3.3 População e amostra**

A população a que este estudo se refere é constituída pelos alunos do 8º ano de escolaridade que visitam, no âmbito de visitas de estudo do tipo livre, o Museu de Ciência de Coimbra, no ano letivo de 2010/2011; pelos professores de Ciências Físico-Químicas que acompanham os alunos e pelos monitores do museu. Na impossibilidade de trabalhar com toda a população, pois o seu elevado número acarretava custos económicos e dispêndio de tempo inviáveis para o investigador, selecionou-se uma subamostra de alunos, uma subamostra de professores e uma subamostra de monitores.

A seleção da amostra foi condicionada por constrangimentos do próprio investigador em se deslocar ao museu de ciência e pela agenda das marcações das visitas de estudo no período disponível para a recolha de dados. Como resultado, a amostra deste estudo caracteriza-se por ser uma amostra disponível e, como tal, não permite a generalização dos resultados obtidos (McMillan & Schumacher, 2001).

A subamostra de alunos é constituída pelos alunos que frequentavam o 8º ano de escolaridade no ano letivo 2010/2011, e que visitaram o museu de ciência nos meses de Janeiro e Fevereiro em visitas de estudo de tipo livre. A subamostra de professores é constituída pelos professores de Física e Química que acompanharam os alunos na visita de estudo e a subamostra de monitores é constituída pelos monitores que se encontravam na área da expositiva “Segredos da Luz e da Matéria”, do museu de ciência de Coimbra, nos dias em que os dados foram recolhidos.

Na seleção da amostra de alunos teve-se a preocupação de garantir que os participantes neste estudo fossem provenientes de diferentes concelhos do país. Assim, Os alunos, num total de 389, são provenientes de cinco escolas de diferentes concelhos, designadamente, Oliveira de Azeméis (quatro turmas

– 88 alunos), Abrantes (quatro turmas – 82 alunos), Lisboa (três turmas – 77 alunos), Arouca (três turmas – 88 alunos) e Ansião (três turmas – 54 alunos) (Tabela 1). De acordo com os professores da turma, estes alunos apresentam níveis de aproveitamento maioritariamente heterogéneo, sendo considerado homogéneo e bom nos alunos provenientes das escolas dos conselhos de Lisboa e Ansião. Todos os alunos frequentavam escolas da rede pública sobre a tutela do Ministério da Educação.

Tabela 1 – Caracterização da subamostra alunos

	Visitas de estudo - Alunos				
	Oliveira de Azeméis	Abrantes	Lisboa	Arouca	Ansião
Número de alunos	88	82	77	88	59
Aproveitamento dos alunos	Heterogéneo	Heterogéneo	Homogéneo	Heterogéneo	Homogéneo

No que se refere aos professores de Física e Química, num total de cinco, estes eram os responsáveis pela visita de estudo, faziam-se acompanhar por outros colegas e eram os professores de parte dos alunos participantes na visita de estudo. Somente dois destes professores conheciam o Museu de Ciência de Coimbra.

### 3.4 Caracterização das visitas de estudo

As visitas de estudo em que participaram os alunos desta amostra são do tipo livre. Estas caracterizam-se por terem objetivos vagos, versando conteúdos diferentes dos conteúdos programáticos que os professores se encontram a lecionar; por não contemplarem atividades para realizar durante a visita de estudo; por as atividades de pré-visita, quando existentes, se reduzirem a aspetos logísticos e de familiarização com o espaço a visitar; e por as atividades de pós visita, quando existentes, se resumirem à elaboração de um relatório pelos alunos (Sorensen & Kofod, 2003, citado por Rennie, 2007).

Foram consideradas as visitas de estudo de tipo livre a museus pois estas foram as mais relatadas pelos professores do estudo de Varela (2009)

como as visitas de estudo com que se sentem mais satisfeitos e por haver evidências de que estas são as mais implementadas pelos professores (Anderson & Zhang, 2003; Sorensen & Kofod, 2003, citado por Rennie 2007).

As visitas de estudo de tipo livre ao Museu de Ciência de Coimbra e consideradas neste estudo foram realizadas após ter sido lecionado o tema “Som e Luz” em contexto de sala de aula para a maioria dos alunos, sendo que, no entanto para alguns alunos isso ainda não se tinha verificado (Quadro 1). De acordo com o professores, a visita de estudo tinha como objetivo dar aos alunos a possibilidade de experimentarem os módulos e, conseqüentemente, os conceitos e fenómenos a eles associados. Para além disso, todos os professores referiam que a visita de estudo tinha também uma componente lúdica. Apenas um dos professores proporcionou aos seus alunos atividades de pré-visita, com vista a familiarizá-los com o local a visitar. Nenhum dos professores programou atividades para durante a visita de estudo e só um deles não previu realizar nenhuma atividade após a visita de estudo (Quadro 1).

Quadro 1 – Caracterização das visitas de estudo

Caraterísticas da visita de estudo	Localidade - Professores				
	Oliveira de Azeméis	Abrantes	Lisboa	Arouca	Ansião
Atividades pré-visita	Não	Não	Não	Não	Sim
Atividades durante a visita	Não	Não	Não	Não	Não
Atividades pós-visita	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Objetivo da visita de estudo	Lúdico / Experimental	Lúdico / Experimental	Lúdico / Experimental	Lúdico / Experimental	Lúdico / Experimental
Articulação com módulo "Luz e Som"	Não lecionado	Já lecionado	Não lecionado	Já lecionado	Já lecionado

### 3.5 Instrumentos de recolha de dados

Neste estudo recorreram-se a duas técnicas de recolha de dados: técnica de inquérito por entrevista e observação. Optou-se pela técnica de inquérito por entrevista por se considerar que esta era a mais adequada ao local no qual os dados foram recolhidos. Para além disso, permite a recolha de informação mais detalhada; permite esclarecer as respostas dadas pelos participantes; garante que todos os participantes se pronunciem sobre os mesmos aspetos; e permite recolher dados relevantes que não tinham sido contemplados aquando da elaboração do guião da entrevista (De Ketele & Roegiers, 1999).

Foi efetuada uma entrevista semiestruturada aos professores de Ciências Físico-Químicas que acompanhavam os alunos com o objetivo de caracterizar a visita de estudo e de recolher dados para caracterizar a amostra de professores e alunos. O protocolo da entrevista foi adaptado do estudo de Varela (2009) e, após validado por especialistas, foi aplicado à subamostra de professores (Anexo 1).

Optou-se pela técnica de observação, não participante e mediada por gravações áudio e por registos do investigador, por se assumir que este estudo tem como referencial teórico a perspetivas sociocultural, a qual tem vindo a ser defendida por vários investigadores como a mais adequada para estudar a aprendizagem em museus de ciência (ex.: Jakobsson & Davidsson, 2012; Leinhardt et al. 2002); e porque se pretendiam analisar as interações verbais entre os participantes no seu ambiente natural. Deste modo, a observação permitiu o acesso direto ao espaço do museu ajudando a perceber como os indivíduos interagem e se comportam neste contexto (Jakobsson & Davidsson, 2012). Dado que este estudo tem características naturalistas, optou-se por não se construir um guião de observação. No entanto, durante a observação efetuada pelo investigador tiveram-se em atenção aspetos que são referidos na literatura como importantes durante uma interação (Jakobsson & Davidsson, 2012), como a capacidade dos visitantes operacionalizarem os módulos, ou a leitura das legendas.

## 3.6 Recolha de dados

### 3.6.1 Seleção da instituição, da exposição e dos módulos interativos

Os dados foram recolhidos no Museu de Ciência de Coimbra, na exposição “Segredos da Luz e da Matéria”. A escolha deste local ocorreu depois de uma pesquisa efetuada pelo investigador relativamente a este tipo de espaços no território nacional português. A seleção do Museu de Ciência de Coimbra deveu-se à existência da exposição permanente “Segredos da Luz e da Matéria”, a qual pode apoiar a abordagem do tema “Som e Luz” presente nas orientações de ciências Físico-Químicas (Leonardo, 2005); e à localização geográfica mais vantajosa para o investigador.

Uma vez escolhida a instituição, o investigador fez uma visita informal ao Museu de Ciência de Coimbra para reconhecer *in loco* o espaço, e para se familiarizar com a natureza das interações que lá ocorrem entre os alunos, confirmando deste modo o ajuste da instituição aos objetivos do estudo. Posteriormente o investigador contactou via correio eletrónico o Sr. Diretor do Museu de Ciência de Coimbra, solicitando autorização para a realização do estudo, solicitação para a qual recolheu a melhor aceitação e deferimento.

A exposição “Segredos da Luz e da Matéria” explora o tema da luz e da matéria, recorrendo a objetos e instrumentos científicos oriundos das coleções da Universidade de Coimbra bem como a módulos interativos. Trata-se de uma exposição que combina o contacto com objetos que ilustram marcos na história da ciência, em Coimbra e em Portugal, com módulos interativos que ajudam a compreender quer os conceitos científicos desenvolvidos num dado período da história quer as aplicações tecnológicas destas ideias (Leonardo, 2005).

Na impossibilidade de se recolherem dados em todos os módulos, selecionaram-se para este estudo três módulos interactivos, aqui designados por: “Refração”; “Reflexão Total (ou Integral)”; e “Experiência de Newton”;. Estes módulos foram escolhidos porque são todos do mesmo tipo “exemplares de fenómenos”; têm subjacentes assuntos abordados no tema “Som e Luz” da disciplina de Ciências Físico-Químicas (Leonardo, 2005); e aparentam sustentar o diálogo entre os visitantes. Tal foi identificado a partir de

observações informais realizadas pelo investigador e por conversas informais com os monitores do museu. A descrição dos módulos é a seguir apresentada.

### **Módulo Refração**

O módulo consiste em duas tinas contendo dois líquidos com índices de refração diferentes, água ( $n_w=1,333$ ) e glicerina ( $n_g=1,474$ ), e duas lentes ( $n_l=1,509$ ), convergentes bicôncavas, com as mesmas características acopladas a um manípulo que permite deslocá-las na vertical, imergindo-as nos líquidos, cada uma delas numa tina diferente (Figura 2). Como fundo do módulo encontra-se um painel listado com riscas a preto e branco. Um observador posicionado frontalmente relativamente a cada uma das tinas, e antes de imergir as lentes nos líquidos, percebe as riscas centrais sem qualquer deformação. Quando se imergem as duas lentes, cada uma na respetiva tina, um observador mantendo a sua posição frontal, observa que na tina contendo água a imagem obtida através da lente é deformada enquanto que na tina contendo glicerina as riscas, através da lente, mantêm a sua forma.



Figura 2 – Módulo da Refração  
(fotografia tirada com autorização do museu de ciência de Coimbra)

Os efeitos observados são explicados tendo em conta a lei de Snell, a qual se pode enunciar da seguinte forma: quando um raio luminoso se refrata passando de um meio (aqui designado de 1) para outro meio (aqui designado de 2), mantém-se constante a razão entre os senos dos ângulos de incidência e de refração correspondentes. Esta constante caracteriza opticamente o par de meios em questão e designa-se por índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1.

O índice de refração relativo entre a glicerina e o vidro de que é feita a lente tem um valor muito próximo da unidade ( $n_r \approx 1,02$ ), logo, para pequenos ângulos ( $\theta \leq 30^\circ$ )

$$n_r \approx 1,02 \quad \Rightarrow \quad \text{sen } \theta \approx 1,02 \cdot \text{sen } \phi \Rightarrow \theta \approx \phi ,$$

ou seja, há um desvio mínimo entre o feixe incidente e o feixe refratado, não gerando a percepção de deformação. Por outro lado, o índice de refração relativo entre a água e o vidro de que é feita a lente tem um valor não tão próximo, logo,

$$n_r \approx 1,13 \quad \Rightarrow \quad \text{sen } \theta \approx 1,13 \cdot \text{sen } \phi ,$$

e assim sendo, mesmo para ângulos pequenos, os desvios são significativos. Como exemplo, apresentam-se alguns dos valores para os desvios previstos em função do ângulo de incidência:

$$\begin{array}{lll} \theta = 10^\circ & \Leftrightarrow & \phi \approx 11,31^\circ \\ \theta = 20^\circ & \Leftrightarrow & \phi \approx 22,74^\circ \\ \theta = 30^\circ & \Leftrightarrow & \phi \approx 34,40^\circ \end{array}$$

Assim, neste caso, o observador vai perceber uma maior deformação das riscas quando vistas através da lente imersa em água a percepção da deformação da imagem vai depender da posição do observador relativamente à tina.



## Reflexão Total (ou Integral)

Este módulo é composto por três fontes de luz acopladas, cada uma delas, a um tubo, que terminam num painel frontal onde pode ser observada e comparada a intensidade da luz emergente em cada um deles (Figura 3). Um dos tubos contém no seu interior ar, o segundo óleo e o terceiro uma fibra ótica. O objetivo é que o visitante observe e compare a luz que é “perdida” ao longo de cada um dos tubos e que faça o mesmo no painel frontal, concluindo que o meio em que a luz se propaga de forma mais eficaz é a fibra ótica, associando este facto à reflexão total da luz no interior da fibra e, ao mesmo tempo, à refração da luz nos outros meios materiais.



Figura 3 – Módulo da Reflexão Total (ou Integral)  
(fotografia tirada com autorização do museu de ciência de Coimbra)

A fibra ótica é composta por um núcleo de vidro, ou de um polímero, que pode ser muito fino (até aproximadamente  $125\ \mu\text{m}$  de diâmetro) revestido por um material construído à base de um outro polímero, cujo índice de refração seja inferior ao do material utilizado no fabrico do núcleo, que se designa por “casca” (Figura 4), para além de um outro revestimento exterior, também de um polímero, para proteger a fibra ótica do meio ambiente (Hecht, 1974).

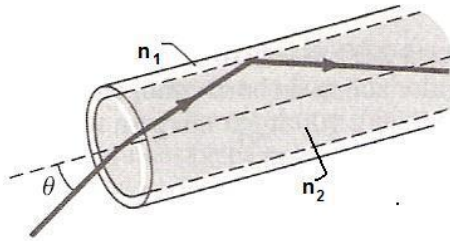


Figura 4 – Esquema de uma fibra ótica

Para garantir que as perdas são mínimas é utilizado um material na casca cujo índice de refração é inferior ao do material que constitui o núcleo, permitindo assim que se verifique a reflexão interna total. Se considerarmos a lei de Snell-Descartes para a refração na forma da expressão,

$$\text{sen } \theta \cdot n_1 = \text{sen } \phi \cdot n_2$$

sempre que um feixe de luz que se propague através da casca da fibra ótica incidir sobre a interface que a separa do núcleo com um ângulo  $\theta$ , refratando-se para o interior do núcleo, vai fazê-lo com um ângulo de refração  $\phi$ , menor do que o ângulo de incidência (Figura 5).

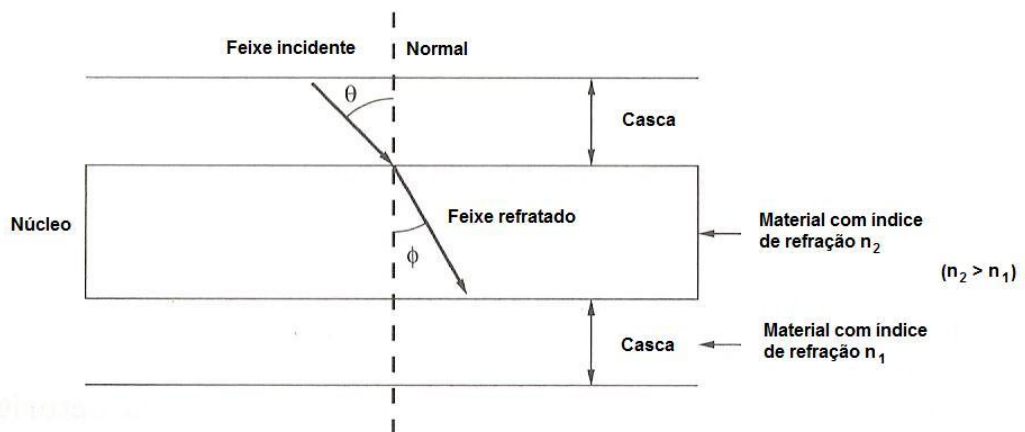


Figura 5 – Concretização da Lei de Snell-Descartes aplicada a uma fibra ótica

Quando, pelo contrário, o feixe de luz se propaga no interior do núcleo da fibra ótica e incide na interface que o separa da casca, esta incidência será feita com um determinado ângulo de incidência, tal que duas situações se

podem observar. Se o ângulo for menor que o ângulo crítico o feixe de luz sofrerá refração, caso contrário acontecerá o fenómeno designado por reflexão total, o que se fica a dever ao facto de que, neste caso

$$n_2 > n_1, \quad \text{logo} \quad n_r < 1$$

Voltando à lei de Snell-Descartes para a refração na forma da expressão,

$$n_r = \frac{\text{sen } \theta}{\text{sen } \phi}$$

esta pode ser reescrita na forma

$$\text{sen } \phi = \frac{\text{sen } \theta}{n_r}$$

É então evidente que quando  $\text{sen } \theta$  se aproxima do valor de  $n_r$ , o que é possível pois neste caso  $n_r < 1$ , o  $\text{sen } \phi$  vai tender para a unidade, ou seja, o ângulo de refração tende para  $90^\circ$ . Sendo assim, o feixe refratado vai-se propagar ao longo da interface, não imergindo no meio com índice de refração menor. Quando o ângulo de incidência aumenta, o  $\text{sen } \theta$  supera o valor de  $n_r$ , o que implica obter valores para o  $\text{sen } \phi$  superiores à unidade, o que é impossível, uma vez que não existe um ângulo cujo seno seja superior a um. Ou seja, nestas condições não pode haver um feixe de luz refratado pelo que toda a luz é refletida. Este é então o fenómeno da reflexão total, que se verifica sempre que o ângulo de incidência é superior ao designado ângulo crítico,  $\theta_C$ , que se define como o ângulo para o qual se verifica a relação

$$\text{sen } \theta_C = \frac{n_1}{n_2}$$

Através da fibra ótica transmitem-se, então, sinais luminosos recorrendo à reflexão total. A luz é inserida incidindo na superfície de uma das extremidades com um ângulo inferior ao designado ângulo de admissão ou aceitação,  $\theta_A$ , que é o maior ângulo de penetração da luz num cabo de fibra

ótica permitido e que garante que as reflexões no interior da fibra ótica se vão dar com ângulos de incidência superiores ao ângulo crítico, de tal forma que se vão refletir continuamente através dela (Figura 6).

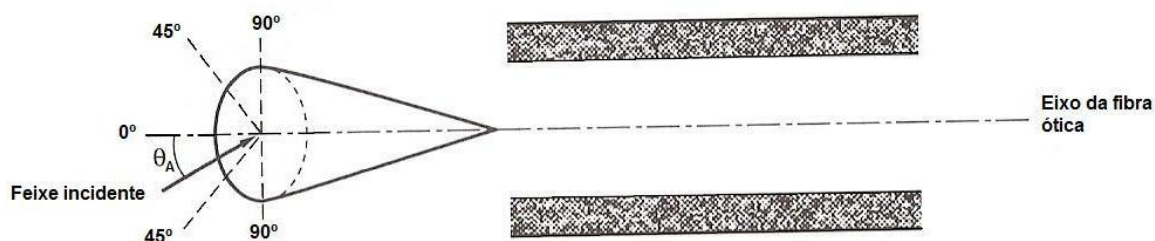


Figura 6 – ângulo de admissão numa fibra ótica

### Experiência de Newton

Este módulo é composto por uma fonte de luz emitindo um feixe de luz branca que incide sobre um prisma na posição de desvio mínimo, verificando-se a projeção de um espectro de cores num alvo em posição frontal relativamente à face do prisma (Figura 7). O alvo tem uma fenda que pode ser deslocada na vertical com recurso a uma alavanca, de forma a permitir seleccionar um pequeno segmento correspondendo a uma das cores do espectro, impedindo assim que as restantes radiações prossigam o seu trajeto até um segundo prisma, colocado também na posição de desvio mínimo relativamente ao feixe que o atinge. Como resultado, a mancha no alvo mantém a mesma cor que anteriormente.



Figura 7 – Módulo com a reprodução da Experimentum Crucis de Sir Isaac Newton  
(fotografia tirada com autorização do museu de ciência de Coimbra)

Pretende-se neste módulo, uma reprodução da “Experimentum Crucis” de Sir Isaac Newton (1642-1727). Com este módulo, pretende-se que o visitante compreenda que: 1) a luz branca é uma sobreposição de radiações de diferentes comprimentos de onda e que o prisma as separa por decomposição do feixe original, quando colocado na posição de desvio mínimo relativamente ao feixe de luz incidente; 2) que as radiações de diferentes comprimentos de onda que compõe a luz branca (380 e os 740 nm) sofrem desvios diferentes, 3) após passar pelo segundo prisma a radiação selecionada sofre uma nova refração mas o feixe refratado conserva o seu comprimento de onda.

A razão física para o fenómeno de dispersão relaciona-se com o facto do índice de refração do material ser ligeiramente diferente para cada comprimento de onda da luz que o atravessa. Na região do espectro visível, na maioria dos materiais, o índice de refração diminui com o comprimento onda. Assim, radiações com um comprimento de onda mais pequeno (ex.: azul e o violeta) são mais desviadas do que as radiações de comprimentos de onda maiores (ex.: vermelho).

### **3.6.2 Procedimento de recolha de dados**

A recolha de dados para este estudo decorreu no período de Janeiro e Fevereiro de 2011. As entrevistas aos professores foram levadas a cabo no final da visita de estudo de modo a perturbar o menos possível a visita de estudo. Estes mostraram-se invariavelmente apressados e um tanto apreensivos. No entanto todos acabaram por aceder em dar resposta às questões colocadas, concordando também que estas fossem gravadas, para o que se utilizou um gravador digital. As entrevistas foram realizadas individualmente e no anfiteatro do próprio museu de ciência. Optou-se por gravar as entrevistas, ao invés de se tomarem notas, por se considerar ser o processo mais eficaz em termos de tempo despendido com os participantes, porque permite ao investigador ouvi-la várias vezes e estudá-la de modo mais completo (Gall et al., 2003), e reduz a introdução de informação que resulta da interpretação do investigador sobre a informação que lhe está a ser transmitida.

No que diz respeito à recolha de dados por observação, mediada por gravações áudio, houve a necessidade de se procurar a melhor localização para a colocação dos gravadores antes de se proceder à recolha de dados propriamente dita. Dado que em várias investigações de tipo naturalista em museus (ex.: Allen, 2002; Jakobsson & Davidsson, 2012) as gravações das conversas dos visitantes apresentam limitações relacionadas com o ruído apresentado no espaço, procurou-se numa primeira fase determinar qual a melhor localização para os gravadores de forma a maximizar a qualidade do som e a manter os gravadores ocultos. Assim, o investigador deslocou-se ao Museu de Ciência de Coimbra em período anterior ao previsto para a recolha de dados e coincidente com o decurso de algumas visitas de estudo, no qual foram testados gravadores digitais e analógicos, colocados em diferentes lugares próximos, ou mesmo na parte superior, dos módulos selecionados para o estudo. Durante esse período foi-se alterando a localização dos gravadores, alterações essas registadas pelo investigador para posterior identificação. Como resultado deste procedimento de otimização das condições de gravação, optou-se por colocar, junto a cada um dos módulos selecionados, e nos locais previamente determinados como os mais adequados, dois gravadores digitais ocultos, um considerado o principal e o segundo como segurança para a

possibilidade de se observar qualquer imponderável com o primeiro. Verificou-se que as condições, não sendo as ideais, permitiam uma gravação com qualidade minimamente aceitável, de forma que as conversas junto ao módulo se tornassem, nem sempre, mas na maior parte dos casos, perfeitamente perceptíveis. Optou-se por gravar as conversas dos alunos em áudio e não em vídeo por se considerar que a gravação de imagens seria mais intrusiva.

Uma vez identificada a posição dos gravadores, procedeu-se à recolha de dados. De modo a garantir aspetos éticos, os professores responsáveis pelas visitas de estudo foram contactados à semelhança de outros estudos, aquando da sua chegada ao Museu de Ciência de Coimbra, e antes de se iniciar a visita de estudo pelo investigador. Este explicitou os objetivos do estudo e o modo como os dados seriam recolhidos e pediu aos professores autorização para que eles e os alunos participassem no estudo. Para além disso, e de modo semelhante a outros estudos (Allen, 2002), foi colocado um painel indicador da realização do estudo à entrada da exposição e de modo visível. Neste painel referia-se que estava a decorrer um estudo e que a recolha de dados era feita através da gravação áudio em alguns módulos da exposição, sem os identificar. No final de cada visita os alunos foram informados da localização dos gravadores e questionados sobre a sua concordância com a utilização das gravações neste estudo, caso contrário as gravações seriam destruídas. Nenhum dos alunos se manifestou contra a utilização das gravações.

Para além da gravação áudio, o investigador observou o comportamento dos alunos junto aos módulos. Fez-se uma observação direta mas não participante. Observou-se como os participantes no estudo interagem com os módulos selecionados. O investigador colocou-se, preferencialmente, junto dos monitores do circuito interno de câmaras de vigilância que mostravam continuamente o que se passava juntos dos módulos selecionados. No entanto, por vezes tal não era possível por motivos alheios à vontade do investigador, mas que, por serem resultantes do funcionamento dos serviços do próprio Museu de Ciência de Coimbra, eram estritamente respeitados. Nesses momentos o investigador passeava pela exposição tentando sempre manter-se o mais incógnito possível para os alunos em visita de estudo, não interferindo com os mesmos.

### 3.7 Tratamento de dados

Depois de registadas as conversas em áudio, procedeu-se à transcrição das interações estabelecidas entre os visitantes e os módulos. Algumas das conversas não apresentavam a qualidade mínima necessária de forma a permitir a transcrição das mesmas. Como resultado, foram transcritas 158 conversas: 77 conversas na “Experiência de Newton”; 38 conversas na “Refração”; e 43 conversas na “Reflexão Total (ou Integral)” – correspondentes a oito horas de gravações. Destas 158 conversas, 120 dizem respeito a interações verbais aluno-aluno e 38 referem-se a interações verbais adulto-aluno, sendo que em nove participam professores e em 29 participam monitores.

Todas as transcrições foram executadas pela mesma pessoa, o investigador. Isto garante um critério uniforme na forma (Hohenstein & Tran, 2007) e, devido à familiaridade desenvolvida pelo investigador com a exposição, maximiza a qualidade no que respeita ao conteúdo (Allen, 2002). Após a transcrição de cada uma das visitas foi feita uma nova audição das respetivas gravações no sentido de detetar possíveis falhas e, quando detetadas, foram corrigidas. Por vezes persistiam dúvidas quanto ao que era dito pelos intervenientes e, nestes casos, fazia-se recurso à gravação obtida pelo gravador de segurança. Nos casos em que as dúvidas persistiam, estas eram devidamente assinaladas na transcrição.

Após a fase de transcrição, as conversas foram sujeitas a uma análise qualitativa de conteúdo no sentido de se procurarem respostas às questões de investigação (Ghiglione & Matalon, 1997). As categorias foram parcialmente definidas *à priori*, com base na literatura, e foram complementadas *à posteriori*, sempre que nas respostas analisadas surgiram novos elementos que justificaram a introdução de alterações. Várias análises preliminares foram escritas e discutidas com a orientadora, tendo-se optado pela análise que a seguir se descreve. Iniciou-se por analisar quais os discursos dos alunos eram ou não relacionados com os módulos. Os discursos não relacionados com os módulos, designaram-se de discursos “sem expressões de aprendizagem”, por



ser esta a terminologia usada por Allen (2002). Após esta primeira triagem, analisaram-se em detalhe os discursos dos alunos que estavam relacionados de algum modo com os módulos. A análise destes discursos compreendeu, por um lado uma análise do seu conteúdo e, por outro, uma análise das questões formuladas pelos alunos. Para a análise do conteúdo dos discursos dos alunos optou-se por adaptar as categorias criadas por Allen (2002). Assim, as categorias usadas do sistema de categorização de Allen (2002) foram:

- Expressão perceptiva: É aquela que põe em evidência a atenção dos visitantes aos estímulos que o cercam. Ao identificá-los (ex.: indicação de algo que tenha chamado a atenção), nomeá-los (ex.: declaração de nomes dos objetos), caracterizá-los (indicação de algum aspeto concreto do objeto) ou citando um texto exposto num painel explicativo (ex.: fazendo a leitura, de parte ou do todo, em voz alta).
- Expressão de metacognição: Reflexões sobre as próprias declarações em relação a conhecimentos prévios ou obtidos durante a visita.
- Expressão conectiva: Representa algum tipo de conexão com conhecimentos ou experiências anteriores ou do seu quotidiano, com histórias pessoais, associações
- Expressão estratégica: Refere-se a comentários sobre estratégias de como utilizar a exposição.
- Expressão afetiva: Nessa categoria, são incluídas declarações relacionadas a algum tipo de reação ou emoção.

Para além das categorias acima apresentadas, Allen (2002) incluiu ainda a categoria concetual (que engloba declarações simples ou interpretação de partes da exposição; explicitação de hipóteses ou generalizações sobre as informações apresentadas e declarações em relação às expectativas ou antecipações sobre o que pode acontecer durante a visita) na análise do discurso. Contudo, as análises preliminares dos dados mostraram que estas não eram úteis para categorizar alguns dos dados recolhidos. Assim, optou-se por substituir esta categoria pela categoria expressões explicativas. Nesta

categoria incluem-se as diferentes explicações que os visitantes dão acerca dos módulos, tendo como referência a taxonomia de explicações criada por Gilbert et al. (1998), isto é, consideraram-se as explicações de tipo descritivo, causal, interpretativo e preditivo.

No que se refere à categorização das questões formuladas pelos alunos, optou-se por usar as categorias de Dahlgren e Öberg (2001) e adotadas por outros autores como Leite et al. (2012), que inclui as cinco categorias seguintes:

- Enciclopédicas: que requerem uma resposta simples e direta, associadas a simples significados de termos e que em alguns casos podem ter como resposta somente um “Sim” ou um “Não”.
- De Compreensão: que não têm uma resposta direta e são tipicamente orientadas no sentido de dar um significado a certos termos e conceitos, mais ou menos complexos.
- Relacionais: que requerem o estabelecimento de relações entre dois ou mais aspetos ou elementos, com o objetivo de explicar as causas de um determinado fenómeno e determinar as suas consequências.
- De Avaliação: que envolvem comparação, avaliação e emissão de um juízo de valor, com base em critérios.
- De Procura de Solução: que visam a compreensão das partes de um problema complexo e cuja resposta requer a resolução do problema.

Para além desta análise qualitativa procedeu-se a uma análise quantitativa, para tal calcularam-se frequências e percentagens de respostas inseridas em cada categoria. Contudo, quando as frequências de resposta eram baixas, não se calculou a percentagem de respostas.

Para além de se analisar os discursos dos alunos, utilizaram-se as mesmas categorias para analisar os discursos nos quais participou um adulto. Embora inicialmente a análise tenha sido elaborada em função do tipo de adulto que participou na interação (isto é professor ou monitor), esta análise revelou que os resultados eram semelhantes. Como a amostra de professores

e monitores é reduzida, optou-se por uma análise dos discursos adulto-aluno sem diferenciar o tipo de adulto que participou na interação.

Na apresentação dos resultados e sempre que se julgou pertinente, apresentaram-se excertos de transcrições que ilustram as afirmações efetuadas sobre a análise de dados. Estas transcrições são acompanhadas por um código no qual constam as letras iniciais da designação do módulo seguidas de um número de dois dígitos atribuído sequencialmente a cada interação transcrita em cada um dos módulos, como por exemplo:

- EN14 – corresponde à 14<sup>a</sup> interação registada na experiência de Newton;
- R07 – corresponde à 7<sup>a</sup> interação do módulo da refração;
- RT10 – corresponde à 10<sup>a</sup> interação do módulo da reflexão total;

Assim, sempre que é dado um exemplo de um diálogo, os interlocutores são identificados pela referência Aluno X ou Adulto, à qual se adiciona, na forma de índice, a identificação da interação, como por exemplo:

- Aluno A<sub>RT10</sub> – ...
- Adulto<sub>R07</sub> – ...



## **CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **4.1. Introdução**

Neste capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos no estudo realizado, tendo em conta os objetivos propostos e as questões de investigação definidas para o mesmo. Após a apresentação da estrutura geral do capítulo (4.1), abordou-se o questionamento e o discurso dos alunos com os módulos (4.2) sobre várias perspetivas. A primeira foi baseada nas circunstâncias em que se verificou ausência de questões sobre os módulos na interação dos alunos (4.2.1) a que se seguiu uma análise sobre as questões dos alunos durante as interações com os módulos (4.2.2). Finalmente foram analisados os fatores que afetam o discurso e as questões formuladas pelos alunos (4.2.3), nomeadamente a presença de um adulto (4.2.3.1) e o facto de ter havido lecionação prévia, ou não, do tema Som e Luz em contexto de sala de aula aos alunos em visita de estudo no museu de ciência (4.2.3.2).

### **4.2. O questionamento e o discurso dos alunos com os módulos**

#### **4.2.1. Ausência de questões sobre os módulos na interação dos alunos**

Uma análise global do conteúdo das transcrições permite constatar que 32 (em 120) dos diálogos dos alunos com os seus pares resultaram numa ausência de questões relacionadas com os módulos com os quais interagiram. Quando tal acontece, as verbalizações dos alunos ou não apresentam expressões de aprendizagem (n=9) ou constituem simples comentários ao módulo (n=23). Nas interações orais com questões (n=87) registam-se 28 nas quais as verbalizações dos alunos não apresentam expressões de aprendizagem. Quando nos discursos dos alunos não se registam expressões de aprendizagem, as verbalizações ou refletem um discurso não relacionado com o módulo ou resumem-se à tentativa, mal sucedida, de um aluno chamar a atenção de outros para um dado módulo (Tabela 2). Alguns exemplos de diálogos junto ao módulo são:

Aluno A<sub>RT21</sub> – Anda cá.

Aluno B<sub>RT21</sub> – Este parece...

Aluno C<sub>RT21</sub> – Oh, anda embora. (Módulo da Reflexão Total)

Aluno A<sub>R09</sub> – Oh Ana, anda cá ver isto.

Aluno B<sub>R09</sub> – Espera aí. (Módulo da Refração)

Aluno A<sub>EN03</sub> – Olha esta cena! Olha que lindo!

Aluno B<sub>EN03</sub> – [não responde e termina diálogo]

(Módulo da Experiência de Newton)

Tabela 2 – Ausência de questões e/ou expressões de aprendizagem nos discursos dos alunos (N=60)

Interações orais		f
Sem questões	Sem expressões de aprendizagem	9
	Simple comentários aos módulos	23
Com questões	Sem expressões de aprendizagem	28

Nas verbalizações designadas como “simples comentários ao módulo” (23 intervenções orais). O conteúdo destas intervenções é marcado por um discurso ligado à percepção, dentro do qual se destaca a descrição dos, ou de alguns, efeitos observados quando o módulo é acionado, ou ligado à componente afetiva, a qual reflete geralmente uma satisfação com os efeitos observados quando o módulo é ativado (Gráfico 1). Alguns exemplos são:

Aluno A<sub>EN57</sub> – Olha aqui.

Aluno B<sub>EN57</sub> – Ah, é um arco-íris.

Aluno A<sub>EN57</sub> – Olha um arco-íris ali! que bonito!

(Módulo da Experiência de Newton)

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha ali, olha... (ouve-se mexer na alavanca) Olha ali!

Aluno B<sub>R22</sub> – ya!

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha as riscas ali ao fundo.

Aluno B<sub>R22</sub> – Parece que ficam mais gordas.

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha o que ela faz na água... parece que está fechada.

(Módulo da Refração)

Aluno A<sub>EN28</sub> – Olha aqui, olha aqui...

Aluno B<sub>EN28</sub> – Ei, coisa fixe... (Módulo da Experiência de Newton)

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha ali! Olha! [Ouve-se mexer na alavanca]

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha ali.

Aluno B<sub>R22</sub> – ya!

Aluno A<sub>R22</sub> – Olhas as riscas ali ao fundo.

Aluno B<sub>R22</sub> – Parece que ficam mais gordas.

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha o que ela faz na água! Parece que está fechada.

(Módulo da Refração)

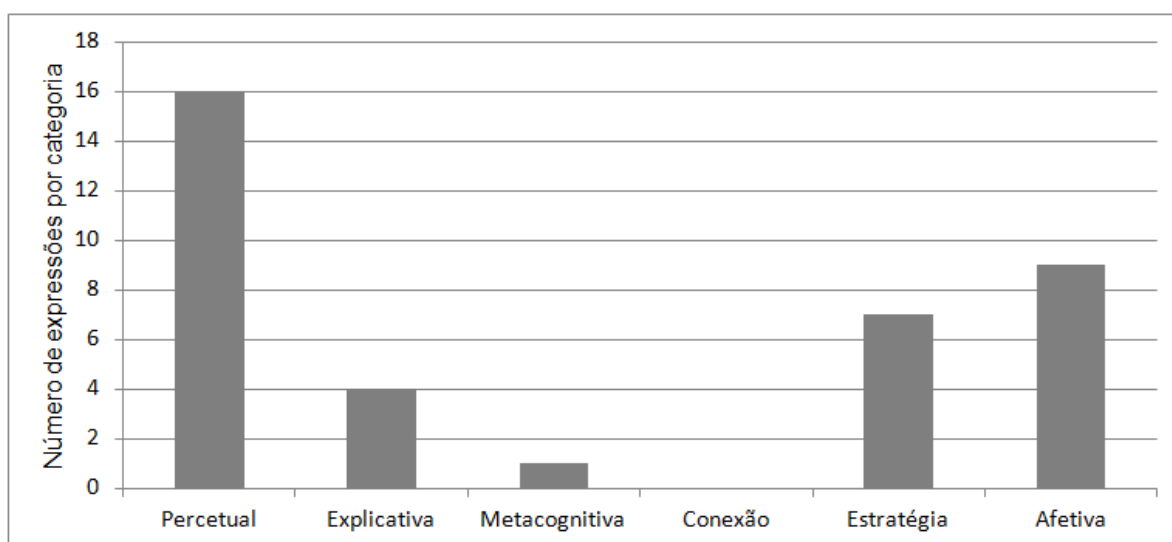


Gráfico 1 – Categorias referentes aos discursos dos alunos relacionados com os módulos nas interações sem questões (n=37)

Raramente se registaram comentários nos quais os alunos apresentam a descrição do fenómeno (n=4) ou fazem uma reflexão sobre o próprio estado

do conhecimento atual ou anterior ( $n=1$ ), não se registando nenhum comentário onde se estabelecem conexões com outros módulos ( $n=0$ ). Um exemplo no qual o aluno descreve o fenómeno que se pode observar quando o módulo é ativado, é:

Aluno A<sub>EN35</sub> – *Olha, vês, está-se a decompor. Agora aqui, no segundo prisma, já não se decompõe.*

Aluno B<sub>EN35</sub> – *Engraçado! As coisas que eu aprendo contigo!*

Aluno A<sub>EN35</sub> – Isto é muito giro!

(Módulo da experiência de Newton)

Também com baixa frequência registaram-se comentários inseridos na categoria “estratégia” exclusivamente relacionados com a operacionalização do módulo:

Aluno A<sub>R18</sub> – Tem qualquer coisa lá dentro!

Aluno B<sub>R18</sub> – Liga a luz... (Módulo da Refração)

Aluno A<sub>R17</sub> – Agora espreita... olha! Observa as riscas.

(Módulo da Refração)

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha ali! Olha! [Ouve-se mexer na alavanca]

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha ali.

Aluno B<sub>R22</sub> – ya!

Aluno A<sub>R22</sub> – Olhas as riscas ali ao fundo.

Aluno B<sub>R22</sub> – Parece que ficam mais gordas.

Aluno A<sub>R22</sub> – Olha o que ela faz na água! Parece que está fechada.

(Módulo da Refração)

Aluno A<sub>RT15</sub> – [Lendo o painel] “Coloque-se à frente do módulo e observe a intensidade da luz à saída dos tubos...”

Aluno B<sub>RT15</sub> – Olha o que é que tu fizeste... tens que carregar nisto...

(Módulo da Reflexão Total)



Aluno A<sub>RT26</sub> – Vê aí!

Aluno B<sub>RT15</sub> – Carrega e dá luz...

(Módulo da Reflexão Total)

Em suma, a análise global dos resultados apresentados nesta secção sugerem que os alunos não se envolveram num ciclo de questionamento, o qual poderia contemplar uma descrição do fenómeno e encontrar as suas causas, previsões sobre como o fenómeno ocorreria sob diferentes condições (Allen, 2002), a criação de narrativas históricas relacionadas com o fenómeno, ou o estabelecimento de ligações entre os diferentes módulos. Em vez disso, a interação típica com o módulo, observada e verbalmente registada, foi curta e superficial, sem suporte para o prolongamento da interação e raramente contemplou conteúdos científicos subjacentes ao módulo ou incluiu memórias pessoais relacionadas com o mesmo. Tal parece ter ocorrido por desinteresse dos alunos, convidados pelos pares, a interagir com o módulo; pelo facto da satisfação de nível afetivo ou percetual (isto é, observação de efeitos produzidos pela operacionalização do módulo, sem que contudo consigam descrever o fenómeno) serem suficientes para os alunos; ou porque um dos alunos consegue facilmente perceber o fenómeno ou conhece as suas explicações expondo-as aos pares. Refira-se que, no entanto, poucos são os alunos que expressam entendimento do fenómeno observado.

#### **4.2.2. As questões dos alunos durante as interações com os módulos**

Em 60 das intervenções orais, efetuadas pelos alunos e relacionadas de algum modo com os módulos, são formuladas 157 questões. As questões formuladas que se inserem nas categorias estratégicas (n=36) encontram-se inseridas em diálogos que têm como principal função encorajar outros membros do grupo a interagir ou tentar perceber como se põe o módulo em funcionamento. Exemplos destas questões encontram-se em itálico:

Aluno A<sub>EN16</sub> – Olha que lindo!

Aluna A<sub>EN16</sub> – Anda cá, anda cá. Olha ali! Olha ali a passar. Vê-se as cores. *Como é que se faz isso?*

Aluna B<sub>EN16</sub> – Ali pode-se selecionar as cores, e altera ao atravessar. Olha ali.

Aluna A<sub>EN16</sub> – “Ya” [risos] Oh Clarisse, olha aqui. Olha que giro!

(Módulo da Experiência de Newton)

Aluna A<sub>EN32</sub> – *Queres vir para aqui fazer isto? Anda cá.*

Aluno B<sub>EN32</sub> – Ah?

Aluna A<sub>EN32</sub> – *Estás a ver o feixe de luz branca? Estás a ver ali a luz vermelha? Agora mete ali a luz vermelha.*

Aluno B<sub>EN32</sub> – Hum...

Aluna A<sub>EN32</sub> – Nós demos isto em físico-química. Fizemos teste a semana passada.

Aluno B<sub>EN32</sub> – Pois foi. Perfeitamente.

(Módulo da Experiência de Newton)

Aluno B<sub>EN39</sub> – [...] Oh Bernardo, anda aqui. Olha ali! Olha ali! Está com cores.

Aluno E<sub>EN39</sub> – *Onde é que se vê as cores?*

Aluno B<sub>EN39</sub> – Aqui [no alvo] é que vês. Olha aqui. *Queres ver cores?*

Aluno E<sub>EN39</sub> – Quero.

(Módulo da Experiência de Newton)

As restantes questões (n=121), de natureza cognitiva, são, na sua maioria, de nível cognitivo baixo e inserem-se na categoria enciclopédico (36,4%) e de compreensão (61,2%). Apenas três questões, no mesmo discurso, se inserem na categoria “relacional” (Tabela 3):

Aluno A<sub>RT40</sub> – O que é isto?

Aluno B<sub>RT40</sub> – A senhora já nos explicou. *Sabes por que é que nuns [tubos] passa e noutros não passa tão depressa?*

Aluno A<sub>RT40</sub> – *Porquê?*

Aluno B<sub>RT40</sub> – *Sabes porquê?* Porque aqui é fibra ótica e a luz passa, enquanto aqui a luz é desviada

(Módulo da Reflexão Total)

Tabela 3 – Nível cognitivo das questões formuladas pelos alunos (N=121)

Nível cognitivo		f	%
Baixo	Enciclopédico	44	36,4%
	De compreensão	74	61,2%
Elevado	Relacional	3	2,5%

As questões de tipo enciclopédico e de compreensão ocorrem quando os alunos pretendem designar os componentes do sistema em estudo, por exemplo o prisma ou a fibra ótica, procuram identificar ou descrever os fenómenos subjacentes aos módulos. Alguns exemplos de excertos de transcrições onde se encontram estes tipos de questão, assinaladas a itálico, são:

Aluno A<sub>EN49</sub> – A luz está ali em cima [aponta para a fonte de luz branca] e depois vem para aqui. *Como é que se chama isto?*

Aluno D<sub>EN49</sub> – [lendo o painel] “A luz incide no prisma.” Olha! Tem aí uns prismas.

Aluna C<sub>EN49</sub> – Está aqui um e está outro mais à frente. A luz incide aqui no primeiro. Olha para ali.

Aluno A<sub>EN49</sub> – *É [uma] rede?*

Aluno A<sub>EN49</sub> – Agora é luz vermelha.

Aluno D<sub>EN49</sub> – Ah, que giro!

Aluno A<sub>EN49</sub> – Agora mexe-se aqui e a cor muda.

Aluno D<sub>EN49</sub> – Ah! Que espetáculo!

Aluno A<sub>EN49</sub> – Ou seja, mexendo aqui mudamos a cor. Aqui faz um reflexo e ali muda de cor.

(Módulo da Experiência de Newton)

Aluno A<sub>R19</sub> – *É para ver o quê?*

Aluno B<sub>R19</sub> – Observar as riscas através das lentes.

Aluno A<sub>R19</sub> – *Mas é para ver o quê?*

Aluno B<sub>R19</sub> – As riscas que estão ali ao fundo.

(Módulo da Refração)

Constata-se que a maioria das questões de tipo enciclopédico formuladas pelos alunos é respondida pelos seus pares, embora em 71,4% dos casos de modo ambíguo, usando muitas vezes a expressão “nim”. Quanto às questões de tipo de compreensão, constata-se que apenas 55,4% (Tabela 4) dessas questões são respondidas, mas a maioria das respostas é incompleta (Tabela 5). Por vezes, as respostas não correspondem às questões formuladas mas parecem traduzir tudo o que um dos elementos do grupo entendeu sobre o módulo, um exemplo é o diálogo entre os elementos do grupo RT13:

Aluno A<sub>RT13</sub> – Olha aqui, Olha aqui.

Aluno B<sub>RT13</sub> – *O que é aqui?*

Aluno A<sub>RT13</sub> – É fibra ótica. Aqui a luz vai-se toda a perder. Aqui está quase nos limites e não se consegue ver daqui.

Aluno B<sub>RT13</sub> – Estou a ver se vejo daqui

Aluno A<sub>RT13</sub> – Não, tens que ver daqui. Isto é fibra ótica, óleo e água.

Aluno B<sub>RT13</sub> – *E aqui é fibra ótica?*

Aluno A<sub>RT13</sub> – Na fibra ótica vai melhor. Aqui há reflexão total, não há perda de luz na fibra ótica.

(Módulo da Reflexão Total)

Tabela 4 – Respostas às questões de nível cognitivo baixo formuladas pelos alunos (N=118)

Tipo de questão		f	%
Enciclopédico	Com resposta	35	79,5%
	Sem resposta	9	20,5%
De compreensão	Com resposta	41	55,4%
	Sem resposta	33	44,6%

Tabela 5 – A natureza das respostas apresentadas pelos alunos às questões de natureza de compreensão (N=41).

Tipo de questão	Natureza das respostas	f
De compreensão	Cientificamente válidas	4
	Incompletas	36
	Conceções alternativas	1

As questões de baixo nível cognitivo, formuladas pelos alunos, sugerem que estes revelam interesse pelos componentes do sistema físico e por descreverem os fenómenos subjacentes aos módulos. Contudo, este interesse inicial, geralmente, não conduz a uma partilha da descrição do fenómeno nem a um posterior envolvimento num ciclo de questionamento. Como resultado, nos discursos dos alunos, nos quais apenas surgem questões de baixo nível cognitivo, predominam as expressões percetuais (34,6%), de natureza afetiva (22,9%) e de estratégia (22,3%) (Gráfico 2). Em menor percentagem (15,4%) surgem as expressões explicativas, nas quais os alunos identificam e/ou descrevem o fenómeno observado, e por vezes a sua causa; expressões de conexão (4,8%) e numa percentagem reduzida (0,5%) expressões de natureza metacognitiva. Quando a causa para o fenómeno é apresentada, ela não parece ser inferida a partir da interação com o módulo, mas antes da ativação de conhecimento prévio.

Em suma, os resultados apresentados nesta secção sugerem que os alunos formulam de modo espontâneo questões quando interagem com os seus pares, a maioria das quais são de natureza cognitiva. Constata-se no entanto que estas questões são de nível cognitivo baixo. Do mesmo modo, alguns autores tem mencionado que também em contexto de sala de aula este tipo de questões são as mais geradas pelos alunos de modo espontâneo (Chin & Osborne, 2008; Graesser & Person, 1994; Harlen, 2006; Wellington, 2000; White & Gunstone 1992; Wragg & Brown, 2001).

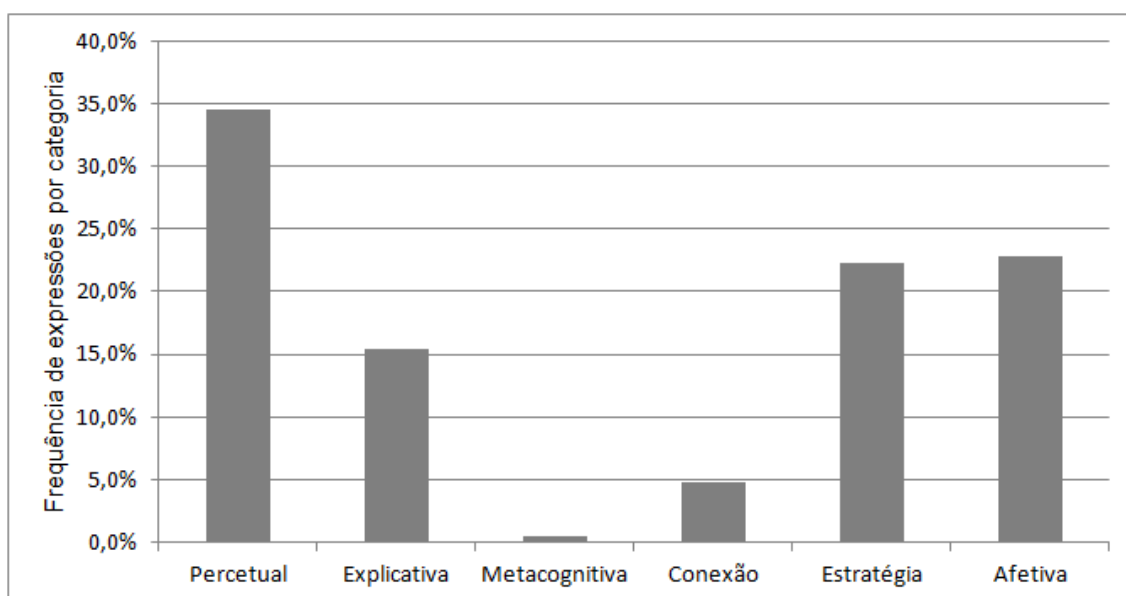


Gráfico 2 – Conteúdo dos discursos dos alunos nos quais se registam questões de baixo nível cognitivo (n=189)

As questões são centrais numa aprendizagem significativa, pois são um indicador de que os alunos pensaram sobre as ideias que lhes são apresentadas e que procuraram relaciona-las com os conhecimentos que já possuem. Elas são promotoras de uma aprendizagem ativa que podem conduzir o aluno a um processo de pensamento que envolva a formulação de hipóteses, previsões, explicações, procura de soluções (Chin & Brown, 2002). A ausência de questões de elevado nível cognitivo poderá explicar, em parte, por que razão o conteúdo dos discursos dos alunos apresenta poucas expressões explicativas, designadamente de tipo causal, preditivo, de conexão e metacognição.

A não formulação de questões de elevado nível cognitivo poderá ter resultado pela dificuldade de alguns alunos operacionalizarem os módulos. Os discursos de natureza estratégico juntamente com as observações efetuadas pelo investigador revelam que a operacionalização dos módulos nem sempre foi fácil para alguns alunos, com especial destaque para o módulo de Newton. Neste módulo alguns alunos apenas observaram a dispersão da luz. Como resultado a maior parte do tempo de permanência no módulo foi usada para por o módulo a funcionar e não para pensar acerca do fenómeno que o módulo pretendia por em evidência. Deste modo, um módulo que apresentava algum grau de liberdade transformou-se num módulo que apenas demonstrava um fenómeno. Também o facto de os módulos serem do tipo exemplares de fenómenos poderá ter condicionado o questionamento. Embora todos os módulos se devidamente operacionalizados, se pudessem considerar do tipo APE, o desenho dos módulos não parece ter tido em conta um suporte à formulação de questões do tipo avaliação e procura de soluções. Para que tal tivesse sido contemplado, estes módulos ao invés de serem considerados módulos isolados deveriam ser integrados em exposições temáticas organizadas em torno de narrativas (Afonso & Gilbert, 2008) (neste caso históricas, dada a natureza do museu) que estimulassem o debate e a reflexão dos alunos (Pedretti, 2002, 2004), podendo ser desenhadas em torno de questões problemáticas. De facto, os estudos de Pedretti (2002, 2004), sobre a eficácia do desenho deste tipo de exposições com visitantes adultos, revelaram que estas eram eficazes a promover os diferentes níveis de aprendizagem descritos na taxonomia de Bell et al (2009). Finalmente, para além destes aspetos, a agenda dos alunos e a ausência de atividades para a visita de estudo poderão ter influenciado a ausência de questionamento de nível cognitivo elevado.

Todas as visitas de estudo tinham, de acordo com os professores, uma componente lúdica. É sabido que a aprendizagem nos museus e centros interativos de ciência é condicionada pela agenda dos visitantes e pela existência de atividades antes, durante e após a visita de estudo (Falk et al., 2007), a não existência destas componentes nas visitas de estudo analisadas poderão ser um fator que condicionou a geração espontânea de questões de elevado nível cognitivo. Alguns estudos têm evidenciado que o questionamento

dos alunos pode ser promovido quando a sua exploração dos módulos é guiada por fichas de trabalho semiestruturadas (Mortensen & Smart, 2007).

#### **4.2.3. Fatores que afetam o discurso e as questões formuladas pelos alunos**

Vários são os fatores que, de acordo com a literatura, parecem condicionar a formulação de questões de nível cognitivo por parte dos alunos, nomeadamente a mediação, por um adulto, das interações dos alunos com os módulos e os conhecimentos prévios dos alunos. Nas subsecções que a seguir se apresentam analisa-se em que medida a participação de um adulto (professor ou monitor) condiciona o discurso e a formulação de questões e em que medida estes aspetos também são influenciados pelo facto de os alunos já terem abordado o tema “Som e luz” durante as aulas de Ciências Físico-Químicas.

##### **4.2.3.1. A presença de um adulto**

Analisando o conjunto das interações verbais registadas quanto à participação, ou não, de um adulto (Tabela 6), verifica-se que se reduz a aproximadamente um quarto o número daquelas em que se registou a participação de um adulto (24%) nos diálogos, relacionados com os módulos, entre os participantes.

Tabela 6 – Interações verbais entre os participantes (N=158)

Participantes	f	%
Alunos	120	76%
Adulto - Alunos	38	24%

A análise dos discursos, nos quais participam adultos e alunos, mostra que estes se relacionam, na sua maioria (92%), de algum modo com os



módulos. O conteúdo dessas interações verbais revela que o discurso é essencialmente do tipo explicativo (41%), na sua maioria relacionado com a descrição dos fenómenos (Gráfico 3). Também se realçam, embora não de forma tão evidente, as interações marcadas por um discurso ligado à perceção (23%). Em menor percentagem e por ordem decrescente registam-se expressões de aprendizagem de tipo estratégico (18%), afetiva (10%), conexão (7%) e metacognitiva (2%).

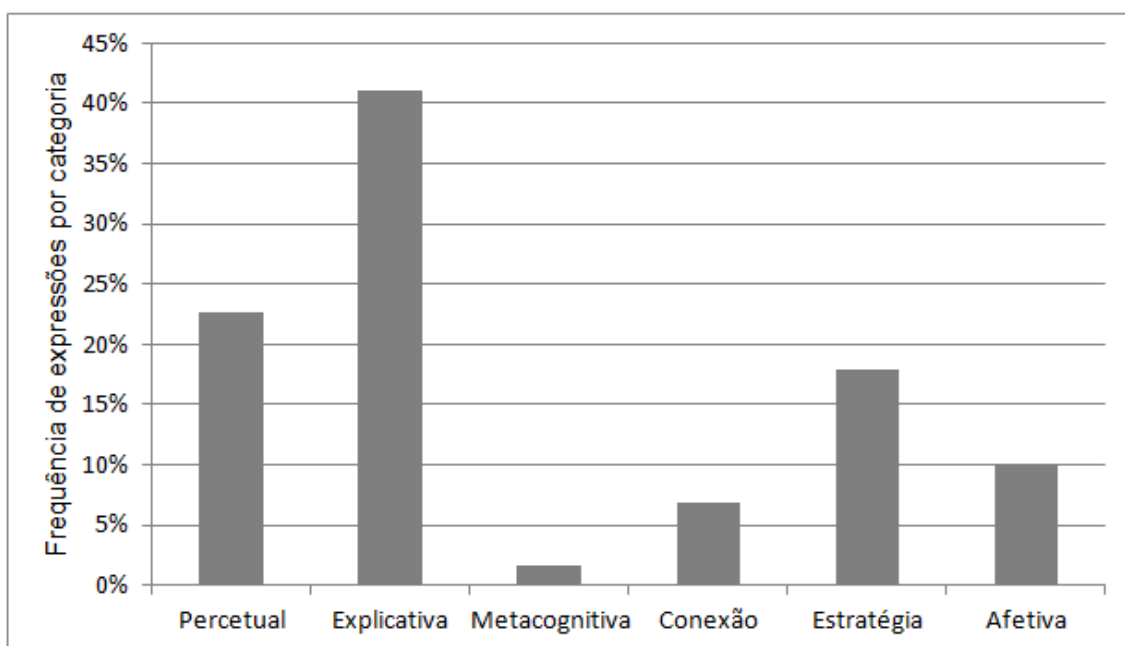


Gráfico 3 – Categorias de “expressões de aprendizagem” nas interações entre adultos e alunos (n=190)

Na maioria dos discursos nos quais participa um adulto (n=38) são formuladas questões. A maioria destas questões insere-se na categoria cognitiva (n=137), ao que se seguem as estratégicas (n=6), não se registando nenhuma questão de natureza afetiva (Tabela 7). Pela análise do quociente entre o tipo de questão e o número de interações com questões, para os grupos aluno-aluno e adulto-aluno, verifica-se que o número de questões de natureza cognitiva, por interação, é superior nas interações mediadas por um adulto (Q/I=3,61). Por outro lado, constata-se que o número de questões de natureza estratégica é superior nas interações dos alunos com os seus pares (Q/I=0,42).

Tabela 7 – Razão entre número de questões e o número de interações com questões nos subgrupos aluno-aluno e adulto-alunos

Interações com questões vs número de questões		f	(Q / I)	
Interações com questões (I)	Alunos	83	-	
	Adulto - alunos	38	-	
Número de questões (Q)	Cognitivas	Alunos	121	1,46
		Adulto - alunos	137	3,61
	Estratégicas	Alunos	35	0,42
		Adulto - alunos	6	0,16
	Afetivas	Alunos	1	0,01
		Adulto - alunos	0	0,00

No caso das questões de natureza cognitiva, embora as questões continuem a ser na sua maioria de baixo nível cognitivo (92%), tal como se constatou nas interações em que só participaram alunos, há uma maior percentagem de questões de nível cognitivo elevado inseridas nas questões de tipo relacional (8%) (Tabela 8). Constata-se ainda que os discursos entre alunos e adultos nem sempre apresentam a correção científica desejada e que as questões, mesmo quando formuladas pelos adultos, não estão tecnicamente bem construídas. Exemplos de questões de tipo relacional assinaladas na transcrição a itálico, e inseridas nos discursos de adultos-alunos são:

Adulto<sub>RT03</sub> – Olha, olha, ela está-se a propagar por este meio e aqui viaja por este meio! *Qual será mais eficaz a transportar a luz?*

Aluno A<sub>RT03</sub> – por estas.

Adulto<sub>RT03</sub> – Quais? Então, ela viaja daqui até aqui, onde é que chega mais luz? Imagina que [...] onde é que chega mais luz?

Aluno A<sub>RT03</sub> – aqui.

Adulto<sub>RT03</sub> – aqui, também se vê deste lado, quando nós estamos a ver aqui... se nós vemos a luz assim, daqui, a luz não vai chegar acolá, como é óbvio! Imaginem que isto são mangueiras com água, se por aqui sai água não chega ali!

(Módulo da Reflexão Total)

Aluno A<sub>R01</sub> – É para ver....

Aluno B<sub>R01</sub> – Observa as riscas...

Aluno A<sub>R01</sub> – Através das lentes...

Aluno B<sub>R01</sub> – Ohh não vejo nada...

Adulto<sub>R01</sub> – É assim, vocês quando tiram para fora vêm que as lentes [...] tamanho [...] quando as metem dentro dos líquidos e olham para as riscas, o que é que acontece? Deste lado aumentam e ali também aumentam! *Então o que é que acontece?* Aqui estamos num líquido em que a velocidade da luz que vem das riscas é a mesma que quando a lente está em cima! Aqui, a luz vem lá de trás, e na água abrandam e muda de direção.

(Módulo da Refração)

Por outro lado, constata-se que no caso das questões de nível cognitivo baixo há um maior número de questões de tipo enciclopédico do que de compreensão (Tabela 8). Este resultado contrasta com os resultados obtidos nos discursos entre alunos nos quais as questões de tipo de compreensão eram mais formuladas do que as de tipo enciclopédico.

Tabela 8 – Nível cognitivo das questões formuladas nas interações mediadas por um adulto (N=137)

Tipo de questões		f	%
Baixo nível cognitivo	Enciclopédico	68	49,6%
	De compreensão	58	42,3%
Elevado nível cognitivo	Relacionais	11	8,0%
	Avaliação	0	0,0%
	Procura de solução	0	0,0%

Exemplos de questões de tipo enciclopédico e de compreensão, presentes nos discursos entre adulto e alunos, encontram-se assinalados a itálico nos seguintes excertos:

Adulto<sub>R07</sub> – *Puxa isso [alavanca] para cima. Agora vocês vêm cá e vão olhar para aqui.*

Aluno A<sub>R07</sub> – *não... o que é isto?*

Adulto<sub>R07</sub> – *Estão a ver isto? Agora põe para baixo [a alavanca]. Olhem para as lentes. Vais ver uma diferença.*

Aluno A<sub>R07</sub> – *Porque dentro da água vê-se melhor!*

(Módulo da Refração)

Adulto<sub>RT01</sub> – *Aqui é mesmo para mexer para ver o que é que elas fazem.*

Aluno A<sub>RT01</sub> – *Isto é o quê?*

Adulto<sub>RT01</sub> – *Se espreitares daqui, vais ver que a luz ao propagar-se em diferentes meios, vai chegar aqui com aspetos diferentes. Quando passa pela fibra ótica vai sofrer reflexão integral e consegue, exatamente, chegar aqui com mais luz.*

(Módulo da Reflexão Total)

A maioria das questões é formulada pelos adultos, com exceção para as questões de tipo de compreensão, as quais são formuladas maioritariamente pelos alunos (Tabela 9).

Tabela 9 – Elemento do grupo adulto – aluno que formula as questões (N=137)

Tipo de questões		Elemento questionador	f	%
Baixo nível cognitivo	Enciclopédico	Adulto	46	68%
		Aluno	22	32%
	De compreensão	Adulto	23	40%
		Aluno	35	60%
Elevado nível cognitivo	Relacionais	Adulto	9	82%
		Aluno	2	18%

Quanto às respostas obtidas nos discursos entre alunos e adultos, ou à ausência delas, (Tabela 10) verifica-se que a maioria destas obtém uma resposta. As respostas às questões de tipo de compreensão e relacionais são maioritariamente de tipo incompleto e, embora em reduzido número, algumas apresentam conceções alternativas (Tabela 11), um exemplo é o que a seguir se apresenta:

Aluna A<sub>RT31</sub> – Oh meninos... venham ver este...

Adulto<sub>RT31</sub> – Vocês têm que vir para aqui para perceber bem a experiência... e então, digam-me lá... qual é o orifício onde tem maior intensidade da luz?

Aluna A<sub>RT31</sub> – É o de cima.

Adulto<sub>RT31</sub> – É o de cima? [corresponde à fibra ótica]

Aluna A<sub>RT31</sub> – Sim.

Adulto<sub>RT31</sub> – É? Então porque é que será? Têm alguma ideia?

Aluna A<sub>RT31</sub> – Por ser fibra ótica?

Adulto<sub>RT31</sub> – *Fibra ótica, por dentro é constituída por espelhos. Isto é fibra ótica.*

Aluna A<sub>RT31</sub> – Espelhos? Reflete?

[...]

Tabela 10 – Resposta às questões nos discursos (adulto - alunos) (N=137)

Tipo de questão e resposta		f	%
Baixo nível cognitivo	Enciclopédico	Com resposta	52 76%
		Sem resposta	16 24%
	De compreensão	Com resposta	50 86%
		Sem resposta	8 14%
Elevado nível cognitivo	Relacionais	Com resposta	8 73%
		Sem resposta	3 27%

Tabela 11 – Natureza das respostas às questões nos discursos adulto - alunos (N=58)

Tipo de questão	Natureza da resposta	f
Compreensão	Cientificamente válidas	8
	Incompletas	42
	Concepções alternativas	0
Relacionais	Cientificamente válidas	1
	Incompletas	6
	Concepções alternativas	1

Pode-se assim concluir, que em termos globais, a presença de um adulto aumenta o número e o nível cognitivo das questões que são formuladas

junto a um módulo interativo. Contudo, constata-se que nem sempre essas questões são tecnicamente bem formuladas e são respondidas de modo válido em termos científicos.

Apesar de se registrar um aumento do nível de questões de elevado nível cognitivo na presença de um adulto, os alunos não são envolvidos num ciclo de questionamento. Após descreverem os fenômenos e as suas causas, estas últimas surgem muitas vezes como uma revisão de conceitos, os alunos abandonam o módulo sem voltarem a formular ou pensar sobre novas questões que lhes permitam interagir de novo com o módulo ou relacioná-lo com os outros módulos ou com situações do dia-a-dia. Por vezes, embora de modo escasso, alguns adultos inserem nas suas explicações pequenas referências sobre a história da ciência, designadamente o nome dos cientistas, mas não formulam questões que ajudem os alunos a pensar acerca da relevância histórica do fenómeno observado. Os seguintes excertos ilustram a diversidade no tipo de questões que são formuladas num dado discurso e o não envolvimento num ciclo de questionamento. Tal como referido por Gilbert e Priest (1997), as questões parecem ter como objetivo direccionar a conversa dos alunos. Nestes casos, até que uma explicação seja alcançada:

Aluno A<sub>EN67</sub> – Olha que fixe... o que é isto?

Adulto<sub>EN67</sub> – A luz branca vai bater naquele prisma e decompõe-se nas cores do arco-íris!

Aluno A<sub>EN67</sub> – Olha! Que giro! A luz branca tem as outras cores?

Adulto<sub>EN67</sub> – É um pouco isso! O que é que aqui conseguem ver? Isto chama-se o prisma de Newton!

Aluno A<sub>EN67</sub> – E depois a luz fica com estas cores do arco-íris!

Adulto<sub>EN67</sub> – Aqui é uma experiência diferente porque ele [Newton] experimentou decompor novamente a luz! A luz branca decompôs-se nas cores do arco-íris, e tentou fazer passar por um segundo prisma, que está aqui, e ver o que é que acontecia. Se se decompunha outra vez ou não! E então viu que, como podem ver, que não se decompõe novamente.

Aluno A<sub>EN67</sub> – Pois não...

(Módulo da Experiência de Newton)

Aluno B<sub>R14</sub> – Ora vamos ver... [Lendo do painel] “Observa as riscas no fundo através das lentes”.

Aluno A<sub>R14</sub> – Ah... Baixa...

Aluno C<sub>R14</sub> – Ah... bom... hum.

Adulto<sub>R14</sub> – Então o que é que podem observar?

Aluno B<sub>R14</sub> – Ficam mais largas, parece.

Aluno C<sub>R14</sub> – São diferentes.

Aluno A<sub>R14</sub> – Na minha opinião são mais grossas.

Adulto<sub>R14</sub> – E porque é que acham que elas ficam diferentes quando observam através das lentes? Ou não... ou sem ser através das lentes, ou mesmo que não seja através das lentes, imersas nos líquidos ou fora dos líquidos?

Aluno A<sub>R14</sub> – Tem a ver com a refração da luz na água.

Adulto<sub>R14</sub> – Pronto, há a refração... mas o que é que a refração da luz tem a ver com as riscas se verem de forma diferente? O que é que é a refração da luz?

Aluno B<sub>R14</sub> – É a luz que é refratada.

Adulto<sub>R14</sub> – E o que é que significa “A luz ser refratada”?

Aluno B<sub>R14</sub> – Quando a direção é diferente.

Adulto<sub>R14</sub> – Mas diferente porquê?

Aluno B<sub>R14</sub> – muda de sentido.

Adulto<sub>R14</sub> – ou seja, a refração da luz é o desvio do percurso da luz, e isso acontece sempre quando a luz passa de um meio para outro meio. Neste caso específico, nós estamos a ver as riscas porque há luz e que é refletida nas riscas. Essa luz, sempre que aparece um meio diferente é refratada, ou seja, muda de direção. [...] Quando nós observamos as riscas, estamos a fazer chegar aos nossos olhos luz que passa por meios diferentes, logo, tem uma refração diferente e a direção com que ela chega aos nossos olhos é que é diferente. Por isso é que nós vemos de forma diferente.

(Módulo da Refração)



Em síntese, os resultados obtidos sugerem que a presença de um adulto condiciona o discurso dos alunos e o tipo de questões a que são expostos. Contudo, a análise do discurso dos intervenientes sugere que estes poderão, se compreenderem a explicação do adulto, apenas atingir o nível II da escala de Bell et al. (2009), isto é compreensão do conhecimento científico associado ao módulo. O baixo nível cognitivo das questões formuladas por adultos, em particular professores no contexto das visitas de estudo a museus, foi também mencionada por DeWitt e Hohenstein (2010). Os autores sugeriram que esta dificuldade poderia estar associada à dificuldade destes profissionais formularem questões de elevado nível cognitivo. No presente estudo, a maioria dos professores não se encontrava familiarizado com o museu e, em particular com os módulos, como resultado os professores tal como os alunos interagem pela primeira vez com os módulos. Assim, não tiveram tempo para previamente pensarem acerca das suas potencialidades e do modo como poderiam ajudar os alunos a explorá-los durante a visita de estudo. Deste modo, ao que tudo indica, as intervenções dos professores parecem ser espontâneas. No caso da mediação por um monitor, e ao contrário dos professores, estes encontram-se familiarizados com os módulos. Uma das razões para não terem contribuído para a formulação de questões de elevado nível cognitivo poderá prender-se com o facto de as abordagens dos monitores aos módulos serem preferencialmente expositivas e muito marcadas pela colocação de questões de baixo nível cognitivo, maioritariamente enciclopédicas por eles próprios.

Embora os alunos tivessem efetuado uma visita de estudo a um museu de ciência, no qual podem encontrar objetos e experiências de um passado, não lhes é dada a possibilidade de refletir sobre a ciência como uma forma de saber; sobre os processos, conceitos e instituições da ciência (Nível IV da escala de Bell et al., 2009). Este é um aspeto que deveria ter sido discutido com os alunos. Não só porque a história da ciência é um assunto de abordagem recomendada nas orientações curriculares para as ciências Físico-Químicas (DEB, 2001) mas também porque no museu de ciência alguns dos módulos apenas apresentam uma espécie de facto histórico, por exemplo uma experiência como a experiência crucial de Newton de modo descontextualizado. Assim, nas discussões deveriam ser abordados aspetos que interessam considerar sobre a história da ciência para alunos desta faixa

etária (tais como a natureza inacabada do conhecimento científico; a importância das evidências na construção de modelos científicos; a importância do questionamento na atividade científica, os êxitos e fracassos no trabalho dos cientistas, a aceitação de novas ideias pelas comunidade científica; ou o impacto social destas ideias na sociedade da época) (DEB, 2001). Esta ausência da história da ciência nos discursos, pelo menos no dos professores seria de esperar pois como refere Duarte (2004), após rever alguns estudos sobre o modo como os professores de Física e Química percebem a história da ciência nas suas aulas, os professores parecem valorizar a história da ciência no ensino das ciências mas o modo como a inserem na sala de aula não parece ser concordante com as recomendações para a sua abordagem. A não abordagem da história da ciência num museu de ciência parece ser algo surpreendente na medida em que estas instituições desempenham um papel na preservação do património histórico científico sendo a sua principal função a de construir e apresentar uma imagem da ciência, evidenciando os seus objetivos e realçando a forma como estes mudaram ao longo dos séculos (Delicado, 2010). Uma vez mais, o desconhecimento dos professores da instituição e dos seus recursos poderá ter impedido que estes se familiarizassem com as narrativas históricas que é possível discutir nestes locais com os alunos. Mais difícil de explicar é a ausência de narrativas históricas nos discursos em que participam os monitores pois ao contrário dos professores estes presumivelmente estão familiarizados com a instituição, com a sua missão e com os módulos e sua exploração.

Constata-se também que embora adultos e alunos se envolvam em diálogos nos quais são empregues conceitos de ciência, fazem-no usando uma linguagem científica descuidada (nível V da escala de Bell et al., 2009). Tal como descrito na literatura (Cox-Petersen et al., 2003; Tal e Morag, 2007) as questões formuladas, são na sua maioria de nível cognitivo baixo, o que sugere que o modelo tradicional de ensino, no qual as questões não apresentam um papel central (McClure, 2004), é transposto para o espaço do museu pelos professores e monitores. Como resultado, os adultos não promovem o envolvimento dos alunos num ciclo de questionamento, talvez por desconhecimento quer das capacidades que ele permite desenvolver quer das estratégias que podem ser usadas para o promover no contexto dos museus.

Muitas das estratégias usadas pelos monitores experientes parecem ser o resultado das suas práticas (Lourenço & Afonso, no prelo) e vários estudos tem apresentado evidências de que os professores têm dificuldades em implementar visitas de estudo que promovam a aprendizagem (Griffin 2007; Olson, 1999; Storksdieck et al, 2007; Tal et al 2005; Varela, 2009).

#### **4.2.3.2. Lecionação prévia do tema Som e Luz**

Os dados permitem verificar que ocorreu um maior número de interações verbais, de algum modo relacionadas com os módulos, entre os alunos que já tinham lecionado o tema em sala de aula (66,3%) (Tabela 12). Por outro lado, tendo em conta as categorias usadas para analisar o discurso dos participantes, constata-se que o conteúdo dessas interações verbais é semelhante (Gráfico 4) em ambos os grupos. Regista-se uma predominância de expressões de natureza percetual (35,2% para alunos que ainda não tinham lecionado o tema e 36,8% para alunos que já tinham lecionado o tema); uma percentagem semelhante de expressões de natureza afetiva (23,1% para alunos que ainda não tinham lecionado o tema e 23,3% para alunos que já tinham lecionado o tema) e estratégica (22,0% para alunos que ainda não tinham lecionado o tema e 21,8% para alunos que já tinham lecionado o tema); e uma percentagem semelhante mas reduzida de expressões de conexão (2,2% para alunos que ainda não tinham lecionado o tema e 5,3% para alunos que já tinham lecionado o tema) e de metacognição (1,1% para alunos que ainda não tinham lecionado o tema e 0,8% para alunos que já tinham lecionado o tema). Quanto às expressões de natureza explicativa regista-se uma diferença entre os dois grupos; a percentagem é maior no grupo de alunos que ainda não abordou o tema (17,6% para alunos que ainda não tinham lecionado o tema e 12,8% para alunos que já tinham lecionado o tema).

Tabela 12 – Interações orais entre alunos que já lecionaram e alunos que não lecionaram o tema “Som e Luz” (N=83)

Situação	f	%
Não lecionado	28	33,7%
Lecionado	55	66,3%

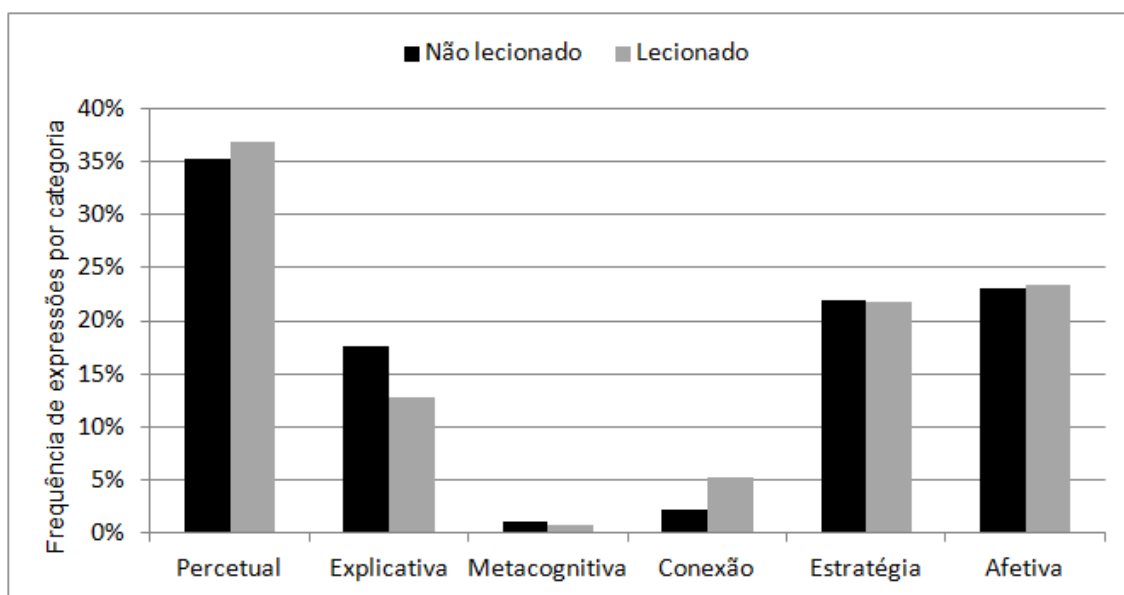


Gráfico 4 – Categorias de “expressões de aprendizagem” nas interações entre adultos e alunos antes e após ser lecionado o tema “Som e Luz” (n=226)

No que diz respeito às questões formuladas por estes dois subgrupos de alunos, constata-se que o dos alunos que já abordaram o tema apresenta uma percentagem maior de questões formuladas de natureza cognitiva e uma percentagem menor de questões de natureza estratégica formuladas (Tabela 13).

Tabela 13 – Natureza das questões formuladas em função dos conhecimentos prévios dos alunos (N=157)

Tema Som e luz	Natureza da questão	f	%
Não lecionado	Cognitiva	37	64,9%
	Estratégica	20	35,1%
	Afetiva	0	0,0%
Lecionado	Cognitiva	84	84,0%
	Estratégica	15	15,0%
	Afetiva	1	1,0%

Em relação às questões de natureza cognitiva, constata-se que as questões de tipo de compreensão são as mais formuladas em ambos os subgrupos de alunos (Tabela 14). No entanto, estas questões são formuladas por uma percentagem superior de alunos do subgrupo ao qual ainda não foi lecionado (70,3%) o tema “Som e Luz” (Tabela 14). Tal poderá ser explicado pela menor familiaridade dos alunos, que ainda não lecionaram o tema, com os fenómenos que se observam.

Tabela 14 – Interações verbais com questões cognitivas por tipo de questão em função dos conhecimentos prévios dos alunos (N=121)

Tema Som e luz	Natureza da questão	f	%
Não lecionado	Enciclopédico	11	29,7%
	De compreensão	26	70,3%
	Relacionais	0	0,0%
Lecionado	Enciclopédico	33	39,3%
	De compreensão	48	57,1%
	Relacionais	3	3,6%

Em relação às respostas às questões constata-se que a percentagem de questões com resposta é semelhante em ambos os subgrupos (Tabela 15). Também em ambos os subgrupos, as respostas às questões de tipo de compreensão são maioritariamente incompletas do ponto de vista científico (Tabela 16).

Tabela 15 – Frequência e percentagem de respostas às questões de baixo nível cognitivo em função da lecionação do tema Som e Luz (N=118)

Tema Som e luz	Tipo de questão e resposta		f	%
Não lecionado	Enciclopédico	Com resposta	8	72,7%
		Sem respostas	3	27,3%
	De compreensão	Com resposta	15	57,7%
		Sem respostas	11	42,3%
Lecionado	Enciclopédico	Com resposta	27	81,8%
		Sem respostas	6	18,2%
	De compreensão	Com resposta	26	54,2%
		Sem respostas	22	45,8%

Tabela 16 – Natureza das resposta às questões em função da leçãoção prévia do tema Som e Luz (N=41)

Tema Som e luz	Respostas às questões de compreensão	f
Não lecionado	Cientificamente válidas	1
	Incompletas	14
	Conceções alternativas	0
Lecionado	Cientificamente válidas	3
	Incompletas	22
	Conceções alternativas	1

Resumindo, em termos gerais, os alunos a quem foi previamente lecionado o tema “Som e Luz” têm mais conversas relacionadas com os módulos do que os alunos que ainda não abordaram o tema na sala de aula. Também se constatou que o conteúdo dos discursos dos alunos de ambos os subgrupos é semelhante, com exceção para as expressões explicativas as quais apresentam uma percentagem maior entre os alunos que já lecionaram o tema. Este resultado poderá ser justificado pelo facto de os alunos que já lecionaram o tema serem capazes de recordar o fenómeno em causa. Por outro lado, as questões de tipo de compreensão são mais formuladas pelos alunos que ainda não lecionaram o tema. Uma das razões para este facto poderá estar relacionado com o facto de estes alunos não se encontrarem familiarizados com os fenómenos observados.





## **CAPÍTULO V – CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES DE INVESTIGAÇÃO**

### **5.1 Introdução**

Este capítulo, que se inicia com uma apresentação geral da sua estrutura (5.1), pretende apresentar de um modo sucinto as conclusões do estudo apresentado em função das questões que conduziram a investigação (5.2). Prossegue com uma referência às implicações da investigação e das conclusões que permitiu retirar (5.3), ao que se sucede a apresentação de sugestões para futuras investigações que se afiguram pertinentes no âmbito do questionamento durante as interações dos alunos com os módulos interativos no decurso das visitas de estudo aos Museus de Ciência, assim como dos níveis de aprendizagem evidenciados pelos alunos fruto dessas interações (5.4).

### **5.2 Conclusões do estudo**

Tendo em conta as questões que conduziram a investigação, formuladas no capítulo I, podem retirar-se várias conclusões. Estas conclusões são apresentadas abaixo, e agrupadas de forma a responder a cada uma das questões de investigação, nomeadamente quanto ao tipo de questões formuladas; à natureza das respostas dos alunos às questões formuladas pelos alunos; aos níveis de aprendizagem evidenciados pelos alunos como resultado das interações com os módulos interativos; e, finalmente, aos fatores que afetam a formulação de questões durante a interação com os módulos.

Assim, e relativamente aos tipos de questões formuladas por alunos do 8º ano de escolaridade durante a interação com módulos interativos no tema ótica, e atendendo aos resultados obtidos, pode concluir-se que em cerca de 25% das interações aluno-aluno é não se registou qualquer tipo de questão. Quando ocorre a formulação de questões por parte dos alunos, as conversas entre eles revelam-se muito associadas à descrição de efeitos produzidos pela

ativação do módulo ou então a aspetos afetivos ligados ao prazer provocado pelo que observam. Em consequência disto, os alunos não se envolvem num ciclo de questionamento, o qual, caso ocorresse, poderia contemplar uma descrição do fenómeno e encontrar as suas causas, para além de possibilitar o estabelecimento de previsões sobre como o fenómeno ocorreria sob diferentes condições (Allen, 2002). Entre as questões colocadas nas interações verbais aluno-aluno, 23% inserem-se em categorias estratégicas, ou seja, têm como função principal encorajar a interação por parte de outros membros do grupo ou são uma tentativa de tentar perceber como se faz funcionar o módulo. As restantes questões formuladas nas interações aluno-aluno são de natureza cognitiva, e maioritariamente de baixo nível cognitivo, sendo residuais aquelas que se enquadram num elevado nível cognitivo, sendo estas últimas de tipo relacional. Esta constatação encontra-se em consonância com os estudos que analisaram as questões formuladas de modo espontâneo pelos alunos em contexto de sala de aula, nos quais se concluiu que este tipo de questões são as mais formuladas (Chin & Osborne, 2008; Graesser & Person, 1994; Harlen, 2006; Wellington, 2000; White & Gunstone 1992; Wragg & Brown, 2001). De entre as questões de baixo nível cognitivo formuladas nas interações verbais aluno-aluno, a maioria são do tipo de compreensão, ao contrário de outros estudos (Oliveira, 2008), o que poderá estar associado às particularidades do contexto problemático com o qual os alunos estão confrontados. Quanto às questões do tipo enciclopédico, que privilegiam a aquisição de conceitos, apresentam também uma elevada frequência, o que é concordante com o registado nos estudos de Chin e Brown (2000) e Dahlgren e Öberg (2001).

Quanto à natureza das respostas dos alunos às questões formuladas pode concluir-se que nas interações aluno-aluno, a maioria das questões colocada obtém uma resposta. No caso das respostas às questões do tipo enciclopédico, no entanto, a grande maioria tem um cariz ambíguo o que parece revelar falta de confiança na resposta dada. Aproximadamente metade das questões do tipo de compreensão não recebem qualquer resposta e, de entre as que são respondidas, a maior parte tem resposta incompleta. Por vezes, nas interações aluno-aluno, os alunos, quando são questionados, avançam com respostas que não reportam à questão colocada mas que

traduzem tudo aquilo que o aluno entendeu como relevante na sua interação com o módulo.

No que respeita aos níveis de aprendizagem evidenciados pelos alunos como resultado das interações com os módulos interativos, a análise dos discursos dos alunos, permite constatar que estes são marcados por expressões do tipo perceptual, afetivo e de estratégia, sendo reduzidas as expressões explicativas, raras as de conexão, e residuais as de natureza metacognitiva. Este tipo de discurso, concordante com os resultados do estudo de Allen (2002), sugere que os níveis de aprendizagem que os alunos poderão ter atingido, de acordo com a tipologia de Bell et al. (2009), são o nível I, que pressupõe interesse e motivação para aprender sobre os fenómenos do mundo natural e físico e alguns o nível II, o qual pressupõe a capacidade para relembrar e compreender os produtos da ciência, tais como, as explicações, modelos e teorias. Progredir para níveis superiores de aprendizagem implicaria o envolvimento dos alunos num ciclo de questionamento (nível III da tipologia de Bell et al. (2009)) no quais os alunos pudessem, por exemplo, questionar e responder a questões, avaliar evidências, argumentar, (re)construir e avaliar modelos, e avançar com prognósticos. Contudo, as questões que os alunos formulam com os seus pares, essencialmente de baixo nível cognitivo, sugerem que estes estão interessados nos componentes do sistema físico e na descrição dos fenómenos associados aos módulos não se evidenciando um particular interesse em responder a questões de tipo relacional, de avaliação e de procura de soluções.

Finalmente, e no que se refere à análise dos fatores que afetam a formulação de questões durante a interação com os módulos, foram analisados dois dos fatores que à partida poderiam condicionar a formulação de questões de nível cognitivo por parte dos alunos. Assim, e quanto à mediação de um adulto, os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que durante as visitas de estudo ao museu de ciência, e em termos relativos, o número de questões por interação quando há participação de um adulto foi superior à que ocorreu nas interações aluno-aluno, o que evidencia que esta participação é, em termos quantitativos, importante no que toca ao levantamento de questões. No entanto, a maioria das interações dos alunos com os módulos não

beneficiou da presença de um adulto. A quase totalidade das questões colocadas insere-se na categoria cognitiva, mas, ainda assim, são maioritariamente de baixo nível cognitivo e as questões de elevado nível cognitivo continuam a ser somente do tipo relacional. Quanto às questões de baixo nível cognitivo, e ao contrário do verificado nas interações sem a presença de um adulto, o número de questões enciclopédicas é superior às do tipo de compreensão, sendo estas maioritariamente colocadas pelos alunos enquanto as enciclopédicas são maioritariamente colocadas pelos adultos. As questões do tipo relacional são maioritariamente colocadas pelos adultos. A maioria das questões obtém uma resposta, sendo que as respostas relativas às questões do tipo de compreensão e relacionais são maioritariamente de tipo incompleto. Embora num número reduzido, algumas das respostas registadas apresentam conceções alternativas. Em relação aos discursos em que só participam alunos, os discursos nos quais um adulto participa são marcados por expressões do tipo explicativo, embora nem sempre apresentem a correção científica desejável. São também marcados por uma redução acentuada na ocorrência de expressões do tipo perceptual e afetivo e mantêm reduzidas as expressões de conexão e residuais as de natureza metacognitiva, ainda que ambas tenham aumentado a sua incidência. Como resultado, os discursos de grupos nos quais participa um adulto não evidenciam aprendizagens que vão para lá do nível II da tipologia de Bell et al. (2009). Também se constata uma quase ausência da história da ciência nos discursos nos quais os adultos participam. Quando ela é mencionada resume-se a breves factos históricos, tais como o nome do cientista e a experiência que realizou, sem que outros aspetos relevantes, nomeadamente o significado dessa experiência ou a sua aceitação pela comunidade científica sejam discutidos e questionados. Deste modo não é dado aos alunos a possibilidade de refletirem sobre a ciência como uma forma de saber; sobre os processos, conceitos e instituições da ciência, isto é de progredirem para o nível IV de aprendizagem na taxonomia de Bell et al, (2009).

O segundo fator analisado, de entre aqueles que afetam a formulação de questões durante a interação com os módulos, foi relativo à familiaridade dos alunos nos temas da exposição na qual decorreu o estudo. Para tal compararam-se os discursos e as questões dos alunos em função da

lecionação prévia do tema “Som e Luz” em contexto de sala de aula. Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que se registaram mais interações verbais de grupos de alunos junto aos módulos quando os alunos já tinham lecionado o tema “Som e Luz”. No entanto, verifica-se que o conteúdo das interações verbais é semelhante em ambos os grupos, registando-se apenas alguma diferença nas expressões de conexão, com maior frequência nos grupos de alunos aos quais o tema foi já lecionado, e nas expressões de natureza explicativa, mais frequentes nos grupos de alunos aos quais o tema ainda não tinha sido lecionado. Quanto às questões formuladas, conclui-se que as de natureza cognitiva são mais frequentes nos grupos de alunos aos quais o tema foi já lecionado, enquanto as de natureza estratégica são mais frequentes nos grupos de alunos aos quais o tema ainda não foi lecionado. Relativamente às questões de natureza cognitiva, conclui-se que em ambos os subgrupos de alunos as questões de tipo de compreensão são as mais formuladas, embora em termos relativos a incidência seja superior no subgrupo dos alunos aos quais o tema “Som e Luz” ainda não foi lecionado, o que poderá estar associado à menor familiaridade dos alunos com os fenómenos que se observam. A percentagem de questões com resposta é semelhante em ambos os subgrupos, o mesmo acontecendo com o facto de estas serem maioritariamente incompletas sob o ponto de vista científico nas questões de tipo de compreensão. Assim, pode concluir-se que, no âmbito deste estudo, embora se registassem algumas diferenças, o facto de ter sido ou não lecionado o tema “Som e Luz” não parece ter condicionamento a aprendizagem a nem a geração espontânea de questões.

Em síntese, mesmo tendo em conta as limitações identificadas na secção 1.5, o que não permite generalizar os resultados obtidos, pode-se constatar que os alunos geram questões de modo espontâneo nas interações com os seus pares. Estas questões são maioritariamente de baixo nível cognitivo, sendo as questões do tipo de compreensão respondidas de modo incompleto. A análise do discurso dos alunos revela que este é marcado por expressões percetuais e afetivas, sendo poucas as expressões explicativas. Tal sugere que, quando muito, os alunos atingem o nível II de aprendizagem de acordo com as categorias de Bell et al. (2009). Constata-se que a presença de um adulto nas interações dos alunos resulta num aumento do número de

questões por interação sem que no entanto sejam registadas grandes alterações no tipo de questões formuladas e na natureza das repostas produzidas. Os discursos são marcados por expressões explicativas embora nem sempre apresentam a correção científica desejável; por uma quase ausência da história da ciência; e não evidenciam aprendizagens que vão para lá do nível II da tipologia de Bell et al. (2009). O facto de alguns alunos terem já abordado o tema, não se constituiu como um fator determinante no condicionamento da aprendizagem nem da geração espontânea de questões.

### **5.3 Implicações dos resultados da investigação**

Tendo em conta os dados recolhidos e analisados neste estudo e as conclusões retiradas, podem-se considerar algumas implicações deste estudo para a formação de professores e monitores; para o desenho dos módulos e área expositiva; para o desenho de recursos de apoio à exploração dos módulos.

No que diz respeito à formação inicial e contínua de professores, deste estudo parece importante que estes compreendam qual a missão e potencialidades dos museus de ciência e o modo como esta se articula com as orientações para o ensino-aprendizagem das ciências; que analisem em que medida as suas práticas nestes locais são as mais adequadas; que conheçam e discutam as ofertas destes locais e as narrativas históricas que podem ser construídas em torno dos objetos e módulos que expõem; que elaborem, de modo fundamentado, estratégias que promovam o envolvimento dos alunos num ciclo de questionamento durante as visitas de estudo ao museu de ciência.

No que respeita ao desenho dos módulos e da área expositiva, o estudo parece indicar que não basta incluir nos módulos elementos interativos que deem liberdade ao aluno para a sua exploração. É necessário que estes sejam fáceis de operacionalizar. Torna-se por isso necessário que os painéis complementares aos módulos apresentem de modo claro instruções para o funcionamento do mesmo. Também o desenho da área expositiva deveria ser repensado. Ao invés de apresentar os módulos organizados em torno de um

tema, estes poderiam promover níveis mais elevados de questionamento se organizados em torno de questões problemáticas, embebidas em narrativas históricas. Pois como é referido por Afonso e Gilbert (2008), as narrativas facilitam a ligação entre as experiências providenciadas pela exposição e as vidas pessoais do visitante; ajudam a compreender um outro tempo e outros lugares e encorajam à reflexão pessoal, estimulam a reflexão e a empatia pelos outros, designadamente pelos cientistas.

No que diz respeito ao desenho de recursos de apoio à exploração dos módulos estes poderão ser uma mais-valia para os alunos durante a visita de estudo, especialmente quando estas são do tipo livre, mesmo quando os professores e monitores são bons mediadores de aprendizagem. Pois como refere Gutwill & Allen (2010a), o professor e o monitor não conseguem facilitar, por questões logísticas, a aprendizagem de todos os grupos de alunos. Estes recursos poderiam ser pensados na forma de fichas semiestruturadas com questões de tipo aberto pois estas parecem, e de acordo com o estudo de Mortensen e Smart (2007), estimular o diálogo e o questionamento de nível cognitivo elevado entre os alunos. Também se poderia pensar em adicionar aos painéis explicativos questões uma vez que lhes é reconhecida a função de promotores do ciclo de questionamento, dado que são uma fonte de informação privilegiada porque os visitantes lhes prestam atenção e os leem (Allen, 2002; McManus, 1989). Estas são aliás algumas estratégias que segundo monitores experientes parecem favorecer o questionamento dos alunos em centros interativos de ciência (Loureço e Afonso, no prelo).

Relativamente aos monitores que fazem o acompanhamento dos alunos durante as visitas de estudo, revela-se preponderante a sua formação de base e nível de conhecimento sobre a exposição e os fenómenos lá representados. Assim, os monitores devem estar consciente de que, tal como os professores, também desempenham um papel fulcral como facilitadores da aprendizagem. Deve ser, então, pedido aos monitores que estimulem a interação dos alunos com os módulos, nomeadamente através da colocação de questões de diferentes níveis cognitivos, direcionando o foco dos alunos para os pontos-chave dos módulos ou da exposição, apelando ao reconhecimento por parte dos alunos dos seus conhecimentos prévios sobre os assuntos abordados no módulo, estimulando os alunos a pensar sobre que outros assuntos

relacionados com os módulos gostariam de saber mais, estimular e ajudar o aluno a fazer previsões, elaborar explicações, estabelecer conexões com o seu dia-a-dia, com os conhecimentos e com outros elementos da exposição (Lourenço & Afonso, no prelo). Tal como preconizado para os professores, deste estudo resulta a necessidade de aos monitores serem facultadas ações de formação contínua que os ajudem a repensar e a alterar a sua prática.

#### **5.4 Sugestões para futuras investigações**

Considerando os resultados obtidos neste estudo, e tendo em conta as limitações que apresenta e as múltiplas questões que foram surgindo durante a investigação, apresentam-se a seguir algumas sugestões para estudos futuros com o intuito de que venham a contribuir para averiguar, clarificar ou aprofundar alguns dos aspetos que, sendo de indiscutível relevância, ou não foram analisados nesta dissertação ou então foram sujeitos a uma análise superficial.

Tendo em conta que este estudo foi realizado com uma amostra de alunos oriundos de apenas cinco escolas, seria interessante realizar um estudo mais abrangente, que englobasse uma amostra representativa de alunos, de um maior e mais geograficamente representante universo de escolas portuguesas. Estas escolas deveriam incluir uma diversidade tal que representasse a variedade de contextos sociais, tanto económicos como culturais, nomeadamente escolas com designação de Território Educativo de Intervenção Prioritária (TEIP) e Estabelecimentos de Ensino Particular e Cooperativo.

Tendo o estudo sido realizado com alunos do 3º Ciclo do Ensino Básico, a realização de um estudo idêntico com alunos do Ensino Secundário, no qual o tema ótica também é lecionado, seria interessante pois permitiria analisar a condicionante “faixa etária” e, de uma forma diferente relativamente a este estudo, o conhecimento prévio, e de longo prazo, dos alunos no questionamento durante as interações nos módulos nas visitas de estudo em Museus de Ciência.



Partindo do pressuposto que os painéis junto aos módulos têm um papel preponderante na interação (Gutwill, 2006; Hohenstein & Tran, 2007), a alteração dos seus conteúdos e localização seriam fatores a considerar numa nova investigação no sentido de apurar de que forma essas alterações implicariam na interação dos alunos com os módulos e no questionamento durante as mesmas.

Dada a relevância das atividades pré, durante e pós visita (Hooper-Greenhill, 2000; Kisiel, 2003a; Price & Hein, 1991; Rennie & McClaferty, 1995; Sheppard, 2000), a realização de um novo estudo com alunos do 8º ano de escolaridade que preveja a realização das referidas atividades permitiria inferir até que ponto as mesmas seriam um fator de promoção de mais interações verbais, com discursos de nível cognitivo mais elevado e da maior incidência de questões de elevado nível cognitivo, com o consequente envolvimento dos alunos num ciclo de questionamento.

Em consequência da importância de que os alunos formulem questões de elevado nível cognitivo nos museus de ciência Gutwill & Allen (2010a), seria adequado promover um estudo que considerasse a possibilidade de um conjunto de professores serem incentivados a fazer a preparação de uma visita de estudo a um museu incluindo a discussão prévia com os alunos sobre vários temas, nomeadamente sobre o espaço que iriam visitar, os módulos associados aos temas já lecionados em contexto de sala de aula, e quanto aos objetivos fundamentais da visita de estudo, que preferencialmente poderia passar pela apresentação de algumas questões prévias. A investigação poderia aquilatar até que ponto este tipo de preparação seria suficientemente eficaz para promover a formulação de questões de elevado nível cognitivo nas visitas aos museus de ciência.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_ (s.d.). Grande enciclopédia portuguesa e brasileira. Vol. XXIV. Lisboa: Editorial Enciclopédia.

Afonso, A. & Gilbert, J. (2008). The Nature of Exhibits About Acoustics in Science and Technology Centres. *Research in Science Education*, 38, 633–651.

Allen, S. (2002). Looking for learning in visitor talk: A methodological exploration. In G. Leinhardt, K. Crowley, & K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums* (pp. 259–303). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Allen, S. (2004). Designs for learning: Studying science museum exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88 (1), S17-S33.

Allen, S. & Feinstein, N. (2003). The effect of physical interactivity on visitor behavior and learning. Manuscript in preparation.

Allen, S. & Gutwill J. (2004). Designing with multiple interactives: Five common pitfalls. *Curator*, 47(2): 199- 212.

Allen, S. & Gutwill, J. (2009). Creating a program to deepen family inquiry at interactive science exhibits. *Curator*, 52(3), 289-306.

Allen, D. & Tanner, K. (2002). Approaches to cell biology teaching: questions about questions. *Cell Biology Education*, 1, 63–67.

ALMEIDA, M. (2005). O contexto do visitante na experiência museal: semelhanças e diferenças entre museus de ciência e de arte. *Hist. cienc. saude-Manguinhos* [online]. vol.12, suppl., pp. 31-53. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702005000400003>.

Anderson, D. & Zhang, Z. (2003). An investigation of the factors influencing K–7 teacher’s decisions to make field trip visits to Science World B.C. Relatório não publicado, Universidade de British Columbia, Canada.

Anderson, D. et al. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 177-199.

Anderson, D. et al. (2006). Understanding Teacher's Perspectives on Field Trips: Discovering Common Ground in Three Countries. *Curator*, 49 (3), 365-386.

Bell, B.; Lewenstein, B.; Shouse, A.; Feder, M. (2009). Learning science in informal environments: People, places, and pursuits. Washington DC: The National Academies Press.

Biddulph, F., & Osborne, R. (1982). "Some issues relating to children's questions and explanations". LISP(P) Working Paper No. 106, University of Waikato, New Zealand.

Braund, M. & Reiss, M. (2004). The nature of learning science outside the classroom. In Braund, M. & Reiss, M. Learning science outside the classroom. New York: Routledge Falmer, 1-12.

Caldeira, H. & Antunes, E. (2005). O Museu de Física da Universidade de Coimbra: das Origens às preocupações actuais. In (SILVA, Armando Coelho da; SEMEDO, Alice, coord. - Coleções de ciências físicas e tecnológicas em museus universitários : homenagem a Fernando Bragança Gil. Porto : Universidade do Porto. Faculdade de Letras. Departamento de Ciências e Técnicas do Património.).

Chin, C. (2001). Learning in science: What do students' questions tell us about their thinking? *Education Journal*, 29(2), 85–103.

Chin, C., & Brown, D.E. (2000). "Learning deeply in science: An analysis and reintegration of deep approaches in two case studies of grade 8 students." *Research in Science Education*, 30(2), 173-197.

Chin, C., & Brown, D. E. (2002). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24, 521–549.

Chin, C., & Chia, L.G. (2004). Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88, 707–727.

Chin, C. & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.

Colinvaux, D. (2005). Museus de ciência e psicologia: Interatividade, experimentação e contexto. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*. Rio de Janeiro: Fiocruz, v. 12, n. Suplemento, p. 79-91.

Costa, J. et al. (2000). An analysis of question asking on scientific texts explaining natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 602-614.

Cox-Petersen, A., Marsh, D., Kisiel, J., & Melber, L. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 200–218.

Dahlgren, M. & Öberg, G. (2001). Questioning to learn and learning to question: Structure and function of problem based learning scenarios in environmental science education. *Higher Education*, 41, 263-282.

Departamento de Educação Básica (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico: Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.

Departamento de Ensino Secundário (2001). *Programa de Física e Química A 10º ou 11º ano. Curso científico-humanístico de ciências e tecnologias*. Lisboa: Ministério da Educação.

Delicado, A. (2010). Exhibiting science in Portugal- Practices and representations in museums. *Portuguese Journal of Social Science*, 9 (1), 19-32.

DeWitt, J. & Osborne, J. (2007). Supporting Teachers on Science-focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29(6), 685-710.

DeWitt, J. & Storksdieck, M. (2008). A Short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, v. 11, n.2, p. 181-197.

DeWitt, J., & Hohenstein, J. (2010). School trips and classroom lessons: An investigation into teacher-student talk in two settings. *Journal of Research in Science Teaching* 47(4), 454-473.

DE Ketele, J-M. e Roegiers, X. (1999). *Metodologia de Recolha de Dados. Fundamentos dos métodos de observações, de questionários, de entrevistas e de estudo de documentos*. Lisboa, Instituto Piaget.

Dierking, L., Ellenbogen, K., & Falk, J. (2004). In principle, in practice: Perspectives on a decade of museum learning research (1994-2004). *Science Education*, 88 (Supplement 1).

Dillon, J.T. (1989). *The practice of questioning*. London: Routledge.

Dourado, L., & Leite, L. (2010). Questionamento em manuais escolares de Ciências: Que contributos para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas da “sustentabilidade na Terra”? In E. Canalejas Couceiro & C. García Rodríguez (Coord.). *Boletín das Ciencias – XXIII Congreso de ENCIGA*. A Coruña: ENCIGA (Ensinantes de Ciencias de Galicia).

Dori, Y.J., & Herscovitz, O. (1999). Question posing capability as an alternative evaluation method: Analysis of an environmental case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 411–430.

Duarte, M. (2004). A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 10(3), 317-331.

Falk, J. et al (2007). *In principle, in practice: museums as learning institutions*. Lanham, MD: Altamira Press.

Falk, J. e DierKing, L. (1992). *The museum experience*. Washinton, Dc: Whalesbak Books.

Falk, J. & Dierking, L. (2000). Learning from Museums: Visitor experiences and the making of meaning. Walnut Creek, CA: Altamira Press.

FINO, C. (2001). Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três implicações pedagógicas. Revista Portuguesa de Educação, v 14, n. 2, p. 273-291.

Friedman, A. (2000), 'Museums, communities and contemporary science', in Lindquist, S. (ed.), Museums of modern science, Canton, MA: Watson, pp. 43-51.

Gall, M. et al. (2003). Educational Research: an introduction. (7ª Ed.) Nova Iorque: Longman.

Ghiglione, R. & Matalon, B. (1997). O Inquérito (3ª Ed.). Lisboa: Celta Editora.

Gil, F. (1989). Museus de Ciência – preparação do futuro, memória do passado. Revista Colóquio/Ciências. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 3, 72-89.

Gil, F. (1993a). Museus de Ciência e Técnica. In Rocha-Trindade, M.B., (coord.) Iniciação à Museologia. Lisboa: Universidade Aberta, 245-264.

Gil, F. (1993b). O Objecto como gerador de informação. In Rocha-Trindade, M.B., (coord.) Iniciação à Museologia. Lisboa: Universidade Aberta, 245-264.

Gil, F. (2003). Nova associação junta 23 museus e centros de ciência portugueses. Jornal o Público. 30 de Maio, p. 33.

Gilbert, J. (Ed) (2006). Science Education in schools: issues, evidence and proposals. TLRP: London.

Gilbert, J. & Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: horses for courses? International Journal Science Education, 20(1), 83-97.

Gilbert, J., & M. Priest. 1997. Models and discourse: A primary school science class visit to a museum. Science Education, 81(6): 749-762.

Gottfried, J. (1980). Do children learn on school field trips? *Curator*, 23, 165–174.

Graesser, A.C. & Person, N.K. (1994). Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, 31, 104-137.

Gregory, J. & Miller, S. (1998). *Science in public: communication, culture and credibility*. New York. Plenum Trade.

Griffin, J. (1998). Learning Sciences Trough Practical Experiences, in Museums. *International Journal of Science Education*, 20 (6), 655-663.

Griffin, J. (2004). Research on Students and Museums: Looking More Closely at the Students in School Groups. *Science Education*, 88, 59-70.

Griffin, J. (2007). Students, teachers, and museums: towards an intertwined learning circle. In Falk, J. et al (Eds). *In principle, in practice: museums as learning institutions*.

Griffin, J. & Symington, D. (1997). Moving from Task-Oriented to Learnig-Oriented Strategies on School Excursions to Museums. *Science Education*, 88, 59-70.

Gutwill, J. (2005). Observing APE. In T. Humphrey, J. Gutwill, and the Exploratorium Team (eds), *Fostering Active Prolonged Engagement: The art of creating APE exhibits* (pp. 5-21). San Francisco: Exploratorium.

Gutwill, J. (2006). Labels for Open-ended Exhibits: Using Questions and Suggestions to Motivate Physical Activity. *Visitor Studies Today*, 9(1), 1-9.

Gutwill, J., & Allen, S. (2010a). *Group Inquiry at Science Museum Exhibits: Getting Visitors to Ask Juicy Questions*. Walnut Creek: Left Coast Press.

Gutwill, J., & Allen, S. (2010b). Facilitatng Family Group Inquiry at Science Museum Exhibits. *Science Education*, 94(4), 710-742.

Harlen, W. (2006). *Teaching, learning and assessing science 5–12*. London: Sage Publications.



- Hecht, E. (1974). *Optics*. London: Addison –Wesley Publishing Company, Inc.
- Hein, G. (1998). *Learning in the museums*. London. Routledge.
- Hohenstein, J. & Tran, L. (2007). The use of questions in exhibit labels to generate explanatory conversation among science museum visitors. *International Journal of Science Education*, 29 (12).
- Hooper-Greenhill, E. (1994) *Education, communication and interpretation: towards a critical pedagogy in museums*. In: Hooper-Greenhill, E. (ed.). *The educational role of the museum*. Londres, Routledge, p. 3-25.
- Hooper-Greenhill, E. (2000). *Museums and the interpretation of visual culture*. New York, NY: Routledge.
- Humphrey, T. & Gutwill, J. (2005). *Fostering Active Prolonged Engagement: The art of creating APE Exhibits*. Left Coast Press: Walnut Creek.
- ICOM Statutes (1989). *Maison de L'Unesco : Paris Cedex 15, France*.
- Jakobsson, A. & Davidsson, E. (2012). *Understanding Interactions at Science Centers and Museums*. Sense Publishers: Rotterdam.
- Jarvis, T. & Pell, A. (2005). Factors influencing elementary school children's attitudes towards science before, during and after a visit to the UK National Space Centre; *Journal of Research in Science Teaching* , 42, 53-83.
- King, A. (1992). Comparison of self-questioning, summarizing, and notetaking-review as strategies for learning from lectures. *American Educational Research Journal*, 29(2), 303-323.
- Kisiel, J.F. (2003a). *Revealing teacher agendas: An examination of teacher motivations and strategies for conducting museum field trips (Unpublished dissertation)*. University of Southern California, Los Angeles, CA.
- Kisiel, J.F. (2003b). Teachers, museums and worksheets: A closer look at the learning experience. *Journal of Science Teacher Education*, v.14, n.1, p. 3-21.

Kubota, C. & Olstad, R. (1991). Effects of novelty-reducing preparation on exploratory behaviour and cognitive learning in a science museum setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (3), 225-234.

Leinhardt, G., Crowley, K., & Knutson, K. (2002). *Learning conversations in museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

LEITE, L. et al. (2012). Questionamento em manuais escolares de Ciências: desenvolvimento e validação de uma grelha de análise. *Educar em Revista*. 44, pp. 127-143.

Leite, L. & Palma, C. (2006). Formulação de questões, educação em ciências e aprendizagem baseada na resolução de problemas: Um estudo com alunos portugueses do 8º ano de escolaridade. In *Actas do Congresso PBL 2006 ABP (CD-Rom)*. Lima (Peru): Universidade Pontifícia Católica del Peru (8 págs).

Leonardo, A. (2005). *Segredos da Luz e da Matéria: Materiais para a Exposição de Pré-Figuração do Museu das Ciências da Universidade de Coimbra*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra.

Loureiro, I., (2008). *A Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas e a formulação de questões a partir de contextos problemáticos: Um estudo com professores e alunos de Física e Química*. Dissertação de mestrado (não publicada), Universidade do Minho.

Lourenço, P. & Afonso, A. (no prelo). Promover o Questionamento durante as Visitas de Estudo a Centros Interativos de Ciência: O que dizem os Monitores Experientes? *Revista Alexandria*.

Manzanal, R. et al. (1999). Relationship between Ecology Fieldwork and Student Attitudes toward Environmental Protection. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (4), 431-453.

Marbach-Ad, G. & Sokolove, P. (2000). Can undergraduate biology students learn to ask higher level questions? *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (8), 854-870.

McClure, N. (2004). "Found Ways to Help Students Answer their Own Questions." POD Network, PODIDEA Center Notes. Available: <http://idea.ksu.edu/podidea/index.html>.

McKelvey, J. & Grotch, H. (1979). Física (V.2). São Paulo, HARBRA.

McManus, P. (1989). Oh, yes, they do: How museum visitors read labels and interact with exhibit texts. *Curator*, 32, 174-189.

McMillan, J. & Schumacher, S. (2001). *Research in Education. A Conceptual Introduction* (5th ed.). New York: Longman.

Melton, A. (1972). Visitor behavior in museums: Some early research in environmental design. *Human Factors*, 14(5), 96-106.

Miles, R. (1989). L'évaluation dans son contexte de communication. In: Schiele, B. (ed.). *Faire voir faire savoir: la muséologie scientifique au present*. Québec, Musée de la Civilisation, p. 145-55.

Millar, R., & Osborne, J. F. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College London.

Mortensen, M. & Smart, K. (2007). Free-choice worksheets increase students' exposure to curriculum during museum visits. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (9), 1389-1414.

Mota, P. coord. (2006). *Museu da Ciência, Luz e Matéria, Catálogo*, Universidade de Coimbra, Coimbra.

Oliveira, M. (2008). *As visitas de estudo e o ensino e a aprendizagem das ciências físico-químicas: um estudo sobre concepções e práticas de professores e alunos*. Dissertação de mestrado em Educação – Universidade do Minho, Braga.

Olson, J. (1999). A qualitative analysis of the field trip experience: A formal trip in an informal setting. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching Annual Meeting, Boston.

Orion, N. (1993). A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331.

Pedretti, E.G. (2002). T. Kuhn meets T. Rex: Critical conversations and new directions in science centres and science museums. *Studies in Science Education*, 37, 1–42.

Pedretti, E. (2004). Perspectives on learning through research on critical issues-based science center exhibitions. *Science Education*, 88, S34-S47.

Pedrosa de Jesus, H., Neri de Souza, F., Teixeira-Dias, J.J.C., & Watts, M. (2005). Organising the chemistry of question-based learning: a case study. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 179-193.

Pedrosa de Jesus, H., Teixeira-Dias, J.J.C & Watts, M. (2003). Questions of Chemistry. *International Journal of Science Education*, 25(8), 1015-1034.

Price, S. & Hein, G. (1991). More than a field trip: Science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education*, 13(5), 505-519.

Quistgaard, N. (s/d). Using authentic questions with students in a museum setting. Department of Science Education, University of Copenhagen.

Quistgaard, N. & Ingemann, B. (2008). Guided dialogue at science centers. Resources for learning science outside schools, 9th Nordic Research Symposium on Science Education. School of Education University of Iceland, 240-244.

Ramos, P.O. (1993). Breve História do Museu em Portugal. In Rocha-Trindade, M.B., (Coord.), *Iniciação à Museologia*. Lisboa: Universidade Aberta, 20-73.

Rennie, L. (2007). Learning Science Outside of School. In Abell, S. & Lederman, N. (Eds). *Handbook of research on science education* (1.<sup>a</sup> ed.). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 125–167.

Rennie, L. & McClafferty, T. (1995) Using visits to interactive science and technology centers, museums, aquaria, and zoos to promote learning in science, *Journal of Science Teacher Education*, 6(4), 175-185.

Rennie, L. & William, G. (2006). Communication about science in a traditional museum: visitor's and staff's perceptions. *Cultural Science Education*, 1, 791-820.

Rocha-Trindade, M.B. (1993), *Iniciação à Museologia*. Lisboa: Universidade Aberta.

Schein, Z. & Coelho, S. (2006). O papel do questionamento: intervenções do professor e do aluno na construção do conhecimento. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23 (1), 68-92.

Sheppard, B. (Ed.). (2000). *Building museum and school partnerships*. Harrisburg, PA: Pennsylvania Federation of Museums and Historical Organizations.

Shwartz Y., Ben-Zvi R. and Hofstein A., (2006), Chemical literacy: what it means to scientists and school teachers?, *Journal of Chemical Education*, 83, 1557-1561.

Sicard, M. (2001). Ce que fait le musée... Science et art, les chemins du regard. *Publics & Musées*, n. 16, p. 41-53.

Storksdieck, M., Robbins, D. & Kreisman, S. (2007). Results from the Quality Field Trip Study: Assessing the LEAD program in Cleveland, Ohio. *Summit Proceedings*. Cleveland: University Circle.

Studart, D.C. (2005). Museus e famílias: percepções e comportamentos de crianças e seus familiares em exposições para o público infantil. *História, Ciências, Saúde: Manguinhos*, 12 (supl. 0), 55-77, Rio de Janeiro.

Tal T.; Bamberger, Y.; Morag, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel: Teachers' roles. *Science Education*, v. 89, n.6, p.920-935.

Tal, T.; Morag, O. (2007). School visits to natural history museums: teaching or enriching? *Journal of Research in Science Teaching*, v.44, n.5, p. 747-769.

Tisdal, C. & Perry, D. (2004). *Going APE! at the Exploratorium Interim Summative Evaluation Report*. Selinda Research Associates, Inc. Chicago, IL.

Tran, L. (2002). *The roles and goals of educators teaching science in non-formal settings*. MS thesis, Mathematics, Science, and Technology Education, North Carolina State University, Raleigh.

Tran, L. (2008). *The work of science museum educators*. *Museum Management and Curatorship*, v.23, n. 2, p. 135-153.

Tunncliffe, S. (2008). *Conversations of Family and Primary School Groups at Robotic Dinosaurs in a Museum? What Do They Talk About?* *Journal of Elementary Science Education*, 20(3), pp. 17-33.

Varela, C. (2009). *As visitas de estudo e o ensino e a aprendizagem das Ciências Naturais: Um estudo sobre representações de professores e alunos do 9º ano*. Dissertação de mestrado em Educação – Universidade do Minho, Braga.

Wellington, J., (2000). *Educational Research: contemporary issues and practical approaches*, London: Continuum.

Wells, G. (1999). *Dialogic inquiry: Toward a sociocultural practice and theory of education*. Cambridge: Cambridge University Press.

White, R. T. e Gunstone, R. F. (1992) *Probing Understanding* (London: Falmer Press).

Wragg, E. C. and Brown, G. (2001) *Questioning in the secondary school*. Routledge.

## **ANEXOS**





## **Anexo I Guião da entrevista**



## **Guião da entrevista**

### I. Legitimação para a entrevista

Esta entrevista insere-se no âmbito do Mestrado de Física – Formação Contínua de Professores da Universidade do Minho, e pretende recolher dados relativos à visita de estudo que organizou. Gostaria de solicitar autorização para gravar a entrevista. Os dados serão confidenciais, utilizados apenas no âmbito deste estudo.

### II. Dados referentes aos alunos e professores

1. Os alunos pertencem todos à mesma turma?
2. Que nível de escolaridade se encontram estes alunos a frequentar?
3. Relativamente ao aproveitamento dos alunos, como o caracteriza?
4. É o professor de todas as turmas que participam na visita de estudo?
5. Qual a sua familiarização com o Museu de Ciência de Coimbra?

### III. Caracterização da visita de estudo

6. Quais os objetivos da visita de estudo?
7. A preparação da visita foi articulada com a lecionação do módulo “Som e Luz”? Se sim, como?
8. Foram realizadas atividades pré-visita de estudo?
9. Foram estabelecidas atividades para os alunos realizarem durante a visita?
10. Estão previstas atividades pós-visita?



**Anexo II Solicitação da autorização para a realização do estudo no  
Museu de Ciência de Coimbra**

----- Original Message -----

**Subject:**A/C do Exmo. Sr. Director do Museu da Ciência de Coimbra

**Date:**Wed, 3 Nov 2010 22:09:44 +0000

**From:**Francisco Rodrigues <[stanis18@hotmail.com](mailto:stanis18@hotmail.com)>

**To:**<[geral@museudaciencia.org](mailto:geral@museudaciencia.org)>

Exmo. Sr. Diretor do Museu de Ciência de Coimbra

Sou Francisco Rodrigues, aluno de Mestrado em Ensino de Física – Formação Contínua de Professores na Universidade do Minho, e encontro-me neste momento a preparar o projeto de dissertação.

Nesse sentido, e tendo em vista a existência no Museu de Ciência de Coimbra da Exposição Permanente "Segredos da Luz e da Matéria", gostaria de colocar à consideração de Vossa Excelência a possibilidade de me ser permitido explorar, no âmbito da supracitada dissertação, os instrumentos expostos e a que problemas tentam responder, o que levou à sua construção, que questões que suscitam no aluno que visita a exposição enquadrado em visitas de estudo, etc... O enfase será mesmo na ótica da "visita de estudo".

Este mail segue-se a um contacto feito hoje mesmo a [nome do contacto], que me aconselhou a enviá-lo ao cuidado do Sr. Diretor, uma vez que no próximo Sábado pretendo fazer uma visita ao Museu, a título particular e com o objetivo de me inteirar do conteúdo da exposição, e gostaria de estabelecer um primeiro contacto pessoal, se possível, com um membro da direção. Se tal não for possível para Sábado, e partindo do princípio de que me será permitida uma abordagem exploratória, gostaria de agendar para outro dia uma entrevista no sentido de apresentar as linhas gerais do meu projeto.

Sem outro assunto de momento, manifesto-me antecipadamente grato pela atenção que, estou certo, dará a este meu pedido, e apresento os meus respeitosos cumprimentos.

Francisco Rodrigues

xx

Date: Thu, 4 Nov 2010 08:46:13 +0000

From: [\[mail\]](#) do Sr. Director do Museu de Ciência de Coimbra]

To: [geral@museudaciencia.org](mailto:geral@museudaciencia.org); [stanis18@hotmail.com](mailto:stanis18@hotmail.com)

Subject: Re: [Fwd: A/C do Exmo. Sr. Director do Museu da Ciência de Coimbra]

Caro Francisco Rodrigues,

Tem autorização para fazer o trabalho que se propõe. Pode procurar um membro da Direção na próxima terça-feira pelas 12h.

Cumprimentos





**Anexo III Autorização para recolha e publicação de imagens da exposição permanente “Segredos da Luz e da Matéria”**



**MUSEU DA CIÊNCIA**

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

## DECLARAÇÃO

Para os devidos efeitos se declara que o Museu da Ciência da Universidade de Coimbra autoriza, para fins académicos, que Francisco Rodrigues proceda à recolha de imagens da exposição permanente *Segredos da Luz e da Matéria*, bem como a publicação das mesmas no âmbito do seu trabalho a apresentar na Universidade do Minho.

Coimbra, 10 de Agosto de 2012

O Director

(Prof. Doutor Paulo Gama Mota)