



Universidade do Minho
Instituto de Educação

Manuel Mbemba Sebastião

**Conceções sobre os conceitos de ácido e base:
um estudo com alunos do ensino secundário
angolano**

junho de 2019



Universidade do Minho
Instituto de Educação

Manuel Mbemba Sebastião

**Conceções sobre os conceitos de ácido e base:
um estudo com alunos do ensino secundário
angolano**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Ciências da Educação
Área de Especialização em Supervisão Pedagógica na Educação
em Ciências

Trabalho realizado sob a orientação da
Professora Doutora Laurinda Leite

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgal

CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Depois desta longa caminhada, chegou o momento de agradecer às pessoas e às organizações que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do meu sonho de fazer um mestrado e/ou que participaram na concretização do mesmo. Assim, agradeço:

- a Deus todo poderoso, por ter-me protegido sempre e dado o folego da vida;
- à Professora Doutora Laurinda Leite por ter aceite orientar-me na realização desta investigação, pelo seu profissionalismo e, sobretudo, pela sua paciência e pela disponibilidade para me ajudar;
- à DNFAIC, especialmente aos doutores Massuquini Inês, Osvaldo Pelinganga e João Cambundile Rosário dos Santos, pelo apoio prestado no processo de candidatura à bolsa de estudos que permitiu realizar este mestrado;
- à ESPLN, especialmente ao digníssimo Decano Jorge Dias Veloso, ao Dr. Leni Muteba, ao Dr. Luciano Cuango e ao Dr. Fortunato Talani Diambo, pelo reconhecimento e seleção para atribuição da bolsa de estudos;
- aos meus pais, Quivuilá Sebastião e Isabel Ndumba Sebastião, pela confiança que em mim depositam, pelo permanente apoio moral e pelo encorajamento para fazer o mestrado;
- à minha noiva, Inês Luzizila Pedro, pelo seu amor, paciência, motivação, confiança e, sobretudo, pelas suas permanentes palavras de encorajamento, que, embora geograficamente distantes, me ajudaram muito durante a escrita desta dissertação;
- a todos os irmãos, especialmente Kanga Pedro, Quivuilá Sebastião, Eduardo Vidal, Se Mampassi Faustino, Isaque Daniel, Utuzolele Hermelinda Sebastião, Lungueki Juliana Sebastião, Isabel Olga Sebastião, Cuna Celestina Sebastião e Luyindula Inês Nzambi, pelo apoio moral e pelo encorajamento que sempre me deram;
- a todos os amigos, especialmente Jone Baptista, Mendes Chissola, Franklin Malenga, Dumildes Velasco, Venâncio Ichinguinheca e Inocência Chicuco, pela motivação, pela confiança e pelo apoio que me prestaram;
- a todos os colegas, especialmente Moisés dos Santos, António Costa, Nelson Dulo, Piedade Catoto, Gustavo Canhica, Kanga Pedro João, Manuel Mbalu e António Valdimiro Mango Baptista, pelos conselhos e por todo o apoio que me prestaram durante os momentos mais difíceis desta caminhada realizada em Portugal.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

CONCEÇÕES SOBRE OS CONCEITOS DE ÁCIDO E BASE: UM ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO SECUNDÁRIO ANGOLANO

RESUMO

O tema ácido e base é estudado na escola e abrange fenómenos do dia a dia, bem como alguns termos que são, também, usados na linguagem corrente, mas com significados diferentes dos que a química lhes atribui. Por isso, quando chegam às aulas, os alunos são já portadores de conhecimento sobre esse assunto, o qual resulta do esforço que fazem para dar sentido a toda informação que, sobre o mesmo, vão recebendo no quotidiano. A investigação tem mostrado que, quando esse conhecimento inclui concepções alternativas, ele causa várias dificuldades de aprendizagem aos alunos, a menos que a abordagem do tema seja efetuada com recurso a estratégias de ensino e aprendizagem que tenham em atenção essas concepções alternativas, de modo a promoverem a evolução concetual dos alunos. Em Angola, o referido tema é abordado no 7.º e no 10.º ano, na componente de Química, e não se conhece investigação sobre as concepções de alunos angolanos acerca dos conceitos envolvidos no tema em causa.

A presente investigação tem como objetivo comparar as concepções de alunos do 1.º e do 2.º ciclo do ensino secundário angolano sobre ácido e base. Para concretizar este objetivo, realizou-se um estudo com 40 alunos angolanos, 20 alunos de duas turmas do 8.º ano e outros 20 alunos de duas turmas do 10.º ano, que já tinham estudado o assunto no 7.º e/ou no 10.º ano. Para recolha de dados, foi usado um questionário, do tipo teste de conhecimentos, sobre os conceitos em causa.

Os resultados do estudo sugerem que os alunos, incluindo os do 10.º ano, possuem poucos conhecimentos sobre os assuntos em causa e que os conhecimentos que possuem são consistentes com o modelo de Arrhenius ou com o modelo de Bronsted-Lowry. Além disso, mostram que os alunos evidenciam concepções alternativas semelhantes às encontradas na literatura, quer para os conceitos de ácido e base, quer para os conceitos de indicador e de pH, quer para o conceito de reação de ácido-base. Constatou-se que, entre os alunos, existe a ideia de que os ácidos são mais perigosos que as bases e que, em uma reação de ácido-base, exercem um papel mais ativo que as bases.

Os resultados do estudo sugerem a necessidade de analisar e, eventualmente, repensar o ensino e a aprendizagem do assunto em causa, bem como a formação dos professores de ciências, a fim de tornar a aprendizagem sobre ácidos e bases mais bem-sucedida nas escolas angolanas.

Palavras Chave: ácido e base; Angola; concepções de alunos; ensino secundário; química

CONCEPTIONS ON ACID AND BASE: A STUDY WITH ANGOLAN SECONDARY SCHOOL STUDENTS

ABSTRACT

The theme acid and base is studied at school and it encompasses everyday phenomena, as well as some words which are also used in current language even though with meanings that differ from those that chemist attach to them. Therefore, when students arrive to school, they hold knowledge about that issue which results from their effort to make sense of the information that they receive on this issue in their daily life contexts. Research has shown that if students' knowledge includes alternative conceptions it may cause some learning difficulties to students, unless a teaching approach that takes into account students' alternative conceptions is adopted. This type of approach has been proved to be able to promote students' conceptual evolution. In Angola, the theme that is at stake is a chemistry topic that is taught to 7th and 10th grade students. However, no research studies on Angolan students' alternative conceptions on acid and bases are known.

This research aims at comparing 1st and 2nd cycle secondary school students' conceptions on acid and base, in Angola. To attain this objective, a study was conducted with 40 Angolan students, 20 belonging to two 8th grade classes and other 20 belonging to two 10th grade classes. These students had learned about acids and bases in their 7th and or their 10th grade. Data were collected through a questionnaire including questions on the concepts that are at stake.

Results suggest that students, including 10th graders, hold scarce knowledge on the concepts under question and that the conceptions they hold are consistent with the models of Arrhenius or Bronsted-Lowry. Besides, they indicate that several students show alternative conceptions on the concepts of acid, base, acid-base indicator, pH, or acid-base reaction. which compare to those reported in the literature. They also indicate that some students hold the idea that acids are more dangerous than bases and that they play an active role over bases within acid-base reactions.

The results of the study point towards the need to analyse and eventually revise the way teaching and learning of acids and bases as well as science teacher education have been carried out in order to make students' learning about acids and bases more successful in Angolan schools.

Keywords: acid and base; Angola; students' conceptions; secondary school; chemistry

ÍNDICE

	Pág.
Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros	ii
Agradecimentos	iii
Declaração de integridade	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
Lista de tabelas	ix
CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Contextualização da investigação	1
1.2.1 O ensino das ciências e dos conceitos de ácido e base em Angola	1
1.2.2 Os ácidos e as bases no quotidiano	4
1.2.3 Conceções alternativas e ensino e aprendizagem das ciências	6
1.3 Objetivo da investigação	9
1.4 Importância da investigação	10
1.5 Limitações da investigação	10
1.6 Plano geral da dissertação	11
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Introdução	13
2.2 Evolução dos conceitos de ácidos e de base	13
2.3 Aprendizagem dos conceitos de ácido e base: dificuldades e conceções	16
2.4 Aprendizagem do conceito de pH: conceções e dificuldades	22
2.5 Aprendizagem do conceito de indicador de ácido-base: conceções e dificuldades	25
2.6 Aprendizagem do conceito de reação de ácido-base: conceções e dificuldades	26
CAPÍTULO III – METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	29
3.1 Introdução	29
3.2 Síntese da investigação	29
3.3 População e amostra	29
3.4 Técnica e instrumento de recolha de dados	31
3.6 Recolha de dados	33
3.7 Tratamento de dados	34

CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	36
4.1 Introdução	36
4.2 Conceções dos estudantes sobre ácidos	36
4.3 Conceções dos estudantes sobre soluções ácidas	44
4.4 Conceções dos estudantes sobre bases	47
4.5 Conceções dos estudantes sobre soluções básicas	55
4.6 Conceções dos estudantes sobre indicador de ácido-base	57
4.7 Conceções dos estudantes sobre pH	60
4.8 Conceções dos estudantes sobre reações de ácido-base	64
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES	69
5.1 Introdução	69
5.2 Conclusões	69
5.3 Implicações educacionais	71
5.4 Sugestões para futuras investigações	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	80
Anexo 1 – Questionário	81
Anexo 2 – Permissão de recolha de dados	87

LISTA DE TABELAS

Tabela		Pág.
1	Caraterísticas gerais da amostra de alunos que participaram no estudo	19
2	Matriz do questionário	23
3	Familiaridade dos estudantes com o conceito de ácido	39
4	Concepções dos estudantes sobre o conceito de ácido	39
5	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos estudantes sobre o conceito de ácido	41
6	Opiniões dos estudantes sobre as propriedades dos ácidos	43
7	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos estudantes sobre as propriedades dos ácidos	44
8	Opiniões dos estudantes sobre a semelhança dos diversos ácidos	44
9	Razões que levam alguns estudantes a afirmar que os ácidos têm propriedades semelhantes	45
10	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos estudantes sobre a hipotética semelhança de propriedades dos ácidos	49
11	Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que os têm propriedades diferentes	49
12	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos estudantes sobre a hipotética diferença de propriedades entre os ácidos	50
13	Razões que levaram os estudantes a afirmar que não tinham certeza se todos os ácidos tinham, ou não, propriedades semelhantes	51
14	Exemplo de respostas que ilustram dúvidas dos alunos sobre a diferença de propriedades entre os ácidos	51
15	Concepções dos estudantes sobre o significado das soluções ácidas	52
16	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre soluções ácidas	53
17	Soluções ácidas que alunos conhecem no dia a dia	53
18	Familiaridade dos estudantes com o conceito de base	54
19	Concepções dos estudantes sobre o conceito de base	55
20	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre o conceito de base	55
21	Opiniões dos estudantes sobre as propriedades das bases	56
22	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre as propriedades das bases	57
23	Opiniões dos estudantes sobre a semelhança das propriedades das diversas bases	68
24	Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que todas as bases têm propriedades semelhantes	68

25	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos estudantes sobre a semelhança das propriedades das bases	59
26	Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que as bases têm propriedades diferentes	59
27	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos relativas as diferentes propriedades das bases	60
28	Razões que levaram os estudantes a afirmar que não tinham certeza se todas as bases tinham, ou não, propriedades semelhantes	60
29	Exemplos de respostas que ilustram as dúvidas dos alunos relativas às eventuais diferenças as propriedades das diversas bases	61
30	Concepções dos estudantes sobre o significado de soluções básicas	62
31	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre soluções ácidas	62
32	Soluções básicas que os alunos conhecem no dia a dia	63
33	Familiaridade dos estudantes com o conceito de indicador de ácido-base	64
34	Concepções dos estudantes sobre o conceito de indicador de ácido-base	64
35	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre indicador de ácido-base	65
36	Número de indicadores de ácido-base que os alunos conhecem	65
37	Familiaridade dos alunos com o conceito de pH	66
38	Concepções dos estudantes sobre o conceito de pH	67
39	Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre o conceito de pH	67
40	Número de descrições corretas do significado de pH das soluções	68
41	Exemplos de respostas corretas de valor de pH	68
42	Exemplos de descrições incorretas de valor de pH	69
43	Familiaridade dos alunos com a relação entre o pH de uma solução e a concentração desta	69
44	Formas de determinar o pH que os alunos conhecem	70
45	Familiaridade dos estudantes com o conceito de reação de ácido-base	71
46	Concepções dos estudantes sobre os conceitos de reação de ácido-base	71
47	Exemplos de descrições corretas sobre o conceito de reação de ácido-base	72
48	Opiniões dos estudantes sobre a semelhança das reações de ácido-base	73
49	Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que todas reações de ácido-base são semelhantes	73
50	Razões que levaram os estudantes a afirmar que tinham certeza que todas as reações de ácido-base são semelhantes	74
51	Número de lugares em que pode ocorrer reações de ácido-base	74

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1.1. Introdução

Neste capítulo é feita a contextualização e a apresentação do estudo realizado. O capítulo inicia-se com uma breve contextualização do estudo (1.2), a qual inclui uma referência ao ensino das ciências e dos conceitos de ácido e base em Angola (1.2.1), ao lugar dos ácidos e das bases no quotidiano (1.2.2) e às implicações das concepções alternativas para o ensino e a aprendizagem das ciências (1.2.3). De seguida, apresenta-se o objetivo (1.3), a importância (1.4), as limitações da investigação (1.5). Por fim, apresenta-se a estrutura geral da dissertação (1.6).

1.2. Contextualização da investigação

1.2.1. O ensino das ciências e dos conceitos de ácido e base em Angola

A escola tem sido o local onde a sociedade adquire capacidade de mudança, do ponto de vista político, económico, social e cultural (Krasilchik, 2000). O ensino das ciências deve orientar-se para a formação científica dos cidadãos (Martín-Díaz, Gutierrez-Jilián & Gomez-Crespo, 2011), com o objetivo de fomentar o desenvolvimento cognitivo do aluno enquanto cidadão responsável da sua própria aprendizagem, com necessidades emocionais, estéticas, morais e espirituais, mas também consumidor e utilizador responsável da tecnologia existente (Chagas, 2000; Viecheneski, Lorenzetti & Carletto, 2012). Para tal, deve decorrer num ambiente que o aluno sinta como livre e que considere não ameaçador, de modo a poder expressar-se, questionar e experimentar, responsável e livremente, os elementos que fazem parte desse ambiente e, assim, desenvolver o seu raciocínio crítico e a sua capacidade de participação e de tomada de decisão fundamentada.

Segundo Giordan (1989), ensinar ciências é refletir sobre a nossa prática como professores de ciências, transformando a sala de aula num laboratório e centro de investigação, onde o ensino e a aprendizagem das ciências devem ser consistentes com uma perspetiva construtivista ou socio construtivista. Neste caso, o professor tem a tarefa de colocar o aluno no centro do processo de aprendizagem, de estimular a sua curiosidade e de despertar o seu interesse e gosto por aprender, para promover a aprendizagem das ciências (Viechenesk, Lorenzetti & Carletto, 2012) a partir das experiências que o aluno vivenciou anteriormente e das ideias que desenvolveu nessas mesmas experiências. De acordo com Santos e Mortimer (1996), o ensino construtivista requer a formação de

um quadro docente responsável pelo desenvolvimento de competências relevantes para a construção de uma sociedade mais justa.

Desde o final da década de 70 do século passado, diversos investigadores têm-se concentrado, entre outros aspetos, no estudo de ideias prévias dos alunos e em estratégias capazes de promover a mudança daquelas que não são compatíveis com as cientificamente aceites, ou seja, das concepções alternativas. Para alguns desses autores, aprender ciências implica o abandono das concepções alternativas, na sequência de um processo de mudança concetual que conduza o aluno às ideias cientificamente aceites (Cachapuz, Praia & Jorge, 2004). Contudo, esse processo está longe de ser simples e muito menos linear, até porque as ideias prévias, começam a ser constituídas muito antes da entrada na escola e, mesmo quando não são consistentes com as ideias cientificamente aceites, são, muitas vezes, mais intuitivas do que as que a escola pretende ensinar (Allen, 2014; Driver et al., 1994).

Diversos sistemas educativos reconheceram o papel dos conhecimentos prévios dos alunos na realização de novas aprendizagens, os quais, segundo Allen (2014), podem facilitar ou impedir estas aprendizagens, dependendo de serem, ou não, consistentes com a versão cientificamente aceite e do modo como os professores lidam com os conhecimentos não consistentes com a versão cientificamente aceite (Allen, 2014). Uma forma adequada de lidar com estes conhecimentos exigiria a implementação de ensino orientado para a mudança concetual, capaz de trabalhar com eles para lutar contra eles (Vecchi & Giordan, 1991), facilitando a mudança ou a evolução concetual dos alunos (Santos, 1990).

O ensino formal surgiu em Angola, e em outros países do continente berço Africano, durante o período colonial europeu. Antes da colonização, não havia educação formal; a educação era adquirida através dos pais, que veiculavam a cultura local, e de jovens adultos que desempenhavam diversos papéis na sociedade (Quiage, 2014). Para este autor, a educação formal desenvolveu-se em Angola no decurso do século XIX, quando os colonos portugueses se instalaram em todo o território angolano, levando a cabo ações militares e missionárias, tanto católicas como protestantes. Essas ações acabavam por contribuir para a educação da população e, de um modo especial, dos jovens. Durante a colonização de Angola, o ensino primário formal passou a ser implementado por todo o território afeto à administração portuguesa, como programas que, no entanto, não incluíam conteúdos de ciências (Zau, 2015).

Após a independência, o sistema de ensino angolano foi reformulado. Foi realizada uma reforma educativa, decorrente da aprovação da constituição de 1975, que estabeleceu o princípio da gratuidade do ensino. Essa reforma incidiu, sobretudo, na educação pré-escolar e no 1.º ano de escolaridade do ensino primário (Zau, 2015). O setor da educação carecia de infraestruturas que acompanhassem o aumento do número de alunos matriculados, o qual passou de 512945, antes da independência, para

1026291 alunos, após a independência (Quiage, 2014), distribuídos pelas 15 províncias do país. Nesse tempo, havia 25000 professores, com apenas a 4.º ano de escolaridade (Zau, 2015), também distribuídos pelo país, que lecionavam nas escolas primárias de todo o país.

Com o passar do tempo, o Ministério da Educação de Angola decidiu reformular o sistema educativo de modo a, não só elevar a qualidade de ensino no país, mas também a adotar uma política de ensino para todos, com novos currículos, planos de formação inicial e contínua de professores, reabilitação e expansão da rede escolar, com vista à redução das assimetrias regionais, à melhoria do rendimento escolar dos alunos e à promoção da igualdade de género na escola (Zau, 2015; Nguluve, 2006).

Na sequência dessa reforma, o ensino não superior passou a haver: ensino primário, que abrange os anos de escolaridade 1 a 6, com um professor para todas as disciplinas; ensino secundário geral, dividido em dois ciclos de três anos cada um (1.º ciclo: 7.º a 9.º ano; 2.º ciclo: 10.º a 12.º ano), sendo que o 1.º ciclo pode ter professores formados em cursos médios, mas os professores que lecionam no 2.º ciclo têm formação específica numa área, de nível superior; e ensino técnico-profissional, com duração de quatro anos (10.º a 13.º ano). Este último inclui cursos médios de formação de professores, mono ou bidisciplinares, sendo que os professores que neles são formados podem lecionar, apenas, até ao 9.º ano.

A química, que envolve conteúdos fortemente relacionados com o dia a dia do aluno, é lecionada no 1.º ciclo (7.º, 8.º e 9.º ano) e no 2.º ciclo (10.º, 11.º e 12.º ano) do ensino secundário geral. Para ser professor de química no 2.º ciclo é, de acordo com a lei, necessário ter uma licenciatura em ensino de química, mas, atualmente, ainda há muitos professores a lecionar química nesse nível de ensino sem possuírem esta habilitação, devido à falta de professores profissionalizados em ensino da química.

De acordo com os programas em vigor, nas escolas secundárias angolanas (INIDE, 2012), o tema ácido e base leciona-se, pela primeira vez, no 7.º ano e volta a ser lecionado no 10.º ano.

No 7.º ano, os alunos estudam os conceitos de ácido e de base segundo Arrhenius. Nesta perspetiva, e segundo Bueno et al. (1978): um ácido é todo o composto que, dissolvido em água, origina iões hidrogénio em solução aquosa ($H^+(aq)$); e uma base é todo composto que, dissolvido em água, origina iões hidróxido em solução aquosa ($OH^-(aq)$). No 10.º ano voltam a estudar os mesmos conceitos, mas agora segundo Bronsted. Para Bronsted, um ácido é uma espécie química doadora de protões; e base é uma espécie química recetora de protões (Chang & Goldsby, 2013). Assim, nestes anos de escolaridade (7.º e 10.º ano), os conceitos de ácido e de base são interpretados em termo de iões (H^+ e OH^-). Comparando as duas teorias, a teoria de Arrhenius é uma teoria de ácido e base com validade,

apenas, para ácidos e bases em solução aquosa, enquanto que a teoria de Bronsted é mais ampla, pois pode ser aplicada a reações químicas que envolvem solventes diferentes da água. São apenas estes dois os conceitos de ácido e de base a abordar até ao final do ensino secundário geral em Angola.

1.2.2. Os ácidos e as bases no quotidiano

Os ácidos e as bases são substâncias químicas que estão presentes na nossa vida quotidiana, pois são usadas em produtos de higiene, bebidas, cosméticos, medicamentos e alimentos. Por isso, quando os alunos começam a estudar sobre os ácidos e as bases na escola, eles já têm alguma familiaridade e, eventualmente, algumas ideias sobre estes dois tipos de substâncias.

Quando se relaciona o quotidiano e os conteúdos de química, estimula-se, automaticamente, a motivação, o interesse e a vontade de aprender do aluno (Kaçan & Çeliklen, 2016). Estes autores acrescentam, ainda, que o conhecimento de assuntos de química adquirido na escola só será significativo e duradouro se for associado ao quotidiano do aluno. Assim, para ensinar sobre um dado assunto, deve-se partir do conhecimento que o aluno traz do quotidiano e relacioná-lo com o assunto a ensinar (Freire, 2009). Isso é ainda importante porque há ideia de que a química é má/prejudicial (Ribeiro, Maia & Wartha, 2010) e/ou que tem a ver com algo mau, que faz mal às pessoas (Martín-Díaz, Gutierrez-Jilián & Gomez-Crespo, 2011).

No quotidiano, é frequente depararmo-nos com ácidos. Nesse contexto, considera-se que os ácidos apresentam as seguintes características gerais: são líquidos; apresentam sabor azedo; são corrosivos; podem causar prejuízo para a saúde; têm cheiro intenso; quando dissolvidos em água, conduzem a corrente elétrica (Rodrigues, Flávio & Gomes, 2016). Relativamente às bases, considera-se, de igual modo, que apresentam sabor amargo; são escorregadias ao tato; algumas são extremamente tóxicas; dissolvem-se em água; conduzem a eletricidade, quando dissolvidas em água (Chang & Goldsby, 2013).

Os ácidos são muito conhecidos no dia a dia porque podem ser encontrados em diversos alimentos como, por exemplo, a laranja, o limão, a maçã, o abacaxi, o vinagre e o leite. Com base em alguns autores (Peruzzo & Canto, 1997; Chang & Goldsby, 2013; Curvelo-Garcia, 1988; Venturini, 2005), pode afirmar-se que os ácidos com maior destaque no nosso quotidiano, pelas suas aplicações, são:

- ácido clorídrico (HCl), comercialmente conhecido por ácido muriático, é um reagente utilizado na indústria e no laboratório e uma substância utilizada para limpezas de pisos ou azulejos, bem como de superfícies metálicas, antes da soldagem;
- ácido sulfúrico (H_2SO_4) é uma substância química usada na indústria, nomeadamente no

- fabrico de baterias de automóveis, de papel e de corantes, e está presente na chuva ácida;
- ácido nítrico (HNO_3) é uma substância utilizada na indústria, para fabrico de explosivos, fertilizantes agrícolas, etc., e está também presente na chuva ácida;
 - ácido fosfórico (H_3PO_4) é uma substância usada na indústria farmacêutica (ex.: na produção de antibióticos), na indústria alimentar (como acidulante de refrigerantes, doces, geleiras, refinação do açúcar, etc.) e na indústria química (no fabrico de fertilizantes agrícolas, detergentes, etc.);
 - ácido acético ($\text{H}_4\text{C}_2\text{O}_2$) é um ácido presente no vinagre e utilizado para preparação de produtos para tempero alimentar, tintas e produtos de perfumaria, bem como na produção de corantes e refrigerantes e no fabrico de acetona, etc.;
 - ácido fluorídrico (HF) é uma substância utilizada no laboratório e na indústria, nomeadamente para gravar nomes e números sobre vidro;
 - ácido carbónico (H_2CO_3) é um composto que se encontra na água da chuva, nas águas minerais gaseificadas, no sangue humano e nos refrigerantes; na indústria este ácido, juntamente com o ácido fosfórico e outros ácidos, fornece o sabor azedo a muitas sodas, favorece a sensação agradável que uma pessoa sente quando ingere uma bebida gaseificado, e ajuda a manter estável o pH do corpo humano;
 - ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), comercialmente conhecido como vitamina C, é produzido em laboratório, e serve para prevenir o fotoenvelhecimento da pele e estimular a produção do colagénio (a proteína fibrilar que dá resistência a ossos, dentes, tendões e paredes dos vasos sanguíneos);
 - ácido cítrico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) é uma substância que faz parte da composição das frutas do grupo dos citrinos (ex.: limão, laranja, tangerina) e é utilizado para vários fins, nomeadamente em produtos usados no dia a dia (ex.: para higiene pessoal, beleza, culinária, limpeza da casa, etc.) e como ingrediente de vários produtos industriais (ex.: de cosmética, farmácia, produtos alimentícios, bebidas, artigos de limpeza, etc.).

Os alimentos que possuem ácidos na sua composição, pela sua ingestão frequente, causam problemas como retenção de líquido no corpo, enfraquecimento do sistema imunológico, etc., pelo que devem ser ingeridos com moderação (Venturini, 2005).

No nosso quotidiano, encontramos-nos cercados de substâncias que quimicamente são designadas por bases e, entre as mais comuns, destacam-se as seguintes:

- Hidróxido de magnésio $(\text{Mg}(\text{OH})_2)$ é uma substância que está presente no leite de magnésia e é usado como antiácido estomacal e como protetor da oleosidade da pele;
- Hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ é uma substância presente na água de cal, a qual é usada para caiar paredes e árvores, como um antibiótico para tratamento dentário e como ingrediente ativo em alguns produtos para desfrisar o cabelo;
- Hidróxido de amónio NH_4OH que é uma base presente em muitos produtos de limpeza, fertilizantes agrícolas, explosivos, cerâmicas e detergentes;
- Hidróxido de sódio NaOH , comercialmente conhecido por soda caustica, é uma base presente nos limpadores de ferro e nos desentupidores de pia, e aplicada no fabrico de detergentes, sabões e glicerina, bem como na correção de pH, na indústria alimentar;

O nosso corpo precisa de uma dieta alimentar “básica” para se manter mais equilibrado e mais saudável (Venturini, 2005), já que os alimentos “ácidos” favorecem o aparecimento de tantas mais doenças, quanto maior for a sua ingestão. Por isso, para uma boa performance do nosso organismo, é necessário que haja um bom equilíbrio ácido - base na dieta alimentar quotidiana.

1.2.3. Concepções alternativas e ensino e aprendizagem das ciências

Como foi referido anteriormente, os estudos sobre as concepções alternativas remontam à década de 70 do século passado. Um dos seus objetivos principais foi o de compreender os conteúdos das crenças e das ideias que os alunos utilizam para interpretar factos e fenómenos físicos e naturais com que contactam no dia a dia, antes de serem ensinados, em contexto formal, sobre esses assuntos (Driver et al., 1994; Santos, 1991; Moreno & Moreno, 1988). Segundo Leite (1993), este estudo começou simultaneamente em diversos países, o que fez com que fossem usadas diversas designações para o mesmo tipo de ideias. Entre essas designações contam-se conceitos errados, concepções erradas, compreensões erradas, ideias erradas e erros. Contudo, Leite (1993) argumenta a favor do uso da designação ‘concepção alternativa’, que define como sendo “concepção que não é aceite pela comunidade científica, mas que tem poder explicativo e preditivo para a pessoa que a possui, fazendo, por isso, sentido para ela e sendo-lhe útil.” (p. 45).

As concepções são representações pessoais que são mais ou menos espontâneas, dependentes do contexto e compartilhadas por grupos de pessoas que têm vivências semelhantes (Santos, 1991). Assim, por um lado, para o mesmo facto ou fenómeno podem existir diferentes concepções alternativas (Leite, 1993) mas por outro lado, uma dada ideia alternativa pode ser usada em contextos que os cientistas consideram diferentes.

As concepções alternativas são resultado de diversas experiências que o ser humano vai construindo à medida que vai observando os objetos, fenômenos naturais e culturas e interagindo, sozinho ou acompanhado, no mundo que o rodeia (Mintzes & Wandersee, 2000). Elas dependem, em parte, da estrutura cognitiva que cada indivíduo possui quando interpreta a realidade que o rodeia, bem como da sua própria maneira de ver o mundo e de ver-se a si mesmo (Menino & Correia, 2001; Santos, 1991). Uma implicação disto é que perante a mesma realidade observada, indivíduos diferentes constroem ideias diferentes, consoante as ideias que ativam na sua mente.

Neste contexto, e como vários autores (Gisbert & Lopez, 1988; Santos, 1991; Mintzes & Wandersee, 2000) alegam, os alunos não chegam à escola sem ideias sobre o que vão estudar. Com efeito, eles trazem concepções acerca do mundo, que começaram a construir a partir do seu nascimento, as quais podem rivalizar com os conceitos científicos a aprender (Figueira, 2010). Além disso, as concepções alternativas presentes na mente do aluno limitam a compreensão de novos conceitos, pois se os alunos compreenderem e considerarem essas ideias mais úteis do que os conceitos científicos que o professor lhes pretende ensinar, tenderão a rejeitar estes (Cardoso, Silva & Lima, 2014), mantendo as suas ideias.

Conforme afirma Leite (1993), “Os estudantes preocupam-se em encontrar explicações que funcionem, que façam sentido para eles, sem, ao contrário do que acontece com os cientistas, tentarem encontrar modelos unificadores de um conjunto de fenômenos ou situações” (p. 19). Neste sentido, as concepções alternativas não têm estatuto de conceitos científicos, nem ao nível de produto nem ao nível do processo de construção (Santos, 1991), mas funcionam, no dia a dia do aluno, como alternativa aos conceitos científicos (Cachapuz, 1997; Santos, 1991). Por estas razões, o aluno tende a usá-las na escola, para interpretar ou explicar factos ou fenômenos que nem sempre são passíveis de ser explicados através delas. Uma consequência disto é que aprender ciências requer que os alunos se envolvam num processo de socialização das práticas de construção de conhecimento usadas pela comunidade científica, nomeadamente no que respeita às suas formas particulares de analisar, pensar e ver o mundo que os rodeia (Mortimer, 1996). Para este autor, se o aluno não dominar as representações simbólicas próprias da cultura científica, será incapaz de aprender aquilo que o professor deseja que ele aprenda acerca dos factos e fenômenos físicos e naturais.

De acordo com Pozo e Gómez-Crespo (1998), a aprendizagem individual (tal como é explicada do ponto de vista psicológico) e a evolução do conhecimento científico (interpretada do ponto de vista epistemológico) apresentam semelhanças que fazem com que seja necessário adotar uma abordagem construtivista no ensino das ciências. Assim, esses autores defendem que, apesar de as formas de

aprender e ensinar fazem parte da cultura, elas precisam de ser adaptadas em função da evolução do conhecimento do domínio da educação e do conhecimento a ser ensinado, a fim de haver sucesso educativo.

Relativamente às origens das concepções alternativas, alguns autores (Pozo et al., 1991) destacam três origens que conduzem a três grandes grupos de concepções: 1) origem sensorial, que inclui as concepções espontâneas que se formam nas tentativas individuais de dar significado a situações do dia a dia, com base nos sentidos e em regras de inferência causal; 2) origem social, que inclui as concepções induzidas (por exemplo, por outras pessoas ou por meios de comunicação social) que estão relacionadas com ideias e crenças socialmente aceites, que podem depender do meio social e cultural em que o indivíduo se encontra e que lhe são transmitidas por este; 3) origem analógica, que inclui concepções formadas por recurso a falsas analogias, ou seja a comparação de algo desconhecido com algo conhecido que se pensa que será semelhante ao desconhecido, mas que, na realidade, não é.

Estudos sintetizados por vários autores (Allen, 2014; Driver et al., 1994; Moreno & Moreno, 1988; Santos, 1991) sobre as características das concepções alternativas convergem nas seguintes características dessas concepções: possuem coerência do ponto de vista do aluno, embora não a tenham do ponto de vista científico; são bastante estáveis e resistentes à mudança; possuem um carácter bastante implícito, pelo que o sujeito nem sempre é capaz de as explicitar e/ou explicar; são evidenciadas na realização de atividades ou na elaboração de previsões (situações em que o indivíduo põe a sua 'teoria em ação'); são compartilhadas por outras pessoas, com vivências semelhantes; dependem da utilidade que o sujeito lhes atribui mais do que da verdade que encerram; são construções pessoais que, no entanto, podem acontecer em ambiente social; persistem ao longo do tempo, resistindo ao ensino formal; assumem um carácter de generalização aplicável a situações percebidas como semelhantes pelo sujeito; têm paralelismo com modelos da história das ciências, especialmente no que concerne ao seu conteúdo.

As concepções alternativas, ainda que sejam ideias espontâneas e que não se pareçam com as cientificamente aceites, são condições a ter em conta no processo de ensino e aprendizagem para promover o desenvolvimento cognitivo e conceitual do aluno (Afonso, 1997; Arruda & Villani, 1994; Santos, 1991). Assim, por um lado, se os estudantes que não tentarem interagir com o professor e ou com os colegas, usando e apresentando as suas próprias ideias, estarão em desvantagem. Por outro lado, mesmo que essas ideias sejam menos eloquentes, o professor, se quiser fomentar a aprendizagem, não poderá nem desvalorizá-las, nem ignorá-las (Osborne & Freyberg, 1991).

Neste contexto, as mentes dos alunos não devem ser encaradas como uma tábua rasa, capaz de acumular ensinamentos de forma mecânica. Uma das estratégias que permite adaptar melhor o

ensino aos alunos consiste em não ignorar os conhecimentos previamente adquiridos, designadamente as suas conceções alternativas (Driver, Guesne & Tiberghien, 1989), mas antes trabalhar com elas e contra elas (Vecchi & Giordan, 1991). Essa adaptação deve ter em consideração os conceitos a ensinar e os objetivos a alcançar, de modo a poder para favorecer/facilitar a aprendizagem de um dado assunto de ciências, na sala de aula.

Os conceitos de ácido e de base são estudados na escola, mas a investigação tem mostrado que são difíceis de aprender (Cardoso, Silva & Lima, 2014), uma vez que os alunos, já trazem conceções sobre os mesmos (Figueira, 2010), desenvolvidas em situações do dia a dia, as quais, por vezes, são inconsistentes com as ideias que se pretende que eles aprendam (Dantas-Filho, Silva & Costa, 2017). Por esta razão, depois de submetidos a ensino formal, muitos alunos continuam a evidenciar diversas conceções alternativas sobre esses conceitos, o que indica que o ensino formal não foi tão eficaz como deveria ser. Além disso, a sua aprendizagem pode ser influenciada pelas conceções sobre reação química que os alunos possuem e que, como verificou Afonso (1997), assentam, entre outras, na ideia da existência de um reagente ativo, que atua sobre outro, em vez de assentar na ideia de interação química entre duas ou mais substâncias.

Como referimos anteriormente, em Angola, os conceitos de ácido e de base são estudados no 7º ano e voltam a ser estudados no 10.º ano. Os programas (INIDE, 2012) preveem que, aquando do seu ensino, estes conceitos sejam relacionados com dia a dia do aluno. Na verdade, e como também já referimos, no nosso dia a dia vivemos rodeados de materiais que são ou contêm substâncias ácidas e básicas, pelo que quando um aluno entra na sala de aula, já carrega consigo ideias sobre ácidos e bases, pelo que o professor vai ter que ajudar o aluno a integrar as novas aprendizagens com essas ideias prévias, a fim de facilitar a evolução concetual dos alunos no assunto em causa.

1.3. Objetivo da investigação

Tendo em conta o lugar dos ácidos e das bases no quotidiano e no currículo angolano, bem como o facto de as crianças desenvolverem, desde muito cedo, sobre estes conceitos, conceções que podem diferir das que a escola lhes pretende ensinar e que resistem ao ensino formal, e, ainda, a falta de investigação em educação em ciências em Angola, nomeadamente no domínio das conceções alternativas, o que faz com que não se saiba se as ideias dos alunos angolanos, de diversos níveis de escolaridade, são semelhante ou diferentes das de alunos de outros países, o objetivo deste estudo é: comparar as conceções de alunos do 1.º e do 2.º ciclo do ensino secundário angolano, sobre os conceitos de ácido e base.

1.4. Importância da investigação

Esta investigação permitirá averiguar as concepções dos alunos do 1.º ciclo (8.º ano de escolaridade) e do 2.º ciclo (10.º ano de escolaridade) do ensino secundário angolano no tema ácido e base e constatar se elas se mantêm ou se evoluem (total ou parcialmente) do 1.º para o 2.º ciclo do ensino secundário. Assim, o estudo poderá contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Química por duas vias. Em primeiro lugar, facultará informação que será útil para os responsáveis pela elaboração de programas e de manuais escolares organizarem os mesmos de modo a terem em conta e promoverem os conhecimentos prévios dos alunos e, de modo especial, as suas concepções alternativas. Em segundo lugar, permite disponibilizar informação aos professores sobre as concepções alternativas dos alunos acerca destes conceitos e outras dificuldades da aprendizagem. Esta informação é fundamental para que os professores de ciências compreendam e lidem adequadamente com as ideias de cada aluno, planificando atividades que ajudem os alunos a aperceberem-se das limitações das mesmas e, assim, aumentando a probabilidade de sucesso da aprendizagem dos alunos sobre os conceitos em causa.

1.5. Limitações da investigação

As limitações de um estudo devem ser analisadas à luz dos objetivos do mesmo e tendo em conta que todas as investigações apresentam limitações mais ou menos fortes. Contudo, importa que as limitações não ponham em causa a consecução dos objetivos do estudo.

As principais limitações deste estudo encontram-se ao nível da amostra e da recolha de dados e da análise de dados.

No que respeita à amostra, o número de alunos intervenientes no estudo é bastante reduzido para permitir concluir sobre os estudantes angolanos. Escolheram-se quatro turmas (duas do 8.º e outras duas do 10.º ano), dos dois períodos laborais (matinal e vespertino), o que confere uma heterogeneidade desejável à amostra. Contudo, as conclusões dificilmente serão generalizáveis a todo o país, que é muito grande e diverso, nomeadamente em termos de maneira de viver, aspeto que pode influenciar as concepções dos respondentes sobre os conceitos em causa.

Os dados foram recolhidos através de um questionário que inclui perguntas de resposta aberta, às quais os alunos tinham que responder por palavras suas. A qualidade destas respostas pode ter sido afetada pelo reduzido domínio da língua portuguesa que alguns alunos apresentavam, o qual pode tê-los levado a evitar responder ou dar respostas desenvolvidas, ou impedido de dar repostas claras.

A análise de dados, incidido essencialmente na interpretação das respostas dos alunos, em

alguns casos, pouco profundas e/ou claras, pode, em alguns casos, ter sido (indevidamente) influenciado pelas percepções do investigador, apesar de terem sido adotadas práticas de análise de dados que visavam reduzir essa influência, como, por exemplo, análise das respostas por outra pessoa. Contudo, a reduzida qualidade linguística de algumas respostas e o seu caráter sintético não facilitam uma interpretação tão objetiva quanto seria desejável.

1.6. Plano geral da dissertação

Esta dissertação organiza-se em cinco capítulos, cada um deles com objetivos e estrutura próprios, como se descreve se seguida.

No Capítulo I procede-se à contextualização e apresentação do estudo, descrevendo o contexto teórico e empírico em que se decidiu realizar esta investigação (1.2), apresentando o seu objetivo (1.3), a sua importância (1.4) e as suas limitações (1.5) e ainda a estrutura geral da dissertação (1.6).

O Capítulo II apresenta uma revisão de literatura centrada nos principais temas considerados relevantes para um adequado desenho e desenvolvimento da investigação e discussão dos resultados obtidos com a investigação realizada. Essa revisão abrange a revisão de estudos sobre a evolução dos conceitos de ácido e de base (2.2), a aprendizagem dos conceitos de ácido e de base (2.3), as concepções relativas ao conceito de pH (2.4), os entendimentos dos alunos acerca do conceito de indicador de ácido-base (2.5) e, por fim, as concepções e dificuldades dos alunos sobre as reações de ácido-base (2.6).

No Capítulo III apresenta-se e justifica-se a metodologia utilizada na investigação realizada e descrita nesta dissertação. Assim, depois de uma síntese do estudo (3.2), apresenta-se a população e justifica-se a seleção da amostra (3.3), apresenta-se a técnica e o instrumento de recolha de dados (3.4), descrevem-se os procedimentos de recolha de dados (3.5) e, finalmente, apresentam-se os procedimentos adotados para efeitos de análise de dados (3.6).

No Capítulo IV, referente à apresentação e análise dos resultados do estudo realizado, apresentam-se e discutem-se, à luz da literatura revista, os resultados obtidos acerca das concepções dos estudantes sobre ácidos (4.2), das concepções dos estudantes acerca das soluções ácidas (4.3), das concepções dos estudantes sobre base (4.4), das concepções dos estudantes acerca das soluções básicas (4.5), das concepções dos estudantes sobre o conceito de indicador de ácido-base (4.6), das concepções dos estudantes sobre o conceito de pH (4.7) e das concepções dos estudantes acerca das reações de ácido-base (4.8).

O Capítulo V centra-se na apresentação das principais conclusões do estudo (5.2), das implicações para a educação em ciências, em geral, e o processo de ensino e aprendizagem da química,

em particular (5.3), e de algumas sugestões para futuras investigações (5.4).

Finalmente, apresenta-se a lista de Referências Bibliográficas dos trabalhos mencionados ao longo do texto e os Anexos considerados necessários para a boa compreensão da investigação relatada nesta dissertação.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Introdução

Neste capítulo é feita uma revisão de literatura centrada em temas e trabalhos considerados relevantes para fundamentar o trabalho. Em primeiro lugar, faz-se uma breve revisão da evolução dos conceitos de ácido e de base (2.2). De seguida, apresenta-se uma revisão de alguns estudos sobre a aprendizagem dos conceitos de ácido e de base, focando dificuldades e concepções dos alunos (2.3), sintetizam-se alguns estudos sobre concepções relativas ao conceito de pH, com referência, também, às concepções e dificuldades dos alunos (2.4), apresentam-se algumas investigações sobre entendimentos dos alunos acerca do conceito de indicador de ácido-base (2.5) e, por fim, apresentam-se alguns estudos sobre concepções e dificuldades dos alunos relativos ao conceito de reação de ácido-base (2.6).

2.2. Evolução dos conceitos de ácido e de base

Ácido e base são conceitos conhecidos desde há longa data, cuja origem se confunde com a origem da própria química (Figueira, 2010). Contudo, ao longo dos séculos, esses conceitos sofreram alterações no seu significado. Esses significados dependem da teoria de ácido-base a que, ao longo dos séculos, foram sendo associados, com o grande objetivo de sistematizar e explicar assuntos relativos à química dos ácidos e das bases.

No século XVII, Boyle foi um dos primeiros cientistas a fazer menção às propriedades dos ácidos e Lavoisier atribuiu as características ácidas de uma substância à presença de oxigénio (Bueno et al., 1978). Esta ideia de Lavoisier perdeu credibilidade quando Davy (em 1810) demonstrou as características ácidas de algumas substâncias, em solução aquosa, nomeadamente do HCl, que não contém oxigénio.

Bueno et al. (1978) enfatizam que, após Davy enunciar a sua teoria de ionização, S. A. Arrhenius (em 1887) propôs uma definição de ácido como sendo um composto que pode fornecer H^+ em solução aquosa; e de base, como sendo uma substância que pode fornecer OH^- . Porém, não obstante o sucesso alcançado pela teoria de Arrhenius, esta “não se aplicava de forma adequada a soluções que não fossem aquosas e tampouco previra que certas substâncias poderiam provocar a libertação de H^+ ou OH^- , sem conter estes iões em sua fórmula” (Moreno & Rajagopal, 2009, p. 538) química.

Atendendo a esta limitação, a teoria de dissociação eletrolítica ou teoria ácido-base de Arrhenius sofreu várias críticas pois não explicava variados fenómenos químicos que vinham sendo estudados e

que, de certa forma, exigiam uma teoria que fosse capaz de auxiliar na interpretação de resultados experimentais (Bueno et al., 1978; Chagas, 2000) a eles associados. Perante tal limitação, Arrhenius admitiu claramente as críticas que tinham sido feitas à teoria que havia proposto, mas assinalou que todas as hipóteses, naquela época, eram discutidas com base no campo filosófico, pelo que, segundo ele, se registava uma impossibilidade de descrever taxativamente qual a teoria que era mais capaz de explicar, de forma satisfatória, os fenómenos químicos (Souza & Aricó, 2017) em causa.

Neste contexto, a teoria dos sistemas solventes começou a ser desenvolvida, em 1905, por E. C. Franklin, como generalização da teoria de Arrhenius, de modo a ser aplicada a solventes diferentes da água (Figueira, 2010), que era o solvente que tinha sido usada por Arrhenius. Essa nova teoria considerava que todo solvente sofre ionização, gerando um catião (ácido) e um anião (base): Solvente = catião + anião (Chagas, 2000). Assim, segundo esta teoria, ácido é tudo o que faz aumentar a concentração do catião característico do solvente e que base é tudo o que faz aumentar a concentração de anião característico do solvente (Chagas, 2000). De acordo com estes conceitos, não apenas a água, mas também outras substâncias (ião NH_4^+) apresentavam capacidade de auto-ionização, gerando um catião (ácido) e um anião (base) (Nunes et al., 2016) e podiam ser usados como solventes.

Contudo, esta não foi a única generalização da teoria de Arrhenius. Outras generalizações foram desenvolvidas, resultando na modificação dos seus conceitos de ácido e base. Esse trabalho foi tão intenso que, na década de 1920, o assunto mais frequente no campo da investigação e publicação científica era o tema ácido-base (Rosenberg, 1982; Souza & Aricó, 2017). Em 1923 é proposta uma nova teoria, a teoria protónica, que foi elaborada, de forma independente, por G. Lewis, nos EUA, por T. Lowry, em Inglaterra, e por J. Bronsted, na Dinamarca. Contudo, este último foi o cientista que mais contribuiu para o desenvolvimento dessa mesma teoria (Chagas, 2000). Contudo, o seu nome ficou associado a esta teoria juntamente com o de Lowry, originando o que ficou conhecido por teoria de ácido-base segundo Bronsted-Lowry.

Depois da modificação e generalização do conceito de ácido e base, de Arrhenius, por Bronsted-Lowry, passou a considerar-se o papel específico do solvente na análise do carácter ácido ou básico de uma dada substância. Assim, vários autores (Rosenberg, 1982; Dias & Marques, 1996; Chang & Goldsby, 2013) afirmam que, segundo Bronsted-Lowry, um ácido é uma espécie que pode transferir um protão para uma outra espécie, que pode ser o solvente, e base é uma espécie, que pode ser o próprio solvente, capaz de aceitar um protão de um ácido. Nesta teoria (teoria protónica), e como o próprio nome indica, o protão é o elemento essencial, tanto na definição de ácido como na definição de base (Rosenberg, 1982). Assim, “o grande mérito de Bronsted-Lowry foi desvincular as definições de ácido-

base de um determinado solvente, bem como ter ampliado a aplicação dos termos a qualquer espécie, seja ela molecular ou iônica” (Bueno et al., 1978, p. 380).

Em 1923, G. N. Lewis, para explicar as ligações químicas, propôs uma teoria de ácido-base associada à teoria protônica. Considerava, assim, um ácido como toda a espécie química capaz de receber um par eletrônico e uma base como uma espécie química capaz de doar um par eletrônico (Chagas, 2000). Nesta sua teoria, Lewis usou uma definição de ácido e de base mais geral do que a apresentada por Bronsted-Lowry (Dias & Marques, 1996), pois considerava que um ácido era um aceitador de um par eletrônico. Neste sentido, ácido é toda a substância contendo um átomo com pares eletrônicos incompletos e base é toda a substância capaz de doar um par de elétrons, isto é, toda a substância contendo átomos com pares de elétrons livres na sua camada de valência (Dias & Marques, 1996). Assim, segundo esta teoria, algumas substâncias que não incluem prótons (como o trifluoreto de boro, BF_3 , o tricloreto de boro, BCl_3 , o tribrometo de alumínio, AlBr_3 , ou o ião prata, Ag^+) são nitidamente ácidas e são capazes de se receber elétrons do amoníaco (NH_3), que tem um par de elétrons livres (Bueno et al., 1978). Deste modo, aquelas substâncias juntam-se ao grupo das substâncias ácidas que incluem prótons, e podem reagir com substâncias ou entidades químicas que têm pares não compartilhados de elétrons, ou seja, que são básicas, tais como a água, H_2O , o ião hidróxido HO^- e o ião acetato, $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ (Rosenberg, 1982).

Em 1939, H. Lux propôs uma teoria, conhecida por teoria de Lux, que apresenta semelhanças com a teoria protônica, mas que, em lugar de envolver a transferência de um próton, envolve a transferência de um ião peróxido O_2^{2-} (Chagas, 2000). Assim, segundo a teoria de Lux, um ácido é uma espécie recetora de O_2^{2-} e uma base é uma espécie doadora de O_2^{2-} . Segundo Chagas (2000), esta teoria mostrou-se bastante útil para o tratamento de reações envolvendo líquidos iônicos, tais como sais e óxidos fundidos, que são usados na metalurgia, na fabricação de vidros e cerâmicas, nos sistemas geoquímicos, etc.

Na mesma época, o químico soviético M. Usanovich propôs a teoria Usanovich, a qual, segundo Chagas (2000), é muito geral e abrange todas as teorias sobre ácido e base existentes. Assim, este autor definiu: ácido como sendo uma espécie química que reage com uma base para formar sais, doando cátions ou aceitando aniões ou elétrons; e base como sendo toda a espécie química que reage com um ácido para formar sais, doando aniões ou elétrons ou combinando-se com cátions. Contudo, esta teoria não gerou nenhuma linha de investigação, pelo que não demonstrou ter utilidade prática (Chagas, 2000).

No entanto, em 1954, Lindqvist e Gutmann propuseram a teoria ionotrópica que, de acordo com Chagas (2000), sintetiza a teoria protônica, a teoria dos sistemas solventes e a teoria de Lux. De acordo

com a teoria ionotrópica: base + catião característico = ácido; base = ácido + anião característico. Assim, um ácido é a combinação de uma base e de um catião característico (H^+ , NH_4^+ , SO_2^+ , etc.) e uma base é uma combinação de um ácido com um anião característico (OH^- , O_2^- , SO_3^{2-}). Apesar de esta teoria ser pouco inovadora, os seus autores contribuíram significativamente com o desenvolvimento da teoria eletrónica.

Em 1938, Lewis retomou o tema ácido-base e, anos mais tarde, viria a fazer publicar os critérios fenomenológicos (ou macroscópicos) para o comportamento dos ácidos e das bases, os quais são enunciados por Chagas (2000) da seguinte forma:

- “1) A reação entre um ácido e uma base (neutralização) é rápida.
- 2) Um ácido (ou uma base) pode deslocar um ácido (ou uma base) mais fraco de seus compostos.
- 3) Ácidos e bases podem ser titulados um com o outro por meio de indicadores.
- 4) Ácidos e bases são capazes de atuarem como catalisadores.” (p. 130).

Para Chagas (2000) “estes critérios são uma síntese brilhante sobre a observação dos fenómenos até aquela época (e até hoje, talvez) conhecidos sobre o comportamento ácido-base.” (p.130) e resultam de uma evolução quase linear das teorias sobre ácido e base, de tal modo que as novas teorias tendiam a ser mais abrangentes que as anteriores e deixaram de se prender a uma espécie química específica para passarem a considerar o par eletrónico (ou a sua falta) como o elemento estrutural responsável pela acidez / basicidade.

2.3. Aprendizagem dos conceitos de ácido e base: dificuldades e concepções

Como foi referido no primeiro capítulo, as concepções alternativas perfilhadas pelos alunos desempenham um papel importante na aprendizagem formal das ciências. Por essa razão, a identificação das concepções alternativas que os alunos perfilham no tema ácido-base, bem como a análise da evolução das mesmas ao longo da escolaridade e/ou na sequência de intervenções didáticas intencionalmente planeadas têm merecido a atenção de investigadores de diversos continentes.

Medeiros e Santana (2013) realizaram um estudo com 20 alunos do 10.º ano (ensino médio no Brasil, equivalente ao final do ensino secundário em Portugal e em Angola), através de questionário, para averiguarem os conhecimentos que possuíam sobre ácidos e bases. Sobre os ácidos, constataram que: a maioria dos alunos acreditavam que os ácidos são substâncias muito fortes que podem causar prejuízo para a saúde e o corpo; uma minoria dos alunos, afirmaram que os ácidos existem nas verduras, na fruta, no vinagre, na laranja e nos refrigerantes. Relativamente às bases: a maioria dos alunos consideraram que são substâncias mais fracas, ou seja, ou são menos fortes que os ácidos ou são substâncias não ácidas e que mudam de cor; uma minoria dos alunos consideraram que shampoo,

sabão, pasta dentífrica, hidróxido de lítio e sabonete são bases.

Cardoso, Silva e Lima (2014) realizaram um estudo com 89 alunos do 10.º ano de quatro escolas do estado de Sergipe, no Brasil, sobre ácidos e bases. Através de um questionário, com questões abertas, os autores constataram que a maioria dos alunos: acreditavam que os alimentos possuem ácidos e, por isso, causam acidez no estômago, que os ácidos libertam H^+ e que as bases libertam OH^- e que as pessoas ingerem ácidos através de laranjas, refrigerante, guaraná, vitamina C, limão, tamarino, suco de abacaxi, vinagre e coca-cola; afirmaram, corretamente, ser possível encontrar ácidos no nosso organismo, por exemplo no fígado, ácido clorídrico, no estômago e ácido gástrico.

Figueira et al. (2009) realizaram um estudo que envolveu um total de 203 alunos brasileiros, do 10.º ano, os quais foram questionados sobre os conceitos de ácido e base. Os autores concluíram que os alunos acreditavam que ácido é todo o composto que contém hidrogênio ou que os ácidos são compostos que apresentam hidrogênio (H) como o primeiro elemento na sua fórmula química, exceto a água. No entanto, afirmaram que os ácidos estão presentes em refrigerantes, em produtos de beleza, nos frutos e no corpo humano. Alguns, afirmaram que os ácidos são compostos orgânicos que apresentam $-COOH$ (esquecendo que há ácidos inorgânicos) ou que são corrosivos, azedos, amargos e fortes. Relativamente às bases, os alunos revelaram concepções consistentes com o modelo de Arrhenius, na medida em que, para eles, bases: são todos os compostos que apresentam o íon OH^- no final da fórmula química; são compostos que possuem um metal; são substâncias iônicas; são substâncias que neutralizam os ácidos.

Jiménez-Apont, Molina e Carriozo (2015) realizaram um estudo com alunos do 8.º e 9.º ano de escolaridade, com uma média de 13 e 15 anos de idade, para explorar as concepções alternativas dos alunos sobre ácidos e bases. Os dados recolhidos através de um questionário, tipo teste de conhecimentos, mostrou que a maioria dos alunos associaram sabor amargo e azedo com conceito de ácido e a sensação de escorregadio como conceito de base; a maioria dos alunos identificaram propriedades ácidas ou básicas presentes em alguns materiais e em alimentos de uso diário; no que concerne ao reconhecimento dos ácidos e das bases na vida humana, a maioria dos alunos associaram ácidos a acidez do estômago e reconhecem a presença de ureia, embora uma minoria reconheça a ureia como um composto básico; alguns associam o conceito de ácido à liberação de ácido láctico no músculo. O estudo sugere que é necessário integrar os conceitos de acidez e basicidade com processos biológicos fundamentais, para permitir que a química ganhe significado biológica (Jiménez-Apont, Molina & Carriozo, 2015).

Toplis (1991) questionou 17 alunos do 8.º ano, com idades compreendidas entre 12 e 13 anos

de idade, sobre ácidos e bases. O autor constatou que os alunos consideram que os ácidos são tóxicos, perigosos, queimam, são corrosivos e amargos, o que evidencia que atribuem ao ácido um papel ativo no processo de interação com outras substâncias. Alguns desses alunos confundiram ácidos com alimentos e bases com substâncias como o sabão.

Também Neto (2012) realizou um estudo, com alunos do ensino secundário timorense, o qual tinha como objetivo comparar as concepções perfilhadas por alunos de escolas públicas e privadas sobre os conceitos de ácido e base, antes e após o estudo dos referidos conceitos. Os dados, que foram recolhidos através de um questionário, mostraram que cerca de um terço dos alunos, de ambos os tipos de escola, se tivermos como referência o modelo de Arrhenius, definiram corretamente o conceito de ácido, pois afirmaram que um ácido é uma substância que, em solução aquosa, liberta ião H^+ . Os outros alunos, de ambas os tipos de escolas, não mencionaram a presença da água quando referiram que os ácidos doam um catião H^+ . As principais concepções alternativas sobre o conceito de ácido identificadas por este autor foram: ácido é um doador de OH^- ; ácido é a substância que tem o pH menor; ácido é uma solução aquosa cujo pH é elevado; ácido é uma substância com sabor (salgado, doce ou ácida). Relativamente às bases, a maioria dos alunos revelou possuir um conceito de base concordante com o modelo de Arrhenius (base é uma substância que, em solução, aquosa liberta ião OH^-) e uma minoria com o modelo de Lewis (bases são substâncias que, numa dada reação, cedem/doam um par de eletrões). As concepções sobre o conceito de base identificadas neste estudo pelo respetivo autor centram-se nas ideias de que uma base é uma substância amarga e escorregadia, que muda de cor e que tem pH igual a 7. Ora as duas últimas propriedades não são características químicas das bases.

Rodrigues, Flávio e Gomes (2016) realizaram uma investigação com 30 alunos brasileiros, do 11.º ano, com o objetivo de conhecer as concepções alternativas dos alunos sobre ácidos e bases. Analisando os dados recolhidos através de um questionário, os autores concluíram que alguns alunos possuíam ideias certas como ácidos são substâncias corrosivas e tóxicas, mas outros revelavam as seguintes concepções alternativas: ácidos possuem OH^- ; ácidos são produtos de limpeza. Relativamente às bases, alguns alunos revelaram a ideia que uma base é uma substância que neutraliza o ácido (parecendo que a base é quem assume esse papel ativo numa reação de ácido-base) e de que as bases são o sabão e os produtos de limpeza. Apresentaram, ainda, um conjunto de ideias sobre o conceito de base que revelam um entendimento não químico do termo, nomeadamente: suporte, apoio, sustentação, alicerce ou fundação. No que diz respeito à presença dos ácidos e das bases na nossa vida, os alunos revelaram ideias aceites de que os ácidos são substâncias que estão presentes no corpo humano, e afirmaram incorretamente que os ácidos estão presentes nos produtos de limpeza; quanto às bases

afirmaram que as bases evitam a corrosão de alguns materiais e neutralizam os ácidos, como se as reações químicas não envolvessem interações, e outros evidenciaram concepções alternativas de que as bases fazem mal à saúde, como se não se tomasse bicarbonato de sódio (uma base) ou outro produtor equivalente para resolver problemas gástricos.

Os resultados destes estudos mostram que algumas concepções alternativas sobre os conceitos de ácido e base parecem ser resistentes ao ensino, pois continuam a existir mesmo depois de os alunos estudarem os conceitos no ensino secundário. Além disso, alguma investigação tem mostrado que algumas dessas concepções resistem também ao ensino especialmente desenhado para as alterar.

Ouertatani et al. (2006) realizaram um estudo com 115 alunos tunisinos do ensino secundário (75 alunos do 10.º ano e 40 alunos do 11.º ano), tendo recolhido dados através de um questionário, após o ensino do modelo de Arrhenius. Relativamente ao conceito de ácido, os autores constataram que diversos alunos, de ambos anos, evidenciaram a ideia de que um ácido é um doador de iões H^+ e que alguns alunos afirmaram que um ácido é um aceitador de H . Apenas 60% dos alunos apresentaram a definição que havia sido ensinada, segundo a qual um ácido é um composto que ioniza na água, originando iões H^+ , e base é um composto que ioniza na água originando iões OH^- . Cerca de 20% dos alunos apresentaram uma ideia incompatível com o modelo de Arrhenius, segundo a qual um ácido é um doador de iões OH^- . No que respeita ao conceito de base, pouco mais de um terço dos alunos deram uma resposta compatível com o modelo em apreço. Estes resultados sugerem que o ensino teve menor efeito na aprendizagem do conceito de base do que o conceito de ácido.

Gouveia e Valadares (2004) realizaram um estudo com um total de 52 alunos de duas turmas do 10.º ano, com objetivo de comparar a eficácia da aprendizagem sobre os conceitos de ácido e base em um ambiente construtivista. Os autores constataram que, antes do ensino, os alunos acreditavam que os ácidos são substâncias corrosivas e que as bases neutralizam os efeitos corrosivos dos ácidos. Após o ensino, constataram que a aprendizagem dos conceitos em causa no ambiente construtivista foi mais eficaz na promoção da mudança concetual dos alunos do que a aprendizagem em ambiente tradicional.

Também Rezende e Pereira (2016) realizaram, no Brasil, um estudo sobre o efeito da abordagem experimental e contextualizada dos conceitos de ácido e base, durante dez aulas, em alunos com 14-16 anos. Dados recolhidos através de diário de campo, gravação em áudio das aulas e um questionário, revelaram as seguintes concepções relativamente aos ácidos: ácido é toda substância que começa com H ; ácido são os hidrácidos e oxiácidos; são compostos que em água libertam H^+ ; são substâncias com sabor azedo. Relativamente às bases, os alunos revelam as seguintes concepções: bases terminam com

OH; bases libertam OH; são amargas, na boca; libertam o hidróxido, em água.

Martins (2000) fez um estudo com 59 alunos portugueses, do 10.º ano de escolaridade, para analisar a evolução dos conhecimentos dos alunos sobre ácido e base, devido ao ensino construtivista do tema em causa. Os dados foram recolhidos através de um questionário que visava averiguar o conhecimento concetual dos alunos, antes e após do ensino do tema. Na situação antes do ensino, todos os alunos revelavam as seguintes conceções alternativas sobre os ácidos: são explosivos e perigosos; corroem as pedras e a pele; têm sabor amargo; têm $\text{pH} > 7$; contêm iões H^+ ; libertam gases; têm de ter o grupo COOH ; são compostos moleculares, são substâncias que têm cores estranhas (ex.: azul, vermelhos). Relativamente ao conceito de base, os alunos revelaram as seguintes conceções sobre as bases: são corrosivas quando concentradas; são escorregadias; têm $\text{pH} < 7$; são menos perigosas que os ácidos; possuem oxigénio (O) e hidrogénio (H); têm de estar em meio aquoso; possuem partículas metálicas; têm características normais, pelo que passam despercebidas. Depois do ensino, os alunos sujeitos ao ensino construtivista demonstraram melhores desempenhos do que os submetidos ao ensino tradicional. Mesmo assim, algumas conceções alternativas persistiram, nomeadamente as que dizem respeito a: ácidos são substâncias amargas, corrosivas e perigosas; bases são substâncias escorregadias, que corroem outras substâncias.

Tavares (2003) realizou um estudo com alunos portugueses do 10.º ano, no qual envolveu duas turmas (E1 e E2), para analisar em que medida o ensino de orientação CTS provocava a evolução das conceções dos alunos no tema ácido e base. Através de um questionário aplicado aos alunos, a autora caracterizou a situação deles, fazendo uma comparação entre duas situações (antes e depois do ensino). Antes do ensino, os alunos revelaram as seguintes conceções alternativas sobre ácidos: ácidos são corrosivos e queimam outras substâncias, são perigosos, têm hidrogénio, tem pH maior do que 7 e/ ou muito alto, são azedos, estão no estado gasoso, tem cheiro intenso. Relativamente às bases, os alunos revelaram as seguintes conceções alternativas: as bases possuem pH inferior a 7 e/ou igual a 7; as bases não reagem com ácidos ou outras substâncias. Após o ensino, os alunos continuaram a revelar um elevado número de conceções alternativas sobre ácido e base, sendo a incidência mais acentuada na turma E2 que usou ensino tradicional. Além disso, a evolução concetual para as bases foi superior à verificada nos ácidos, talvez porque, à partida, os alunos tinham menos conhecimento sobre bases, uma vez que, como refere Furió-Más et al. (2005), no dia a dia fala-se mais em ácidos do que em bases.

Alguns autores têm apontado algumas dificuldades decorrentes da existência de conceções alternativas dos alunos sobre ácidos e bases. Figueira et al. (2009) consideram que essas conceções liadas ao uso de abordagens didáticas não centradas no aluno fazem com que o ensino de química

origem dificuldades de compreensão dos conteúdos programáticos por parte dos alunos, pois não leva em consideração as concepções e suas alternativas (Oliveira, 2008), desenvolvidas fora ou dentro do ambiente escolar.

Sheppard (2006) considera que as dificuldades dos alunos na aprendizagem sobre ácidos e bases resultam de programas extensos, ênfase em resolução de problemas numéricos e influência do manual escolar que, para Drechsler e Schmidt (2005), nem sempre são exemplares. Sheppard (2006) considera ainda que a superação das dificuldades dos alunos requer a compreensão integrada de vários assuntos, como natureza corpuscular da matéria, cinética molecular, a natureza e propriedades das soluções, estrutura atômica, ionização, ligação iônica e ligação covalente, equilíbrio químico e teoria de colisões.

Para ajudar nessa superação, o professor de química não precisa apenas de conhecer o assunto a ser ensinado, mas deve também conhecer as ideias intuitivas que os alunos têm sobre os assuntos a ensinar (Furió-Más et al., 2005) de modo a poder adotar estratégias específicas orientadas para promoção da mudança das concepções alternativas perfilhadas pelos alunos. Essas estratégias devem envolver uma ligação da química ao cotidiano do aluno, pois, como contactaram Cardoso, Silva e Lima (2014), é possível que os alunos revelem, de forma coerente, o que é um ácido e uma base, sem terem estudado o conceito, e identifiquem substâncias ácidas presentes no cotidiano, o que reforça a necessidade de integração dos conceitos cientificamente aceitos com o ambiente vivenciado pelo aluno.

Como alertam Rodrigues, Flávio e Gomes (2016), convém ter presente que desse ambiente faz parte a comunicação social que por vezes associa os produtos químicos, o objeto de estudo da química, a algo que somente provoca danos à vida humana. Por isso, Jiménez-Apont, Molina e Carriozo (2015), consideram que a existência de concepções alternativas, no ensino secundário, é culpa dos níveis de ensino anteriores, pois falta um ensino adequadamente estruturados dos conceitos de ácido e base, nos níveis iniciais de ensino, nomeadamente na escola primária.

Em jeito de síntese, pode afirmar-se que, em diferentes países, há concepções semelhantes acerca dos conceitos de ácido e base e que essas concepções persistem, pelo menos até ao ensino secundário. Alguns autores desenharam, implementaram e avaliaram metodologias de ensino que pretendiam que alterassem as concepções alternativas dos alunos, de diferentes níveis de escolaridade, sobre os referidos conceitos. Esses estudos mostraram que algumas das concepções alternativas resistem até mesmo a esse tipo de ensino. Assim, parece necessário levar a cabo abordagens contextualizadas, integradoras e qualitativas dos conceitos em causa, pois, como referem Vecchi e Giordan (1991), os conceitos, para terem significado, têm que estar integrados em redes conceituais, nas quais o significado

de um conceito depende do significado de outros que a ele estão ligados.

2.4. Aprendizagem do conceito de pH: concepções e dificuldades

Os conceitos do âmbito das ciências que se pretende que os alunos aprendam não existem isolados, mas antes dependem de outros conceitos (Vecchi & Giordan, 1991). Além disso, os significados que os alunos atribuem a um dado conceito dependem dos conceitos com que o relacionam e do modo como os relacionam, o que pode fazer com que, na aprendizagem formal das ciências, os alunos desenvolvam concepções alternativas sobre os conceitos que lhes são ensinados. Deste modo, uma vez que a compreensão do conceito de pH depende dos conceitos de ácido e de base, do conceito de dissociação e do conceito de solubilidade, é de esperar que o significado que os alunos atribuem ao conceito de pH dependa, pelo menos em parte, dos significados que atribuem a estes conceitos, que, como se mostrou em secções anteriores, muitas vezes são alternativos.

Zani (2010) realizou um estudo numa universidade brasileira, incluindo 126 alunos de Bioquímica que foram convidados a responder a um questionário, com perguntas de resposta aberta, sobre conteúdos relevantes para Bioquímica, incluindo o conceito de pH. O autor constatou que: cerca de 20% dos alunos não deram nenhuma definição de pH; mais de 75% dos alunos afirmaram que o pH varia numa escala entre ácido, neutro e base; menos de 10% relacionaram o pH com uma escala que varia de 0 a 14, ou seja, evidenciaram algum conhecimento do significado aceite do referido conceito.

Ribeiro, Maia e Wartha (2010) realizaram, no Brasil, um estudo com 250 alunos do 12.º ano de uma escola pública e com professores e futuros professores de química de uma universidade pública, com o objetivo de estudar o efeito de uma proposta de ensino de química de sabões e detergentes, baseada em atividades realizadas no laboratório de ciências, em que foram usados indicadores naturais para medir o pH. Os dados, recolhidos através de um questionário, com questões abertas e fechadas, aplicado como pré-teste, a alunos, futuros professores e professores, mostrou que, qualquer um dos grupos de sujeitos, com alguma formação em química, em vez de descrever o que é o pH, evidenciou a ideia de que o pH é considerado como algo natural e bom, talvez porque há, por exemplo, publicidade sobre champôs em que aparece $\text{pH}=5,5$ associado a brilho, força, elasticidade e cabelos saudáveis.

Park e Choi (2010) realizaram um estudo, com 793 alunos coreanos do ensino médio (10.º a 12.º ano), em que pretendiam ensinar sobre o significado do valor do pH, de duas maneiras diferentes. Os autores constataram que: a maioria dos alunos não deram nenhuma definição do valor de pH; 11% dos alunos identificaram o valor de pH com a concentração de ião hidrogénio (H^+) em solução; e apenas 4% dos alunos foram capazes de o representar através do logaritmo da concentração de iões H^+ , ou seja

$-\log [H^+]$; 4% dos alunos identificaram-no com a concentração de hidrogénio na solução; 17% dos alunos afirmaram, corretamente, que o indicador é uma forma de obter informação sobre o pH e cerca de 4% dos alunos afirmaram que serve para medir a concentração de hidrogénio na solução. Relativamente à diferença entre o pH=1 e pH=3, 58% dos alunos não apresentaram nenhuma resposta e 5,4% dos alunos afirmaram existir diferença no grau de acidez/ionização; 22,8% revelaram que pH=1 tem a ver com ácido mais forte ou com menor concentração de H^+ . Na questão sobre a relação entre a concentração do ácido e o valor do pH, 30% dos alunos não conseguiram relacionar a concentração com o valor de pH, usando os valores compreendidos entre 1 e 14.

Ouertatini e Dumon (2011) realizaram um estudo, na Tunísia, com 278 alunos finalistas do ensino médio (12.º ano) e dois grupos de alunos do 1.º ano da universidade. Os alunos responderam a um questionário, com objetivo de analisar como evoluíam, durante a transição do ensino médio para o universitário, as conceções relacionadas com pH. Os autores constataram que na questão sobre qual é o pH de uma solução aquosa de ácido clorídrico (HCl) com uma concentração de 7 mol^{-1} , a maioria dos alunos de cada grupo apresentaram a resposta pH=7, porque HCl é um ácido forte e a sua concentração é igual a $[H_3O^+]$. Quanto à questão, qual é a solução de um ácido que tem um pH igual a 2,5 e que se dilui 10 vezes, a maioria dos alunos do ano terminal e apenas um terço dos alunos do grupo 2 escolheram a resposta ácido forte e justificaram que, se um ácido é forte, a diluição aumenta o pH em uma unidade.

Watters e Watters (2006), realizaram dois estudos, em uma universidade da Austrália, com 106 alunos do 1.º ano e do 3.º ano de Biologia e Química. Os dados foram recolhidos através de duas entrevistas (um problema em cada entrevista). Os autores constataram que quando foram questionados sobre qual é o pH de uma solução de 10M de HCl, um número considerável de alunos não deu nenhuma resposta sobre o valor de pH; alguns alunos afirmaram que HCl é um ácido e, por esta razão, a solução é ácida; outros alunos responderam ao problema por aplicação da expressão matemática, logarítmica, que permite calcular o pH de uma solução e obtiveram o valor pH 10.

Scheppard (2006) realizou um estudo, nos Estados Unidos, com 16 alunos do 10.º e 11.º ano, os quais foram entrevistados com o objetivo de determinar a compreensão dos estudantes sobre o pH das substâncias ácidas e básicas. O autor constatou que: apenas dois alunos definiram corretamente o conceito de pH ($\text{pH} = -\log [H^+]$) e apenas dois alunos explicaram a diferença de cem vezes a concentração de H^+ entre soluções com pH=3 e pH=5; a maioria dos alunos afirmaram corretamente que substâncias com valores de pH=7 são neutras; um aluno considerou que o pH durante a titulação, ocorre uma neutralização entre um ácido e uma base; apenas um aluno usou a natureza logarítmica da escala de

pH para explicar variação do pH durante a titulação.

Num estudo já anteriormente referido, Tavares (2003) questionou alunos portugueses, do 10.º ano, sobre pH, antes e depois do ensino de orientação CTS. Antes do ensino, os alunos mostraram acreditar que é uma escala de 0 ou 1 até 12, pH, que permite saber se uma substância é forte ou fraca, e pareciam acreditar que, quanto mais alto é o pH, mais escura é a cor da solução, que o pH é uma substância que torna as substâncias ácidas, que o pH é o valor de ácidos nos alimentos, nas bebidas e no nosso corpo, e que o pH é a hidratação a pele. Após o ensino, as concepções alternativas dos alunos sobre este conceito desapareceram tanto na turma experimental como na turma de controle (submetida ao ensino habitual).

Kala, Yaman e Ayas (2013) realizaram um estudo na Turquia com 27 alunos do 10.º ano no curso de ciências e matemática. Os dados foram recolhidos através de dois instrumentos diferentes (tarefas previsão-observação-explicação ou POE e entrevista semi-estruturada), com objetivo de determinar a compreensão de alunos sobre os conceitos de pH. Relativamente a tarefa POE, os autores constataram que todos alunos afirmaram que pH é uma medida de acidez; oito dos 27 alunos forneceram ideias de que o pH de soluções aquosas de ácidos fortes (vulgarmente conhecidas por ácidos fortes) têm um pH muito baixo, dois dos 27 alunos revelaram ideias de que os ácidos fortes têm o pH elevado; apenas um desses 27 alunos revelou a ideia de que diferentes ácidos podem ter valores de pH igual. Relativamente à entrevista, a maioria dos entrevistados presumiram que o pH estava apenas relacionado com ácidos, mas alguns alunos revelaram que o pH estava relacionado tanto com a acidez como com a basicidade. Um estudante defendeu que se o pH se tornasse inferior a 7, a concentração de H^+ na solução tornar-se-ia maior.

Num estudo anteriormente referido, Martins (2000) questionou 59 alunos portugueses, do 10º ano de escolaridade, sobre força de um ácido e sua relação com o pH. Antes de ensino, constatou que os alunos evidenciaram concepções de que: maior força equivale a maior acidez e, por isso, a menor pH, ou tem a ver com o grau de acidez de um ácido; ácido forte tem um pH maior. Embora alguns alunos tenham dito que o pH mede o grau de acidez ou basicidade, outros revelaram concepções como: pH é o meio ou pH é o grau das substâncias; pH é um ponto neutro, estável, nem ácido nem base. Após um ensino, de natureza construtivista desenhado para promover a mudança das concepções alternativas dos alunos, as concepções sobre força dos ácidos e pH, mantiveram-se semelhantes às evidenciadas antes do ensino, o que sugere que as concepções alternativas sobre os conceitos em causa são resistentes ao ensino, mesmo quando ele é desenhado especialmente para as mudar.

Muitos destes estudos continuam a relatar concepções alternativas surpreendentes sobre o

conceito de pH, mesmo tendo sido recentemente realizados, o que sugere que a investigação realizada na área das concepções alternativas tem tido pouco efeito prático. Por isso, os autores de alguns desses estudos recomendam que as instituições competentes criem um plano de ensino destes tópicos e formem os professores de ciências para lecionarem, de forma adequada, o assunto e para garantirem que os alunos tenham oportunidades de desenvolver as suas compreensões acerca do pH.

2.5. Aprendizagem do conceito de indicador de ácido-base: concepções e dificuldades

Supatmi, Setiawan e Rahmawati (2019) realizaram, na Indonésia, um estudo com 80 alunos do 11º ano, com objetivo de analisar alguns equívocos e dificuldades dos estudantes, relacionados com as titulações ácido-base. Para além de aplicarem um questionário aqueles alunos, entrevistaram, 16 alunos deles, selecionados de forma aleatória, com o objetivo de aprofundar a compreensão das dificuldades dos alunos relativas ao uso de indicadores em titulações ácido-base. No que respeita aos fatores que devem influenciar na determinação do indicador a utilizar numa titulação de ácido-base, os autores constataram que a maioria dos alunos afirmou que devia ser escolhido um indicador que mudasse de cor numa faixa de pH em torno do ponto de equivalência e que seja fácil de obter no laboratório. Contudo, os autores constataram que relativamente ao indicador a usar em titulações ácido forte e base forte, 23,75% dos alunos revelaram equívocos e a maioria destes alunos afirmaram que selecionariam a fenolftaleína como um indicador de ácido forte com uma base forte, e poucos mencionaram o bromotimol. Na entrevista, os autores constataram que a opção pela fenolftaleína se devia ao facto de considerarem que a mudança de cor pode ser facilmente observada, o que não é uma razão adequada. Relativamente ao Indicador a usar numa titulação entre ácido fraco e base forte, os autores constataram que a maioria (76,25%) dos alunos não propuseram um indicador adequado, pois escolheram a fenolftaleína pelo facto de sofrer uma mudança de cor que é facilmente observada.

Kala, Yaman e Ayas (2013) realizaram um estudo, na Turquia, com 27 alunos do 10.º ano, da área de ciências e matemática. Os dados foram recolhidos através de dois instrumentos diferentes (tarefas do tipo previsão-observação-explicação e entrevista semi-estruturada), com objetivo de averiguar a compreensão dos alunos sobre o uso de indicadores de ácido-base. Os autores constataram que dois alunos explicaram a força do ácido com base na cor do indicador.

Antunes et al. (2009) realizaram um estudo sobre o pH do solo com 27 alunos do 12.º ano, em que utilizaram materiais de baixo custo, como solo e produtos caseiros (limão e o sabão em pó dissolvido em água), e indicadores de ácido-base (solução alcoólica de fenolftaleína e papel tornassol). Os autores concluíram que os alunos foram capazes de associar corretamente valores de pH das substâncias

analisadas a cores dos indicadores

Silva, Pereira e Sabadini (2019), num artigo recente sobre alteração de cores de indicadores, concluíram que, quando se pergunta se uma solução indicadora pode alterar a cor após entrar em contacto com outra solução, a resposta mais frequentemente dada por alunos e professores de química é que tal comportamento é impossível, o que indica que não acreditam que o indicador muda de cor. No entanto, acreditam que a diluição diminui intensidade de cor.

Silva et al. (2017) realizaram um estudo com 25 alunos do 10.º ano, com idades compreendidas entre 15 e 16 anos, sobre indicador natural de ácido-base. Antes de explorarem o conhecimento dos alunos, os autores fizeram experiências para os alunos, envolvendo materiais de baixo custo como: repolho roxo, laranja, sal, vinagre, sabão em pó, fermento e ovo. Após a experiência, os autores recolheram dados, através de um questionário, para perceberem o que os alunos pensavam da metodologia usada. Os autores constataram que: 91,2% dos alunos afirmaram que houve uma melhor compreensão dos conceitos através da metodologia utilizada; 86,7% dos alunos revelaram-se surpreendidos com a identificação da natureza ácida ou básica dos materiais utilizados; e 91,3% dos alunos afirmaram que é útil haver uma forma de identificarem a natureza das substâncias pois assim podem evitar acidentes na vida do dia a dia, por falta de conhecimento.

Em síntese, pode afirmar-se que o conceito de indicador de ácido base parece ser um conceito algo difícil, tanto para alunos, mesmo de níveis de escolaridade avançados, como para professores.

2.6. Aprendizagem do conceito de reação de ácido-base: concepções e dificuldades

Cokelez (2010) realizou um estudo com alunos Franceses e Turcos do 12.º ano, para comparar as concepções dos dois grupos de alunos sobre reações de ácido-base. Os dados, recolhidos através da aplicação de um questionário, mostraram que os alunos turcos do 12.º ano consideram que: a interação entre um ácido e uma base produz um sal e água, enquanto que os alunos Franceses do 12.º ano referiram que a reação resulta de uma transferência de prótons ou envolve dois pares ácido e base; ambos os grupos de alunos associaram a expressão ponto de equivalência numa reação de ácido-base a solução neutra; um grande número de alunos, em todos os grupos, associaram o conceito de neutralização aos iões H_3O^+ e OH^- numa reação entre um ácido forte e uma base forte, independentemente das quantidades do ácido e da base.

Furió-Más et al. (2005) aplicaram um questionário sobre reações de ácido-base 68 alunos do 12.º ano. Os autores constataram que: i) do ponto de vista concetual, 70% dos alunos reconhecem o que é uma neutralização e 44% definem-na macroscopicamente (ácido + base \leftrightarrow sal + água), 11% fazem-no

com base no modelo de Arrhenius e 15% não indica o referencial teórico; e ii) do ponto de vista processual, apenas 32% mencionam a mudança na cor dos indicadores.

Num estudo anteriormente referido, que envolveu 59 alunos portugueses, do 10.º ano de escolaridade, Martins (2000) usou um questionário para averiguar a evolução do conhecimento concetual dos alunos sobre o conceito de reação de ácido-base. Antes do ensino, os alunos pareciam acreditar, entre outros, que, numa reação de ácido base, o pH final é a diferença entre o pH do ácido e o pH da base ou que a reação entre um ácido e uma base é muito violenta pelo que pode não formar uma substância neutra, ou que o pH do ácido sobrepõe-se ao pH das outras substâncias, ou que basta uma pequena quantidade de ácido para reagir com uma grande quantidade de base. Após o ensino, a turma que usou ensino construtivista obteve mais respostas contendo ideias aceites do que a turma de controlo, mas ambas as turmas continuaram a apresentar algumas conceções de alternativas, embora em maior percentagem na turma de controlo.

Também Neto (2012), no estudo anteriormente referido e que envolveu alunos timorenses do 12.º ano, comparou as conceções perfilhadas por alunos de escolas públicas e privadas sobre reações de ácido-base. Os dados, que foram recolhidos através de um questionário, mostraram que, em ambos os tipos de escolas: alguns alunos acreditavam que se uma base forte for adicionada a um ácido fraco, essa adição origina um sal e a água, sendo o pH do sal é igual a 7 ou neutro (7); alguns alunos afirmaram que, quando uma base forte é adicionada a um ácido fraco, a solução obtida tem o pH menor que 7, o que indica que o ácido domina; outros alunos considera que a base, se for forte, determina o pH da solução ou base domina o ácido, mas não explicam o que se passa em termos corpusculares.

Cooper, Kouyoumdjian e Underwood (2016) investigaram o raciocínio de estudantes universitários, de química geral e de química orgânica, sobre reações de ácido-base, em duas universidades diferentes, do Canadá. A avaliação foi feita no laboratório, com o objetivo de suscitar o raciocínio dos alunos sobre reações de ácido-base em curso. Os autores constataram que a quase totalidade dos alunos foram capazes de identificar se a reação dada era, ou não, uma reação ácido-base, mas alguns explicaram o sucedido com base em transferência de eletrões e outros de forma consistente com a teoria de Arrhenius ou com a teoria de Bronsted-Lowry.

Estes estudos evidenciam que os alunos possuem muitas dificuldades concetuais, de natureza diversa, com as reações de ácido-base. Essas dificuldades estão associadas a outros conceitos, como indicador de ácido-base e pH, mas elas podem ter subjacente outras dificuldades dos alunos, designadamente com o conceito de reação química, que não foi estudado aqui, mas que Afonso (1997) constatou ser muito problemático para alunos portugueses do 8º ano, mesmo quando estes foram

submetidos a um ensino especialmente desenhado para facilitar a evolução das suas conceções alternativas, incluindo as que têm a ver com a atribuição de um papel ativo a um dos reagentes e de um papel passivo a outro.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. Introdução

Neste capítulo apresenta-se a metodologia utilizada nesta investigação. Inicialmente será realizada uma breve síntese de investigação (3.2), sendo, posteriormente, caracterizada a população e a amostra envolvidas na investigação (3.3), fundamentada a escolha da técnica e descrito o processo de elaboração do instrumento da recolha de dados (3.4), descritos os procedimentos de recolha de dados (3.5) e, por fim, apresentados os procedimentos adotados no tratamento dos dados obtidos (3.6).

3.2. Síntese da investigação

Com esta investigação pretendeu-se comparar as concepções dos alunos do 1.º e do 2.º ciclo do ensino secundário angolano sobre os conceitos de ácido e base. Para tal, e pelo facto de a dimensão da população ser demasiado grande, selecionou-se uma amostra constituída por duas turmas do 1.º ciclo, mais propriamente do 8.º ano, e outras duas turmas do 2.º ciclo, mais concretamente do 10.º ano.

De forma a obter informações que permitissem alcançar o objetivo de investigação, utilizou-se a técnica de inquérito por questionário para recolha de dados. Foi elaborado um questionário do tipo teste de conhecimentos sobre os conceitos de ácido, base, caráter ácido/básico das soluções e reações de ácido-base. Os dados foram recolhidos em Angola, pelo investigador. No que respeita à análise de dados deste estudo, começou-se por numerar os questionários do 1.º ciclo, separadamente dos do 2.º ciclo, para formar os dois subgrupos a comparar. Depois, efetuou-se a classificação das respostas fornecidas pelos sujeitos com base num conjunto de categorias definidos para cada questão, quantificaram-se os dados obtidos e procedeu-se à análise comparativa dos mesmos.

3.3. População e amostra

De modo a alcançar os objetivos desta investigação trabalhou-se com alunos do 1.º e 2.º ciclos do ensino secundário geral angolano que, por sua vez, constituem a população de estudo desta investigação. Segundo Fortin (2009), a população é o conjunto de elementos (indivíduos, espécies, processos) com as mesmas características sobre os quais pretendemos obter dados.

Dada a impossibilidade de recolher dados junto de todos os membros da população, pois esta tem uma dimensão da ordem das dezenas de milhar, foi necessário conceber e utilizar uma amostra. A

amostra é um grupo de tamanho mais reduzido que é retirado da população sobre a qual incide o estudo (Fortin, 2009).

Decidiu-se centrar o estudo na região leste de Angola (Dundo/Lunda-Norte), por ser geograficamente próxima da morada do investigador, o que facilitou a recolha de dados, uma vez que não houve necessidade de grandes deslocações para efeitos de recolha de dados.

Neste estudo, a amostra foi constituída por duas turmas do 1.º ciclo, mais precisamente do 8.º ano (em Angola designado por 8.ª classe), e outras duas turmas do 2.º ciclo, nomeadamente do 10.º ano (ou 10.ª classe), uma vez que o tema ácido-base é tratado no 7.º ano e no 10.º ano, na disciplina de Química. A escolha destes anos, aliada ao momento do ano letivo em que o assunto é estudado, permitiu recolher dados depois de os alunos terem estudado os conteúdos em causa nos dois ciclos envolvidos na investigação. Deste modo, foram escolhidas, aleatoriamente, duas turmas de cada um dos referidos anos de escolaridade e períodos letivos, em cada uma de duas escolas da referida região, que se disponibilizaram a colaborar neste estudo. Em cada escola e ano, foram escolhidas duas turmas de cada um de dois períodos laborais, matinal e vespertino, dado que no período vespertino os alunos são um pouco mais idosos que os alunos do período matinal. Este procedimento permitiu obter uma amostra mais heterogénea e, por isso, com características mais próxima da população.

Embora as turmas em causa tivessem mais alunos, devido a muitas faltas no dia de recolha de dados (que aconteceu logo a seguir às férias) e à existência de questionários pouco preenchidos (que tiveram que ser excluídos), e a fim de ter dois grupos de alunos com dimensões semelhantes, trabalhou-se com dados de um total de 40 alunos, sendo 20 alunos do 8.º ano e 20 alunos do 10.º ano. Na tabela 1 caracteriza-se sumariamente a situação pessoal dos estudantes que participaram no estudo.

Tabela 1 – Características gerais da amostra de alunos que participaram no estudo (f)

Variáveis	Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Idade (anos)	13 – 14	8	1
	15 – 16	7	12
	17 – 18	3	5
	> 18	2	2
Sexo	M	14	13
	F	6	7

Analisando os dados apresentados na tabela 1, constata-se que, tanto no 8.º ano como no 10.º ano de escolaridade, predominam os alunos de sexo masculino (14 *versus* 6 e 13 *versus* 7, respetivamente). Esta relação entre os dois géneros era de esperar, uma vez que, tendo em conta dados da UNESCO (2012), tudo indica que, em Angola, ainda haja mais meninos do que meninas a estudar,

para além da escolaridade obrigatória (que termina no 6.º ano).

No que se refere às idades, se os alunos tivessem entrado na escola na idade prevista na lei e não tivessem reprovado, as idades normais seriam 13-14 anos, no caso do 8.º ano, e 15-16 anos, no caso do 10.º ano. Contudo, em ambos os grupos de alunos, houve bastantes elementos que disseram ter idades superiores a estas. Isto significa que ou entraram na escola mais tarde do que o previsto ou reprovaram uma ou mais vezes.

Embora fosse a nossa intenção recolher dados sobre o nível de desempenho escolar dos alunos, constatou-se que eles se haviam esquecido das notas que tinham tido no trimestre anterior àquele em que decorreu a recolha de dados, pelo que não se considerou esta informação. Note-se ainda que todos os alunos que participaram neste estudo são de nacionalidade angolana.

3.4. Técnica e instrumento de recolha de dados

De modo a recolher os dados para este estudo, optou-se pela técnica de Inquérito por questionário que consiste na recolha de dados colocando perguntas ao participante (aspeto característico da técnica de inquérito), por escrito (o que é próprio da modalidade de inquérito por questionário). Esta técnica foi considerada útil por, como referem alguns autores (McMillan & Schumacher, 2001), permitir interrogar um elevado número de participantes, de forma simultânea e, por isso, exigir pouco tempo e ter baixo custo.

Para a efetivação da recolha de dados, optou-se por um questionário, do tipo teste de conhecimentos, uma vez que, para além de recolher dados sobre as características dos alunos (pessoais e escolares), se precisava de recolher dados sobre o que pensavam e sabiam acerca dos conceitos científicos em causa neste estudo: ácido (conceções de ácido e conceções sobre soluções ácidas); base (conceções de base e conceções sobre soluções básicas); caráter ácido/básico das soluções (incluindo conceções de indicador de ácido-base e conceções sobre pH); reação de ácido-base.

Assim, sendo necessário elaborar um questionário e dado que, como foi referido no Capítulo II, foram previamente realizados por outros autores estudos sobre este assunto, recorreu-se à literatura existente, nomeadamente Martins (2000), Tavares (2003) e Neto (2012) para apoiar a elaboração do questionário a utilizar neste estudo.

Segundo Hill e Hill (2016), um dado questionário pode conter perguntas de resposta aberta, perguntas de resposta fechada e perguntas mistas (com parte aberta e com parte fechada). As perguntas abertas requerem uma resposta construída e escrita pelo respondente e podem servir para exploração de sentimentos, pensamentos, atitudes e opiniões. As perguntas de resposta fechada requerem que o

respondente faça uma escolha entre respostas alternativas fornecidas pelo autor. Uma desvantagem destas últimas é que, além de as respostas poderem ser selecionadas ao acaso, as próprias alternativas de resposta fornecidas na pergunta podem influenciar a resposta dos sujeitos.

Para podermos aceder às conceções dos sujeitos sobre os conceitos em causa, optou-se preferencialmente por perguntas de resposta aberta e, no caso das perguntas de resposta fechada, solicitou-se um pedido de justificação para que o respondente fornecesse respostas, o mais completas possível, e sem influência de opções de resposta pré-disponibilizadas.

Assim, as perguntas incluídas neste questionário são baseadas em outros questionários, utilizados por outros autores para identificar conceções alternativas sobre ácido (conceções de ácido e conceções de solução ácida) e base (conceções de base e conceções de solução básica) (Martins, 2000; Tavares, 2003) e sobre o carácter ácido/base de uma solução e as conceções de pH (Neto, 2012). Outras questões, centradas nas conceções sobre o carácter ácido/base (nomeadamente sobre conceções de indicador de ácido-base) e nas reações de ácido-base, foram construídas pelo autor deste estudo.

Na tabela 2 apresentam-se as dimensões e sub-dimensões a considerar no questionário, bem como os objetivos específicos associados a cada sub-dimensão e às diferentes questões.

As questões foram selecionadas e/ou elaboradas, de modo a permitirem atingir os objetivos específicos a alcançar com o questionário, aspeto que foi verificado através da análise da validade de conteúdo do questionário, como adiante se referirá. Este último foi redigido em língua portuguesa que é a língua oficial de ensino em Angola e que os alunos a inquirir dominam razoavelmente.

Depois de concluída a primeira versão, e como recomendam McMillan e Scumacher (2001), o questionário foi submetido a análise da sua validade de conteúdo. Para tal, foi submetido à apreciação de dois especialistas em Educação em ciências, para além da orientadora da dissertação. Estes especialistas pronunciaram-se sobre a estrutura geral do questionário, sobre a relevância e a suficiência das dimensões e sub-dimensões consideradas e, ainda, sobre a adequação das perguntas aos objetivos a alcançar com o questionário e sobre a qualidade técnica destas. Dessa análise resultou a necessidade de fazer apenas ajustes pontuais ao questionário, nomeadamente em perguntas relacionadas com os seguintes objetivos: averiguar o significado que os alunos atribuem ao pH de uma solução de um ácido e de uma base; averiguar se os alunos admitem a existência de diferentes tipos de reações de ácido-base; averiguar o significado que os alunos atribuem a reações de ácido-base.

Após a introdução das alterações sugeridas pelos especialistas e consideradas pertinentes pelo investigador, o questionário foi testado com quatro cidadãos angolanos a residir (há pouco tempo) em Portugal e que tinham estudado este assunto no ensino secundário angolano. O objetivo era o de

averiguar se o questionário estava adequado aos respondentes, nomeadamente em termos de linguagem, como recomendam McMillan e Scumacher (2001). Desse teste constatou-se que o questionário estava adequado para aplicação aos membros da amostra.

A matriz da versão final do questionário aplicado aos participantes no estudo, para efeitos de recolha de dados encontra-se na tabela 2 e o respetivo questionário está disponível no Anexo 1.

Tabela 2 - Matriz do questionário

Dimensões		Objetivos específicos	Questões
Caraterísticas dos alunos	Pessoais	Caraterizar o aluno quanto a idade Caraterizar o aluno quanto ao sexo	1 2
	Escolares	Identificar o nível de desempenho escolar do aluno	3
Ácido	Conceções de ácido	Averiguar as conceções de ácido perfilhadas pelos alunos Averiguar as propriedades que os alunos atribuem aos ácidos	4, 5 6, 7, 7.1
	Conceções de solução ácida	Averiguar as conceções de solução ácida perfilhadas pelos alunos Identificar soluções ácidas que os alunos conhecem do dia a dia	8 9
Base	Conceções de base	Averiguar as conceções de base perfilhadas pelos alunos Averiguar as propriedades que os alunos atribuem às bases	10, 11 12, 13, 13.1
	Conceções de solução básica	Averiguar as conceções de solução básica perfilhadas pelos alunos Identificar soluções básicas que os alunos conhecem do dia a dia	14 15
Caráter ácido/básico das soluções	Conceções de Indicador de ácido- base	Averiguar as conceções de indicador de ácido-base perfilhadas pelos alunos Identificar indicadores de ácido-base que os alunos conhecem	16, 17 18
	Conceções sobre pH	Averiguar o significado que os alunos atribuem ao pH de uma solução de um ácido e de uma base Indagar como os alunos relacionam o pH de uma solução com a concentração desta Indagar sobre a familiaridade dos alunos com procedimentos de medição do pH de uma solução	19, 20, 21 22, 22.1 23
Reação de ácido-base		Averiguar o significado que os alunos atribuem a reação de ácido-base Averiguar se os alunos admitem a existência de diferentes tipos de reações de ácido-base	24, 25 26, 26.1, 27

3.5. Recolha de dados

A recolha de dados foi efetuada, em Angola, através da aplicação de questionário, do tipo teste de conhecimentos, aos alunos do 8.º e do 10.º ano de escolaridade que foram selecionados para participar neste estudo, tal como anteriormente descrito. O questionário foi aplicado pelo investigador, de modo a garantir que os sujeitos não seriam ajudados ou influenciados nas suas respostas.

Antes da recolha de dados, foi realizado um pedido, por escrito, à direção provincial da educação

da Lunda-Norte, no qual se solicitava autorização para os alunos participarem nesta investigação. Obtida a autorização e o apoio das autoridades educativas (Anexo 2), foram contactados os coordenadores de turma e da disciplina de química que lecionavam nas turmas a que se destinava o questionário, a fim de combinar a data e condições de aplicação do questionário.

Posteriormente, foi efetuada a recolha de dados pelo investigador, através da aplicação do questionário em regime presencial e individual, para que cada um dos participantes respondesse por si.

No início da aplicação do questionário, os inquiridos foram informados acerca dos objetivos da investigação e foi-lhes solicitado que, caso estivessem disponíveis para responder, elaborassem as suas respostas e opiniões por si só e com base na realidade em que vivem, de forma a garantir a fidelidade dos dados e que as respostas nos permitiriam saber o que pensam sobre o assunto. Foram-lhes, também, garantidos o anonimato e a confidencialidade dos dados, bem como a possibilidade de desistirem de responder, a qualquer momento.

A resposta ao questionário demorou entre trinta minutos e uma hora e nenhum aluno se recusou a responder ao mesmo, apesar de, como foi referido anteriormente, nem todos terem respondido a todas as questões.

3.6. Tratamento de dados

No que respeita à análise dos dados recolhidos no âmbito deste estudo, começou-se por numerar os questionários do 1.º ciclo, separadamente dos do 2.º ciclo, para formar os dois subgrupos a comparar. Depois, efetuou-se a classificação das respostas fornecidas pelos sujeitos com base num conjunto de categorias definido para cada questão, quantificaram-se os dados obtidos e procedeu-se à análise comparativa dos mesmos.

A análise foi efetuada questão por questão. Nas questões do tipo fechado, as opções de resposta incluídas na pergunta foram usadas como categorias *a priori*. Tanto para as questões do tipo aberto como para as justificações solicitadas às perguntas fechadas, criaram-se categorias de resposta que emergiram dos dados (*categorias a posteriori*) e que foram usadas para classificar as respostas dos alunos a cada questão ou partes dessas respostas, nos casos em que uma resposta apresentava mais do que uma ideia relevante. Como referem McMillan e Scumacher (2001), este procedimento tem a vantagem de conduzir a categorias que se adaptam bem aos dados a analisar.

Depois de efetuada a classificação das respostas a uma dada pergunta, foram contabilizadas as respostas por categoria, para cada ano de escolaridade, obtendo-se assim as frequências de respostas para as diferentes categorias formadas para ambos os anos. Estas frequências, nos casos em que foram

consideradas e classificadas partes de resposta, são superiores ao número de respondentes. Por esta razão, haverá tabelas em que as somas das percentagens ultrapassam os 100%.

No próximo capítulo, os dados são apresentados em tabelas que apresentam simultaneamente os dois anos de escolaridade a fim de facilitarem a comparação dos resultados obtidos em ambos os anos, como exigido pelo objetivo geral do estudo. Sempre que se considera necessário para que se entenda a análise e interpretação efetuadas, as categorias de resposta são ilustradas com respostas ou excertos de respostas nelas classificadas.

Para garantir o anonimato, os autores das respostas apresentadas no quarto capítulo são identificados por E (de estudante), seguido de informação sobre o ano de escolaridade (08 ou 10) e pelo respetivo número de ordem que, em cada ano, varia entre 01 e 20.

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Introdução

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos através da análise de dados recolhidos por meio de um questionário do tipo teste de conhecimentos, junto dos estudantes do 8.º e do 10.º ano de escolas angolanas. Os resultados são apresentados em sete subcapítulos. Em 4.2 apresentam-se os resultados relativos às concepções dos estudantes sobre o conceito de ácido e em 4.3 os referentes às concepções dos estudantes sobre soluções ácidas; em 4.4 apresentam-se os resultados relativos às concepções dos estudantes acerca do conceito de base e em 4.5 os concernentes às concepções dos estudantes sobre soluções básicas; em 4.6 apresentam-se os resultados referentes às concepções dos estudantes sobre o conceito de indicador de ácido-base, em 4.7 os relativos às concepções dos estudantes sobre o conceito de pH e em 4.8 os concernentes às concepções dos estudantes sobre o conceito de reação de ácido-base.

4.2. Concepções dos estudantes sobre ácidos

Quando se perguntou aos participantes no estudo se já tinham ouvido chamar ácido a alguma substância (Q. 4), constatou-se que quase todos os estudantes do 10.º ano e pouco mais de metade dos do 8.º disseram que tinham ouvido isso (tabela 3).

Tabela 3: Familiaridade dos estudantes com o termo 'ácido' (f)

Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	13	18
Não	3	2
Não me lembro	4	0

É estranho que quatro estudantes do 8.º ano tenham dito que não se lembravam de ter ouvido falar em ácidos, pois esse é um assunto que faz parte do programa do 7.º ano. De igual modo, é estranho que dois estudantes do 10.º ano tenham dito que ainda não tinham ouvido falar de ácidos, pois deveriam ter estudado sobre ácidos no 7.º ano e ter voltado a estudar no 10.º ano.

Os participantes no estudo foram questionados sobre o que pensavam ser um ácido (Q 5). Na tabela 4 apresentam-se os resultados da análise das respostas dos estudantes a essa questão. Os dados apresentados nesta tabela mostram que todos os estudantes responderam à questão, mas apresentaram

respostas em que enfatizaram um ou mais elementos, bastante diferentes, que vão desde a área científica na qual o conceito de ácido se integra até às propriedades químicas das substâncias ácidas. Comparando os resultados dos alunos do 8.º ano com os dos alunos do 10.º ano, constata-se que entre estes últimos estudantes há muito mais referências a propriedades físicas e a propriedades químicas que eles pensam que os ácidos possuem do que no 8.º ano.

Tabela 4: Concepções dos estudantes sobre o conceito de ácido (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Área científica de pertença	É uma substância química	6	5
Existência	Existe nos alimentos	6	4
	Existe em detergentes e outros produtos	2	2
	Existe nos líquidos	1	0
	Existe nas baterias	0	4
	Encontra-se na atmosfera	0	1
Efeitos	Causa problemas de saúde	8	1
	Estraga outros materiais	0	1
	É perigosa	2	9
	Não é perigosa	1	0
Propriedades físicas	Tem sabor amargo	6	2
	Encontra-se no estado líquido	0	10
Propriedades químicas	Decompõe-se em outras substâncias	0	1
	Contém ou liberta H ⁺	0	3
Não responde		0	0

Só no 10.º ano foram obtidas respostas que podem ser consideradas compatíveis com o conceito de ácido segundo Arrhenius e segundo Lowry-Brønsted, os quais, como foi referido em 2.2, são bastante limitados. Na verdade, (apenas) três alunos do 10.º ano, que, como foi referido, já tinham estudado sobre ácidos, afirmaram que os ácidos contêm ou libertam H⁺, ideia compatível com o conceito de ácido segundo Arrhenius se a libertação ocorrer em solução aquosos ou com o conceito de ácido segundo Lowry-Brønsted, se a cedência do protão for a favor de outra substância, incluindo um solvente que não a água.

Em ambos os anos, mas com maior incidência no 8.º ano, os estudantes, em vez de definirem concetualmente ácido, limitaram-se a dizer que é uma substância química (o que, apesar de não estar errado, não é suficiente) e/ou referiram substâncias em que os ácidos podem ser encontrados, propriedades físicas que julgam que eles têm ou efeitos que julgam que os ácidos têm sobre outras substâncias. Estes resultados são semelhantes aos obtidos em estudos realizados por Martins (2000) e Medeiros e Santana (2013), os quais evidenciaram dificuldades dos alunos em definir o conceito de ácido.

Embora e como refere Driver et al. (1994), muitas das concepções pareçam de origem sensorial (ex.: encontra-se no estado líquido; estraga os materiais), acredita-se que outras podem ter sido induzidas em contexto escolar. Na verdade, muitas destas concepções poderão estar associadas: à linguagem usada na sala de aula, que, por vezes, enfatiza o papel do ácido, referindo, por exemplo, a ação dos ácidos sobre os metais. em vez de se centrar na interação entre substâncias, uma das quais é um ácido; ao conteúdo dos manuais escolares de química do 1.º ciclo do ensino secundário (7.º ano), nos quais os ácidos são definidos de forma operacional, como por exemplo: “ácido cítrico existe no limão e na laranja; o ácido acético faz parte do vinagre; ácido clorídrico indisponível em pequenas quantidades no suco gástrico no ser humano e dos animais ou ácido fórmico, meio de defesa das formigas, também a água das chuvas é ligeiramente ácida.” (Coelho & Octávio, 2014, p. 86).

Na tabela 5 apresentam-se exemplos de respostas dadas pelos alunos e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta relativas ao conceito de ácido.

Tabela 5: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos estudantes sobre o conceito de ácido

Categorias	Exemplos de respostas
É uma substância química	“Ácido será uma substância química” (E08-02)
Existe nos alimentos	“Ácidos são substâncias naturais que se obtêm a partir das frutas” (E08-18)
Existe em detergentes e outros produtos	“Ácido é uma substância química líquida que está presente no nosso dia-á-dia tais como: refrigerantes, lixívia, álcool e perfumes” (E08-05)
Existe nos líquidos	“Um ácido pode ser uma substância que aparece em vários alimentos e também em algumas substâncias líquidas que podem também amargar a boca e provocar azias, etc” (E08-15)
Existe nas baterias	“É um líquido que se encontra nas baterias dos automóveis e motos” (E08-10)
Encontra-se na atmosfera	“Ácido é uma substância química que podemos encontrar nos alimentos e na atmosfera” (E10-03)
Causa problemas de saúde	“Um ácido é uma substância química que pode nos causar muitas consequências na saúde” (E08-12)
Estraga outros materiais	“ [...] Também já ouvi dizer que o ácido é um líquido quente que ao por num copo pode derretê-lo e faz mal a pele” (E10-08)
É perigosa	“Um ácido é um elemento químico que pode matar, desfigurar o rosto, porque o ácido queima” (E10-14)
Não é perigosa	“Os ácidos podem nos fazer mal e talvez bem” (E08-04)
Tem sabor amargo	“Ácidos são substâncias que amargam a boca” (E08-17)
Encontra-se no estado líquido	“Ácido é um líquido que contém uma substância química” (E10-02)
Decompõe-se em outras substâncias	“Ácido é uma substância líquida ou química que ao decompor dá origem a uma outra substância. [...]” (E10-06)
Contém ou liberta H ⁺	“Ácido é uma substância que libera iões H ⁺ ” (E10-09)

Constata-se que não há informação para perceber que modelo de ácido perfilha quem falar em libertação de prótons, mas percebe-se que há tendência para atribuir um papel ativo, intenso ou perigoso

aos ácidos, no seu contacto com outras substâncias, de acordo com o que constatou Toplis (1991).

Quando questionados sobre quais pensavam ser as propriedades dos ácidos (Q.6), os estudantes deram, novamente, uma variedade de respostas (tabela 6). Como se pode constatar pela análise dos dados constantes desta tabela, todos os estudantes responderam à questão, apresentando respostas diversas, que enfatizaram um ou mais elementos diferentes, que vão desde a existência das substâncias químicas até às características químicas das substâncias ácidas. Comparando o 8.º com o 10.º ano, verifica-se que os números de referências a propriedades físicas e a propriedades químicas, no 10.º ano, são muito semelhantes aos números do 8.º ano. Além disso, verifica-se que, só no 10.º ano, foram obtidas, embora em número de reduzido, respostas baseadas no facto de os ácidos libertarem H^+ ou conterem H^+ , que podem ser compatíveis com o conceito de ácido segundo Arrhenius ou segundo Brønsted Lowry, consoante a definição se faça, respetivamente, à custa de solução aquosa ou de um solvente qualquer. Estes tipos de respostas são semelhantes aos obtidos por Neto (2012) e sugerem que o estudo da química, entre o 7.º e o 10.º ano, não teve muita influência nas conceções dos estudantes relativas ao conceito de ácido.

Tabela 6: Opiniões dos estudantes sobre as propriedades dos ácidos (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Existência	Existe nos alimentos	3	4
Efeitos	Causa problemas de saúde	10	8
	Estraga metais	1	0
	É perigoso	2	4
	Não é perigoso	1	0
Propriedades físicas	Tem sabor amargo	7	8
	Tem sabor doce	2	0
	Tem sabor ácido	3	6
	É uma substância líquida	1	2
	Conduz a corrente elétrica	2	2
Propriedades química	Reage com as bases	1	3
	Liberta H^+ e /ou contém H na sua fórmula	0	3
Não responde		0	0

Em ambos os anos houve um número considerável de estudantes que, em vez de definirem concetualmente o conceito de ácido, deram outros tipos de respostas, centradas nos efeitos dos ácidos. Outros alunos limitaram-se a afirmar que os ácidos causam problemas de saúde, estragam metais, são perigosos ou não são perigosos. Como foi referido anteriormente, algumas destas conceções parecem ser de origem sensorial ou social, parecem ter a ver com coisas que são observadas e/ou ditas no dia a dia (ex.: estragam os metais) e não correspondem, ou não deveriam corresponder, a ideias veiculadas

pela escola. Na verdade, alguns ácidos reagem com alguns metais, mas nem todos os ácidos reagem com todos os metais (Chang & Goldsby, 2013).

Tanto no 8.º como no 10.º ano, foram encontradas respostas que se baseiam nas propriedades físicas dos ácidos. Contudo, algumas das ideias associadas a essas respostas não correspondem a características dos ácidos (ex.: têm sabor doce) e não é credível que tenham sido ensinadas ao longo da escolaridade nem parecem muito prováveis de ser encontradas no dia a dia. No entanto, outras respostas correspondem, efetivamente, a propriedades dos ácidos. Disso é exemplo a ideia de que os ácidos, em solução aquosa, têm a propriedade de conduzir a corrente elétrica. As respostas que referem que os ácidos têm sabor ácido são muito pouco informativas e são mais frequentes no 10.º ano. Estas respostas sugerem que os estudantes, especialmente os do 10.º ano, sabem pouco sobre os ácidos e suas propriedades o que pode dever-se a terem aprendido pouco, no 7.º ano, ou a não terem estudado o assunto, por razões de falta de colocação atempada de professor de química, no 7.º e/ou no 10.º ano.

Na tabela 7 apresentam-se exemplos de respostas dadas pelos alunos e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta relativas às propriedades dos ácidos.

Tabela 7: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos estudantes sobre as propriedades dos ácidos

Categorias	Exemplos de Respostas
Existe nos alimentos	“Os ácidos estão presentes em refrigerantes, sucos, cervejas e água” (E08-03)
Causa problemas de saúde	“Os ácidos provocam doença e causam asia na boca” (E08-16)
Estraga metais	“Na minha opinião, as propriedades que possuem os ácidos têm a capacidade de corroer o ferro e de conduzir a corrente elétrica” (E08-20)
É perigoso	“Os ácidos possuem propriedades perigosa e não podemos tocar” (E10-12)
Não é perigoso	“Os ácidos têm várias propriedades, a maioria deles apresentam doçura e amargura, e alguns dão energia como: speed, XXL e muitos” (E08-06)
Tem sabor amargo	“Possuem propriedades amargas” (E10-05)
Tem sabor doce	“Os ácidos têm várias propriedades, uma delas é apresentar doçura na boca” (E08-07)
Tem sabor ácido	“É uma substância química com sabor ácido” (E10-01)
É uma substância líquida	“As propriedades que possuem os ácidos são substâncias líquidas perigosas, que queima quando posto pele” (E10-11)
Conduz a corrente elétrica	“A capacidade de corroer o ferro e de conduzir a corrente elétrica” (E08-20)
Reage com as bases	“Os ácidos apresentam muitas propriedades: na fórmula tem Hidrogénio e também dizem reagem com bases” (10-14)
Liberta H ⁺ e /ou contem H na sua fórmula	“As propriedades dos ácidos são várias, e que me lembro é que eles liberam H ⁺ quando reagem” (E10-14)

Uma análise destas respostas evidencia, novamente, o papel central atribuído aos ácidos nas interações químicas (é o ácido que tem a capacidade de corroer, não parecendo admitir-se que o ferro tenha a capacidade de ser corroído), tal como constatou Toplis (1991), e deixa, de novo, a dúvida sobre qual o modelo de ácido que é perfilhado por quem fala em H⁺.

Quando se perguntou aos participantes no estudo se as propriedades dos ácidos seriam exatamente iguais para todos os ácidos (Q.7), constatou-se que pouco mais da metade dos estudantes do 8.º ano e apenas dois estudantes do 10.º ano discordaram dessa possibilidade (tabela 8). Este resultado não era espectável, uma vez que os alunos do 10.º ano têm mais formação em química do que os colegas do 8.º ano e deveriam já ter ouvido falar, por exemplo, em força dos ácidos.

Tabela 8: Opiniões dos estudantes sobre a semelhança das propriedades dos diversos ácidos (f)

Semelhança de propriedades	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	2	9
Não	12	2
Não tenho certeza	6	9

Pela mesma razão, é estranho que quase metade dos estudantes do 10.º ano tenham concordado que os ácidos têm todos as mesmas propriedades e que outra metade tenha manifestado incerteza sobre se as propriedades dos ácidos seriam, ou não, exatamente iguais para todos os ácidos, pois este assunto é estudado, embora com pouca profundidade, no 7.º ano.

Os participantes no estudo foram solicitados a justificar as suas respostas (Q.7.1) acerca da semelhança, ou não, das propriedades dos diversos ácidos. A tabela 9 mostra que os dois estudantes do 8.º ano justificaram as suas respostas, enquanto quatro dos nove estudantes do 10.º ano não apresentaram tal justificação.

Tabela 9: Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que os ácidos têm propriedades semelhantes (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=2)	10.º ano (n=9)
Efeitos	Todos são perigosos	0	1
Propriedades físicas	Todos têm sabor amargo	0	2
	Todos conduzem a corrente elétrica	0	1
Propriedades químicas	Todos apresentam H na sua fórmula	1	0
	Todos reagem com bases	2	1
	Todos contêm H na sua fórmula	0	1
Não responde		0	4

Analisando as justificações, verifica-se que as justificações dos estudantes do 8.º ano são

diferentes das justificações dos estudantes do 10.º ano, assentando as primeiras em conhecimento do dia a dia e as segundas em aspetos do conhecimento escolar, físico ou químico. No entanto, os alunos limitam-se a referir aspetos que constituem características dos diversos ácidos, sem considerarem a intensidade dessas características, aspeto que permitiria diferenciar os diversos ácidos entre si.

Na tabela 10 apresentam-se exemplos de respostas dadas pelos alunos que afirmaram que os ácidos têm propriedades semelhantes e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta relativas a este assunto. Uma análise qualitativa dessas respostas evidencia a afirmação anterior sobre a foco na propriedade e o ignorar da eventual diferença de intensidade da mesma.

Tabela 10: Exemplos de respostas que ilustram as conceções dos estudantes sobre a hipotética semelhança de propriedades dos ácidos

Categorias	Exemplos de respostas
Todos são perigosos	“Porque todos os ácidos possuem propriedades perigosas, e se forem consumidos por exagero cria consequências graves” (E10-12)
Todos têm sabor amargo	“Porque normalmente eles apresentam propriedades amargas sem dúvidas” (E10-05)
Todos conduzem a corrente elétrica	“Elas possuem exatamente propriedades iguais, porque já vi num vídeo no youtube que todos eles conduzem a corrente elétrica” (E10-19)
Todos apresentam H na sua fórmula	“Porque o que eu já ouvi é que na sua fórmula química tem H e também dizem que reagem com as bases” (E08-13)
Todos reagem com bases	“Porque todos ácidos têm propriedades de reagir com as bases por isso serão exatamente iguais para todo” (E08-14)
Todos contêm H na sua fórmula	“Porque todos ácidos devem possuir na sua fórmula o símbolo H, eu estudei isso” (E10-16)

Na tabela 11 apresenta-se os resultados da análise das justificações dos estudantes que consideraram que os ácidos têm propriedades diferentes entre si. Os dados mostram que nove dos doze estudantes do 8.º ano não justificaram as suas respostas, enquanto os dois estudantes do 10.º ano apresentaram suas justificações, invocando dois aspetos cada um.

Tabela 11: Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que os ácidos têm propriedades diferentes (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=12)	10.º ano (n=2)
Efeitos	Alguns ácidos causam problemas de saúde	3	2
Propriedades físicas	Alguns ácidos têm sabor amargo	3	2
	Alguns ácidos têm sabor doce	1	0
Não responde		9	0

Pela análise das justificações apresentadas, verifica-se que as justificações dos estudantes do

8.º ano são semelhantes às justificações dos colegas do 10.º ano e que todas elas evitam a generalização a todos os ácidos de uma propriedade relacionada com conhecimentos do dia a dia: efeitos das substâncias ácidas e propriedades físicas das substâncias ácidas. Além disso, estas respostas evidenciam muitas dificuldades (ou mesmo incapacidade) em distinguir os ácidos entre si, do ponto de vista químico.

Na tabela 12 apresentam-se exemplos de respostas dadas pelos alunos que afirmaram que os ácidos têm propriedades diferentes e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta relativas a este assunto. Contudo, uma análise destas respostas sugere que os seus autores podem ter pouca certeza no que afirmam, uma vez que não concretizam com exemplos de ácidos que possuem cada uma das propriedades.

Tabela 12: Exemplos de respostas que ilustram as conceções dos estudantes sobre a hipotética diferença de propriedades entre os ácidos

Categorias	Exemplos de respostas
Alguns ácidos causam problemas de saúde	“Porque outros causam asia e outros amargura” (E08-09)
Alguns ácidos têm sabor amargo	“Porque outros picam e outros amargam” (E10-02)
Alguns ácidos têm sabor doce	“Porque eles apresentam substâncias diferentes, alguns amargos e outras doce” (E08-06)

A tabela 13 mostra que dois dos seis estudantes do 8.º ano que não tinham certeza se todos os ácidos têm propriedade semelhantes justificaram as suas respostas, enquanto seis dos nove colegas do 10.º ano não apresentaram nenhuma justificação para essa dúvida. Analisando as justificações, verifica-se que eles se centram no pouco que o aluno sabe, sendo que a dúvida dele reside no que não sabe.

Tabela 13: Razões que levaram os estudantes a afirmar que não tinham certeza se todos os ácidos tinham, ou não, propriedades semelhantes (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=6)	10.º ano (n=9)
Efeitos	Sabe que todos causam problemas de saúde	1	1
	Sabem que todos são perigosos	0	1
Propriedades físicas	Sabe que todos têm sabor amargo	1	1
Caraterísticas físicas	Sabem que todos se encontram no estado líquidos	1	1
Propriedades químicas	Sabem que todos libertam H ⁺ quando reagem	1	0
Não responde		4	6

Além disso, as justificações dos estudantes do 8.º ano e as justificações dos estudantes do 10.º ano são semelhantes em conteúdo, exceto no caso em que um aluno do 8.º ano justificou a sua incerteza tendo em conta um aspeto do conhecimento escolar que conhece, tendo respondido: “já ouvi a falar que

eles liberam H^+ quando estão a reagir com outros”, mas não sabendo se há outras diferenças entre os ácidos. Estes resultados sugerem um reduzido domínio do conhecimento químico associado aos ácidos, o que é particularmente preocupante no 10.º ano, em que os alunos já tinham começado a estudar este assunto de química no 7.º ano.

Na tabela 14 apresentam-se exemplos de respostas dadas pelos alunos que afirmaram que não tinham certeza se os ácidos tinham, ou não, propriedades diferentes e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta usadas para este assunto. Consta-se que os alunos referem algumas propriedades que, segundo eles, todos os ácidos possuem, mas reconhecem que dominam pouco ao assunto pelo que não sabem se haverá, ou não, outras propriedades que diferentes.

Tabela 14: Exemplos de respostas que ilustram as dúvidas dos alunos sobre a diferença de propriedades entre os ácidos

Categorias	Exemplos de respostas
Sabem que todos causam problemas de saúde	Porque outros dizem que clareia a pele para produtos que possuem os próprios ácidos (E10-10)
Sabem que todos são perigosos	“Porque não domino esta área, só sei que são substâncias líquidas, são perigosos se colocarmos na pele queima” (E10-11)
Sabem que todos têm sabor amargo	“Porque o que me parece é que para além do sabor amargo possuem cheiro forte, e não sei se funciona para os demais” (E10-08)
Sabem que todos se encontram no estado líquidos	“Porque não domino esta área, só sei que são substâncias líquidas, são perigosos se colocarmos na pele queima” (E10-11)
Sabem que todos libertam H^+ quando reagem	“Porque nunca tive aula que explica esta pergunta, só já ouvi a falar que eles liberam H^+ quando estão a reagir com outros” (E08-12)

4.3. Conceções dos estudantes sobre soluções ácidas

Os participantes no estudo foram questionados sobre o que significava, para eles, solução ácida (Q. 8). Na tabela 15 apresentam-se os resultados da análise das respostas a essa questão. Os dados permitem verificar que quase metade dos estudantes do 8.º ano e um pouco mais da metade dos estudantes do 10.º ano responderam à questão, mas apresentaram respostas que enfatizaram apenas um elemento, que vai desde o lugar onde pensam que existem soluções ácidas até às propriedades químicas dessas soluções, passando por exemplos de produtos que são ou contêm ‘substâncias líquidas’, que eles pensam que têm carácter ácido. Comparando os resultados dos estudantes do 8.º com os dos estudantes do 10.º ano, constata-se, novamente, que entre estes últimos estudantes há mais referências a propriedades químicas do que no 8.º ano e que mais de metade dos alunos deste último grupo não foram capazes de dar uma resposta ou, pelo menos, uma resposta compreensível à questão. No 10.º ano, cinco alunos (um quarto do grupo) também não definiram solução ácida, o que é um número muito grande, tendo em conta a química que, em princípio, já tiveram que estudar antes de chegarem ao 10.º

ano e durante o próprio 10.º ano.

Tabela 15: Concepções dos estudantes sobre o significado da solução ácida (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Existência	Existe nas baterias	2	2
Consequências	Causa problemas de saúde	2	2
	Contém substâncias perigosas	0	3
Propriedades físicas	Tem sabor amargo	4	1
Exemplos de produtos	É um detergente	0	2
	É um alimento	3	3
Propriedades químicas	Liberta ião H ⁺	0	2
	Contém substâncias ácidas	3	5
	Contém H ⁺	0	1
Não responde		11	5

Os estudantes de ambos os anos de escolaridade têm uma história de ensino sobre ácidos e aspetos relacionados bastante diferente, tendo, no entanto, todos eles estudado sobre a teoria de Arrhenius no 7.º ano e de Bronsted-Lowry no 10.º ano. Por essa razão, é bastante surpreendente constatar que poucos alunos definiram solução ácida com base em propriedades químicas. Para além dos alunos que, genericamente, referiram que são soluções que contêm substâncias ácidas ou ácidos, no 10.º ano apenas um estudante referiu que uma solução ácida é uma solução que contém H⁺ e outros dois estudantes disseram que a solução ácida é uma solução que liberta o ião H⁺, mas não sabemos para que tipo de recetor. De algum modo, estas ideias podem ter a ver com a teoria de Arrhenius ou com a teoria de Bronsted-Lowry, e são semelhantes às descritas por Neto (2012) e Rezende e Pereira (2016).

Verifica-se, ainda, em ambos os anos, mas com maior incidência no 8.º ano, que há estudantes que, em vez de explicarem concetualmente o significado de solução ácida, limitaram-se a afirmar que são substâncias líquidas amargas (tabela 15). Outros mencionaram as consequências que julgam que as soluções ácidas têm, propriedades físicas que julgam que elas apresentam, ou produtos que julgam que são exemplos de substâncias ácidas. Muitas das concepções evidenciadas parecem ser de origem sensorial (ex.: São substâncias líquidas como alimentos; São substâncias líquidas com sabor amargo; São substâncias líquidas como detergentes), resultantes da observação ou do contacto com soluções que sabem ou imaginam ser ácidas.

Na tabela 16 apresentam-se exemplos de respostas dos alunos que evidenciam as diversas ideias por eles perfilhadas sobre soluções ácidas e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta usadas para este assunto. Note-se que o aluno que fala em soluções que contém H⁺ não refere

se a solução é, ou não, aquosa (e isso, intencionalmente, não era dito na pergunta) e que o aluno que refere que uma solução que liberta H^+ parece estar a confundir ácido com solução ácida.

Tabela 16: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre soluções ácidas

Categorias	Exemplos de respostas
Existe nas baterias	“Para mim uma solução ácida é uma substância química que encontra nas baterias dos carros” (E10-08)
Causa problemas de saúde	“Solução ácida significa todo líquido que amarga e que causam azia na boca” (E08-08)
Contém substâncias perigosas	“É uma substância líquida proveniente de frutas, e é muito perigoso” (E10-12)
Tem sabor amargo	“Solução ácida significa todo líquido que amarga e que causam azia na boca” (E08-02)
É um detergente	“Significa solução que contém substância ácida, como a lixívia, etc.” (E10-05)
É um alimento	“Para mim as soluções ácidas são líquidas como refrigerantes e bebidas alcoólicas” (E08-04)
Liberta H^+	“Significa soluções que liberam H^+ ” (E10-11)
Contém substâncias ácidas	“É uma substância líquida que contém uma substância química ácida” (E10-2)
Contém H^+	“Para mim pode ser uma solução que contém a substância H^+ ” (E10-10)

Os participantes no estudo foram solicitados a escrever três nomes de soluções ácidas de que tivessem ouvido falar no quotidiano (Q.9). A tabela 17 mostra que um pouco mais de metade dos estudantes do 8.º ano e quase a metade dos estudantes do 10.º ano não escreveram tais nomes.

Tabela 17: Soluções ácidas que os alunos conhecem do dia a dia (f)

Nomes de soluções ácidas	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
3 corretos	4	6
2 corretos e 1 incorreto	4	6
1 correto e 2 incorretos	1	0
Não responde	11	8

Registe-se que os números de estudantes que citaram três ou dois exemplos corretos de soluções ácidas são próximos em ambos os anos de escolaridade. De facto, só um número restrito de estudantes deu três exemplos corretos de soluções ácidas, sendo a incidência ligeiramente maior no 10.º ano. A título de curiosidade, refira-se que as soluções ácidas mais citadas, corretamente, foram o limão e o vinagre, ou seja, dois produtos alimentares comuns. Entre as soluções incorretamente consideradas como ácidas encontra-se a lixívia e o detergente de loiça. Não era de esperar que fosse tão baixa a frequência de estudantes capazes de conseguir apresentar nomes corretos de soluções ácidas, pois,

além de as soluções ácidas serem faladas no dia a dia, o seu estudo foi iniciado no 7.º ano de escolaridade, pelo que seria de prever que as respostas dos alunos fossem melhores. Contudo, Driver et al. (1994) também referem estudos em que os alunos apresentaram dificuldades em definir o conceito de solução, o que certamente dificultará a compreensão do conceito de solução ácida.

4.4. Conceções dos estudantes sobre bases

Quando se questionou os participantes no estudo se já tinham ouvido chamar base a alguma substância (Q. 10), constatou-se que, em ambos os anos, pouco mais de três quintos dos alunos disseram que tinham ouvido isso (tabela 18).

Tabela 18: Familiaridade dos estudantes com o conceito de base (f)

Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	13	14
Não	0	2
Não me lembro	7	4

É estranho que sete estudantes do 8.º ano tenham dito que não se lembravam de ter ouvido falar de bases, mas é ainda mais estranho que dois alunos do 10.º ano tenham afirmado que ainda não tinham ouvido falar desse conceito, pois todos eles deveriam ter aprendido sobre bases no 7.º ano e os alunos do 10.º ano também deveriam ter estudado esse conceito, novamente, dado ser um assunto que está previsto ser ensinado no 10.º ano.

Independentemente de terem, ou não, ouvido falar de bases, os participantes no estudo foram questionados sobre o que imaginam ser uma base (Q. 11). Os dados apresentados na tabela 19 mostram que quase todos os estudantes responderam à questão, mas apresentaram respostas que enfatizaram um ou mais elementos, bastante diferentes, que vão desde a área científica na qual consideram que o conceito de base se integra até às características químicas das substâncias básicas. Comparando os dados obtidos no 8.º com os obtidos no 10.º ano, mais uma vez se verifica que, neste último ano, e como seria de esperar, há mais referências às características químicas das substâncias básicas do que no 8.º ano. Verifica-se que, só no 10.º ano, foram obtidas algumas respostas compatíveis com o conceito de base segundo Arrhenius o qual foi apresentado em 2.2. Na verdade, apenas quatro estudantes do 10.º ano, disseram que as bases contêm iões OH⁻, embora não tenham especificado o que pode acontecer a esses iões. Em ambos os anos, verifica-se, tal como se tinha constatado no caso dos ácidos, que os estudantes, em vez de definirem conceitualmente o conceito da base, limitaram-se a dizer que é

uma substância química (o que, apesar de não estar errado, não é suficiente), ou referiram substâncias em que pensam que podem ser encontradas, mencionaram propriedades físicas e químicas que julgam que têm, ou apontaram efeitos que julgam que as bases têm sobre outras substâncias, nomeadamente metais e ácidos.

Tabela 19: Concepções dos estudantes sobre o conceito de base (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Área científica de pertença	É uma substância química	7	12
Existência	Existe nos alimentos	3	4
	Existe em detergentes e outros produtos	2	0
	Existe nos líquidos	1	0
Efeitos	Causa problemas de saúde	8	6
	Estraga metais e materiais	2	0
	É perigosa	1	0
	Não é perigosa	1	3
Propriedades físicas	Tem sabor amargo	4	3
	São escorregadias	0	2
	Tem sabor doce	2	0
	É salgada	1	0
	É uma substância líquida	0	1
Propriedades químicas	Reage com os /estraga os metais	2	0
	Reage com outra substância formando água	0	1
	Neutraliza o ácido	0	3
	Não contém ácido	0	3
	Contém iões OH-	0	4
Não responde		1	0

Estes resultados são concordantes com os resultados obtidos por Figueira et al. (2009) e por Rezende e Pereira (2016). Tal como no caso dos ácidos, e como referem Driver et al. (1994), muitas destas concepções parecem ser de origem sensorial (ex.: estragam os metais ou os materiais.) ou de origem social (ex.: são perigosas ou causam problemas de saúde), e persistem até ao 10.º ano (ou para além dele), apesar de este conceito estar integrado nos programas do 7.º ano.

Na tabela 20 apresentam-se exemplos de respostas dos alunos que evidenciam as diversas ideias identificadas sobre o conceito de base e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta usadas para este assunto. Uma análise das respostas evidencia divergências entre os alunos (ex.: uns alunos pensam que as bases são perigosas ou fazem mal à saúde e outros alunos pensam que as bases não são perigosas). Contudo, parece haver mais tendência para considerar que as bases são boas ou fazem bem ou não causam perigo do que a considerar que os ácidos são bons ou fazem bem. No entanto, há alunos que parecem atribuir um papel ativo às bases, considerando que elas neutralizam

os ácidos, como também constataram Rodrigues, Flávio e Gomes (2016).

Tabela 20: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre o conceito de base

Categorias	Exemplos de respostas
É uma substância química	“A base é uma substância química que podemos encontrar no sabão e nos detergentes” (E08-06)
Existe nos alimentos	“A base é uma substância química que podemos encontrar em alguns alimentos como quiabos, pimentas e outros” (E10-13)
Existe em detergentes e outros produtos	“A base é uma substância química que podemos encontrar no sabão e nos detergentes” (E08-01)
Existe nos líquidos	Na minha opinião a base é substância que se encontra nos alimentos e líquidos” (E08-16)
Causa problemas de saúde	“Uma base é uma substância que ao consumir pode nos causar muitas consequências” (E08-11)
Estraga metais e materiais	“A base é uma substância química que faz mal a boca, pode corroer o ferro e outros metais” (E08-17)
É perigosa	“Na minha opinião uma base pode ser uma substância perigosa” (E08-04)
Não é perigosa	“A base é toda substância química que está estável para o consumo” (E08-08)
Tem sabor amargo	“Na minha opinião as bases podem ser substâncias pouco amarga” (E08-05)
São escorregadias	“A base dizem que é tudo aquilo que ao pegar escorrega e também pode fazer mal” (E10-20)
Tem sabor doce	“Na minha opinião uma base pode ser um alimento amargo ou doce, também podem ser produtos sólidos, algo que arde ou pica, pode ser também produto salgado” (E08-10)
É salgada	“Na minha opinião uma base pode ser um alimento amargo ou doce, também podem ser produtos sólidos, algo que arde ou pica, pode ser também produto salgado” (E08-10)
É uma substância líquida	“As bases são substâncias líquidas provenientes de frutas” (A10-12)
Reage com os /estraga os metais	“A base é uma substância química que faz mal a boca, pode corroer o ferro e outros metais” (E08-17)
Reage com outra substância formando água	“A base é uma coisa normal e também pode ser um nível básico, e em outras palavras pode ser uma substância química que pode ser unida com outra substância para formar água e que não causa perigo” (E10-7)
Neutraliza o ácido	“A base é uma substância química capaz de neutralizar o ácido” (E10-10)
Não contém ácido	“As bases são substâncias químicas que podem fazer bem a saúde e não contem ácido” (E10-2)
Contém iões OH	“As bases são substâncias químicas que apresentam OH” (E10-15)

Quando questionados sobre quais pensavam ser as propriedades das bases (Q. 12), os estudantes deram novamente uma variedade de respostas, cujos resultados estão expressos na tabela 21. A sua análise permite verificar que nem todos os estudantes responderam à questão, tal como tinha

ocorrido com os ácidos. No entanto, pode constatar-se que os estudantes que responderam apresentaram respostas que, tal como no caso dos ácidos, enfatizaram um ou mais elementos, bastante diferentes, que vão desde o que pensam que as substâncias básicas podem causar até às propriedades químicas que pensam ter. Comparando as respostas do 8.º e do 10.º ano, constata-se que os números de respostas com referências às propriedades químicas, no 10.º ano, são mais frequentes do que no 8.º ano (tabela 21).

Tabela 21: Opiniões dos estudantes sobre as propriedades das bases (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Efeitos	Causa problemas de saúde	8	5
	Estraga metais e materiais	1	0
	Estraga metais	0	1
	É perigosa	2	1
Propriedades físicas	Tem sabor amargo	12	7
	É escorregadia	0	4
	Encontra-se no estado líquido	1	0
Propriedades químicas	Reage com os ácidos	1	1
	Neutraliza os ácidos	0	2
	Contém OH	1	3
Não responde		3	1

Em ambos os anos, mas, como seria de esperar, com maior incidência no 10.º ano, os estudantes afirmaram que uma base contém OH^- , ideia compatível com o modelo de Arrhenius. Também em ambos os anos, houve um estudante que considerou que as bases reagem com os ácidos. Estes tipos de respostas são semelhantes aos obtidos por Neto (2012). No 10.º ano houve dois alunos que referiram que as bases neutralizam os ácidos, atribuindo-lhes um papel ativo.

Tal como ocorreu com os ácidos, em ambos os anos, houve um número considerável de estudantes que, em vez de definirem conceitualmente o conceito de base, deram outros tipos de respostas, centradas em o que as bases podem fazer. No entanto, limitaram-se a dizer, por exemplo, que as bases causam problemas de saúde, estragam metais e materiais ou são perigosas. Muitas dessas conceções também parecem ser de origem social, no sentido que Driver et al. (1994) atribuem a esta origem, pois parecem ter a ver com maneiras de falar, em linguagem não química, sobre materiais com caráter básico que são usados no dia a dia

Na tabela 22 apresentam-se exemplos de respostas que ilustram as diversas ideias por eles evidenciadas sobre as propriedades das bases e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta usadas para este assunto. Constata-se que a resposta de E10-11 evidencia a atribuição de um papel ativo às bases, referindo mesmo que as bases possuem a capacidade de neutralizar os ácidos, o

que parece consistente com a ideia de reagente ativo detetada por Afonso (1997). Por seu lado, a resposta de E10-07 evidencia a influência social sobre as ideias dos alunos, quando refere ‘ouvi dizer...’.

Tabela 22: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre as propriedades das bases

Categorias	Exemplos de respostas
Causa problemas de saúde	“As bases possuem propriedades como: quando é consumido por excesso provoca azia e dor no estômago” (E10-08)
Estraga metais e materiais	“[...] Também além de amargar enferruja o ferro, e outros metais” (E08-17)
Estraga metais	“Têm propriedades muito forte de corroer o ferro, e também já ouvi por aí que é escorregadia quando pegamos, etc” (E10-07)
É perigosa	“As bases possuem um efeito muito forte que pode causar vários problemas: pode queimar a pele, causar azia, picar ou causar amargura na boca” (E08-16)
Tem sabor amargo	“Todas as bases possuem propriedades amargas” (E08-08)
É escorregadia	“As bases são geralmente escorregadias, por exemplo: sabão” (E10-19)
Encontra-se no estado líquido	“Na minha opinião as propriedades que possuem as bases são substâncias líquidas e sabor azedo que os alimentos apresentam” (E08-05)
Reage com os ácidos	“As bases têm propriedades de reagir com os ácidos e vice-versa” (A08-14)
Neutraliza os ácidos	“As bases possuem uma capacidade de neutralizarem os ácidos” (E10-11)
Contém OH	“As bases sempre têm como símbolo o OH na sua fórmula” (E10-12)

Quando se perguntou aos participantes no estudo se as propriedades das bases seriam exatamente iguais para todas elas (Q. 13), constatou-se que três quartos dos estudantes do 8.º ano e quase metade dos estudantes do 10.º ano concordaram com esta possibilidade (tabela 23).

Tabela 23: Opiniões dos estudantes sobre a semelhança das propriedades das diversas bases (f)

Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	15	9
Não	2	4
Não tenho certeza	3	7

Embora no 10.º ano haja uma semelhança com o que se tinha verificado no caso dos ácidos, continua a ser estranho que quase metade dos estudantes do 10.º ano tenham concordado que todas as bases têm as mesmas propriedades e que sete estudantes desse mesmo ano tenham manifestado dúvidas sobre se as propriedades das bases seriam, ou não, exatamente iguais para todas as bases. Na verdade, não parece plausível admitir que estes estudantes tenham acabado o 1.º ciclo do ensino secundário (9.º ano) sem terem adquirido conhecimento cientificamente aceite sobre as bases.

De seguida, pretendia-se que os participantes no estudo justificassem as suas respostas acerca da semelhança, ou não, das propriedades de todas as bases (Q. 13.1).

No caso dos alunos que concordaram com a semelhança de propriedades, os resultados obtidos mostram que oito dos quinze estudantes do 8.º ano e quatro dos nove estudantes do 10.º ano não responderam a tal questão, ou seja, não apresentaram justificações para a semelhança de propriedades de todas as bases (tabela 24).

Tabela 24: Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que todas as bases têm propriedades semelhantes (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=15)	10.º ano (n=9)
Existência	Todas existem nos alimentos	1	0
Efeitos	Todas causam problemas de saúde	2	1
	Nenhuma é perigosa	1	0
Propriedades físicas	Todas têm sabor amargo	5	2
	Todas são escorregadias	0	1
Propriedades químicas	Todas neutralizam os ácidos	0	1
	Todas contêm iões OH ⁻	0	1
Não responde		8	4

Analisando a diversidade de justificações, verifica-se que só um estudante justificou a semelhança de propriedades, tendo em conta aspetos do conhecimento escolar, químico. Assim, tal como tinha ocorrido com os ácidos, a maioria destes estudantes limitaram-se a mencionar aspetos ligados com o conhecimento do dia a dia que podem corresponder, ou não, a características que têm (por presença efetiva ou por ausência da característica) as diversas bases, sem se envolverem em uma reflexão sobre o conceito que não parece ser-lhes muito familiar.

Na tabela 25 apresentam-se exemplos de respostas que ilustram as diversas conceções por eles evidenciadas sobre a semelhança das propriedades de todas as bases e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta consideradas. Analisando as diversas respostas, verifica-se que várias fazem referência ao dia a dia e que as justificações baseadas em conhecimentos de químicas são compatíveis com o conceito de base segundo Arrhenius (bases libertam OH⁻) e também evidenciam influência social, pois há referências a 'ouvi falar...'

Os dados apresentados na tabela 26 mostram que nenhum dos estudantes do 8.º ano que se pronunciaram pela existência de diferenças entre as bases justificou as suas respostas e que, no 10.º ano, apenas um dos quatro estudantes apresentou uma justificação. Nessa justificação são enfatizados dois elementos bastante diferentes: efeitos das bases e propriedades físicas das bases. Analisando as justificações apresentadas, constata-se que, tal como se tinha verificado no caso dos ácidos, a justificação

apresentada por esse estudante foi baseada em conhecimentos do dia a dia (efeitos das substâncias e propriedades físicas das substâncias), que correspondem a características que não permitem distinguir as bases, do ponto de vista químico.

Tabela 25: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre a semelhança das propriedades das bases

Categorias	Exemplos de respostas
Todas existem nos alimentos	“Porque todos esses bases têm sabor amargo e são provenientes de alimentos que consumimos no dia a dia” (E08-05)
Todas causam problemas de saúde	“Porque todas as bases amargam na boca e dão algumas picadinhas na boca” (E08-02)
Nenhuma é perigosa	“Porque as bases têm propriedade de não fazer mal” (E08-15)
Todas têm sabor amargo	“Porque todos esses bases têm sabor amargo e são provenientes de alimentos que consumimos no dia a dia” (E08-05)
Todas são escorregadias	“É claro que a propriedade escorregadia é de todas as bases, porque quando nós pegamos esta substância ele apresentar esta característica, logo percebemos que é uma base e não um ácido” (E10-07)
Todas neutralizam os ácidos	“Eu já ouvi a falar que é bom fazermos consumo de alimentos básicos porque elas ajudam a neutralizar o excesso de ácidos que tivermos no organismo, essa ideia nunca me escapou, foi um professor quem me explicou” (E10-11)
Todas contêm iões OH	“Concordo que serão, porque todo que é base libertam o ião OH” (E10-12)

Tabela 26: Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que as bases têm propriedades diferentes (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=2)	10.º ano (n=4)
Efeitos	Algumas causam problemas de saúde	0	1
Propriedades físicas	Algumas têm sabor amargo	0	1
Não responde		2	3

Na tabela 27 apresentam-se extratos da resposta do estudante que afirmou e explicou por que razão as bases têm propriedades diferentes, no que respeita aos problemas de saúde que algumas podem causar e ao sabor amargo que algumas podem ter.

Tabela 27: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos relativas às diferentes propriedades das bases

Categorias	Exemplos de respostas
Algumas causam problemas de saúde	“Porque elas [...] pode causar asia” (E10-04)
Algumas têm sabor amargo	“Porque apresenta várias propriedades, mas normalmente ele tem sabor amargo” (E-10)

A tabela 28 mostra que nenhum dos três estudantes do 8.º ano que não tinham certeza se as

bases têm, ou não, propriedades semelhantes justificaram as suas respostas, enquanto que cinco dos sete estudantes do 10.º ano explicaram as suas dúvidas. Só dois alunos justificaram com base em dúvidas sobre ideias de química, sendo referida, por um deles, a dúvida sobre a ideia de que todas as bases neutralizam os ácidos e, por outro, a dúvida sobre a ideia de existência, ou não, do ião OH⁻ em todas as bases.

Tabela 28: Razões que levaram os estudantes a afirmar que não tinham certeza se todas as bases tinham, ou não, propriedades semelhantes (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=3)	10.º ano (n=7)
Efeitos	Não sabe se todas causam problemas de saúde	0	1
Propriedades físicas	Não sabe se todas são perigosas	0	1
	Não sabe se todas são escorregadias	0	1
Propriedades químicas	Não sabe se todas neutralizam os ácidos	0	1
	Não sabe se todas contêm iões OH ⁻	0	1
Não responde		3	2

Este resultado assemelha-se ao que tinha sido obtido no caso dos ácidos e revela falta de domínio dos conteúdos associados às bases. Mais uma vez se faz notar que este facto não pode deixar de ser preocupante, especialmente no caso dos alunos do 10.º ano, caso em que os estudantes deveriam ter mais domínio de assuntos de química, por ser uma disciplina estudada desde o 7.º ano de escolaridade.

Na tabela 29 apresentam-se exemplos de respostas que ilustram as dúvidas dos alunos sobre a eventual diferença de propriedades das diversas bases e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta consideradas.

Tabela 29: Exemplos de respostas que ilustram as dúvidas dos alunos relativas às eventuais diferenças entre as propriedades das diversas bases

Categorias	Exemplos de respostas
Não sabe se todas causam problemas de saúde	“Há muita chamada de atenção neste tipo de substância quanto ao uso no nosso dia a dia, quando são consumidos demasiado chegam a provocar muitos problemas de saúde. Principalmente a asma” (E10-08)
Não sabe se todas são perigosas	“Porque sei que as bases são muito perigosas e precisamos ter muito cuidado” (E10-09)
Não sabe se todas são escorregadias	“É que a única ideia que tive é a que já expliquei nas propriedades, de que já ouvi a dizer que elas são substâncias escorregadias, só que não sei se isso funciona para todos eles” (E10-19)
Não sabe se todas neutralizam os ácidos	“Mas pelas informações que tenho é que algumas bases chegam a neutralizar os ácidos, é só isso” (E10-17)
Não sabe se todas contêm iões OH ⁻	“Porque só cheguei de ouvir em um filme de comédia e no qual o autor do filme falava de experiência química e explicava que as bases liberam o ião OH ⁻ , só não sei se por ser filme de comédia e aquela experiência era somente para engraçar” (A10-13)

Algumas das respostas são mais explícitas do que outras no que respeita ao aspeto específico que causa dúvida. Em alguns casos, a dúvida parece ser geral.

4.5. Concepções dos estudantes sobre soluções básicas

Os participantes no estudo foram questionados sobre o que significava, para eles, solução básica (Q. 14). A tabela 30 apresenta os resultados da análise das respostas a essa mesma questão. Mais uma vez, verifica-se que sete estudantes do 8.º ano e metade dos estudantes do 10.º ano responderam à questão, apresentando respostas que enfatizaram apenas um elemento. Esses elementos vão desde os riscos ou problemas que os alunos pensam que as soluções básicas podem causar até às propriedades químicas dessas soluções básicas, passando por exemplos de produtos que eles pensam que são ou que contêm ‘substâncias líquidas’ que eles imaginam que são bases ou que têm caráter básico.

Assim, comparando as respostas dos alunos do 8.º ano com as dos alunos do 10.º ano, verifica-se, novamente, tal como se tinha constatado no caso dos ácidos, que entre estes últimos estudantes há mais referências à composição química do que no caso dos alunos do 8.º ano. Acresce que um pouco mais de metade dos estudantes do 8.º ano e metade dos do 10.º ano não foram capazes de apresentar respostas compatíveis com o solicitado na questão, não tendo respondido ou tendo falado de assuntos não relacionados com a pergunta, o que reforça a ideia já anteriormente referida de que os alunos têm um reduzido domínio das bases.

Tabela 30: Concepções dos estudantes sobre o significado de solução básica (f)

Ênfase	Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Consequências	É uma substância líquida que causa problemas de saúde	1	2
	É uma substância líquida que não causa problemas de saúde	1	2
	É uma solução que contém uma substância perigosa	1	0
	É uma solução que não contém substâncias perigosas	2	3
Propriedades físicas	É uma substância líquida com sabor amargo	2	3
	É uma substância líquida escorregadia	0	1
Propriedades químicas	É uma solução que não contém substâncias ácidas	4	2
	É uma solução que contém iões OH ⁻	0	2
Não responde		13	10

Tendo em conta que a teoria de Arrhenius é apresentada nos manuais escolares de química do 7.º ano, parece bastante estranho que poucos estudantes tenham definido solução básica com base na sua composição química e, mais concretamente, no facto de conter OH⁻. Na verdade, apenas dois estudantes do 10.º ano referiram que as soluções básicas contêm iões OH⁻. Apesar de não estar

completamente correta (pois há soluções que contêm OH e não são básicas), esta ideia evidencia algum conhecimento de soluções básicas.

Em ambos os anos, mas com uma ligeira maior incidência no 10.º ano, alguns estudantes, em vez de explicarem conceitualmente o significado de solução básica, limitaram-se a referir propriedades físicas que pensam que as soluções básicas têm (ex.: são substâncias líquidas amargas ou são soluções líquidas escorregadias). Outros estudantes limitaram-se a afirmar efeitos que supõem que as soluções básicas têm (ex.: causam problemas de saúde ou contêm substâncias perigosas).

Algumas destas concepções (ex.: contêm substâncias perigosas ou causam problemas de saúde) parecem ser de origem social, pois podem estar relacionadas com o que os alunos ouvem dizer no dia a dia a propósito da manipulação de substâncias como o hidróxido de sódio (vulgarmente conhecido por soda cáustica, usado, por vezes para limpeza) ou o hidróxido de cálcio (vulgarmente conhecido por cal e usado, para cair árvores (de modo a protegê-las de pragas) e casas ou em estradas, antes do asfalto. Contudo, o termo ‘ácido’ é empregue no ensino formal e no nosso quotidiano com maior frequência do que o termo ‘base’ (Figueira, 2010), pelo que era de esperar que os alunos apresentassem menos ideias sobre soluções básicas do que sobre soluções ácidas.

Na tabela 31 apresentam-se exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre soluções básicas e que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta consideradas.

Tabela 31: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre soluções básicas

Categorias	Exemplos de respostas
É uma substância líquida que causa problemas de saúde	“Para mim significa soluções que causa asia, que nos faz bem” (E10-06)
É uma substância líquida que não causa problemas de saúde	“Para mim, significa uma solução que não contém ácido e que não apresenta perigos” (E08-02)
É uma solução que contém uma substância perigosa	“É uma substância líquida perigosa” (E08-04)
É uma solução que não contém substâncias perigosas	“Significa que não contém ácido, e que é bom para o consumo” (E08-01)
É uma substância líquida com sabor amargo	“Para mim significa líquidos que não contém ácido e que pode amargar a boca” (E10-03)
É uma substância líquida escorregadia	“Se calhar pode ser também uma solução escorregadia” (E10-19)
É uma solução que não contém substâncias ácidas	“Solução básica é uma solução que não contém nenhuma substância ácida” (E10-1)
É uma solução que contém iões OH ⁻	“A expressão “solução ácida” significa a solução que contém iões OH ⁻ por dentro” (E10-15)

Constata-se que, nas suas respostas, alguns alunos parecem usar a expressão substância líquida em vez do termo solução, por falta de diferenciação conceitual dos conceitos de substância no estado

líquido e de solução aquosa (ou com outro solvente no estado líquido). Note-se que este problema pode ter a ver com o conceito de substância que a investigação (Driver et al., 1994) tem mostrado que é um conceito difícil de concetualizar para os alunos.

Os participantes no estudo foram solicitados a escrever os nomes de três soluções básicas de que tivessem ouvido falar no quotidiano (Q. 15). A tabela 32 mostra que quase todos os estudantes do 8.º ano e dois terços dos estudantes do 10.º ano não fizeram referência a qualquer nome.

Tabela 32: Soluções básicas que os alunos conhecem do dia a dia (f)

Nomes de soluções básicas	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
3 corretos	0	2
2 corretos e 1 incorreto	0	2
1 correto e 2 incorretos	3	2
Não responde	17	14

Comparando os resultados presentes na tabela 17 (soluções ácidas que os alunos conhecem do dia a dia) com os apresentados na tabela 32 (soluções básicas que os alunos conhecem do dia a dia), observamos que o número de estudantes que faz referência a nomes de três soluções ácidas (8.º ano – 4; 10.º ano – 6) é (baixo, mas) muito superior ao número de estudantes que indicaram três nomes corretos de soluções básicas (8.º ano – 0; 10.º ano – 2), verificando-se o mesmo tipo de relação no caso de dois nomes corretos. As soluções básicas, corretas, mencionadas por mais alunos são champó e detergente de loiça. As soluções incorretamente apresentadas como básicas por mais alunos são suco de laranja e de ananás. Estas diferenças, que evidenciam mais conhecimento de soluções ácidas do que de soluções básicas, poderão encontrar justificação, tal como referem Driver et al. (1994), no facto de os ácidos serem mais frequentemente mencionados no nosso quotidiano do que as bases, e eram também de esperar tendo em conta que quase metade dos alunos universitários que participaram no estudo realizado por Cross et al. (citado por Driver et al., 1994) não conseguiram dar mais do que dois exemplos.

4.6. Conceções dos estudantes sobre indicador de ácido-base

Quando se perguntou aos participantes no estudo se já tinham ouvido falar de indicador de ácido-base (Q. 16), constatou-se que quase todos os estudantes do 8.º ano e pouco mais de metade dos do 10.º ano afirmaram que não tinham ouvido falar desse conceito (tabela 33). É estranho que cerca de metade dos alunos do 10.º ano tenham dito que ainda não tinham ouvido falar de indicador de ácido-

base, pois isso pode significar que, apesar de estar previsto que este conceito seja ensinado, no 7.º ano, e de o mesmo constar dos respetivos manuais escolares dos alunos, ele não foi efetivamente ensinado a um número considerável de participantes neste estudo.

Tabela 33: Familiaridade dos estudantes com o conceito de indicador de ácido-base (f)

Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	2	9
Não	18	11

Este problema de falta de lecionação é frequente e, quando ocorre num dado ano de escolaridade, tem consequências negativas para os anos subsequentes. Contudo, é, também, estranho que, ao longo de quatro anos de estudo da química, o conceito de indicador de ácido-base não tenha sido usado, pois ele é necessário para o estudo de assuntos como reação entre metais alcalinos e água, reação entre halogéneos e água, reação de ácido base, titulação, equilíbrio químico, etc.

Independentemente de terem ou não ouvido falar do conceito em causa, os participantes no estudo foram questionados sobre o que pensavam ser um indicador de ácido-base (Q. 17). Na tabela 34 apresentam-se os resultados da análise das respostas dos alunos a essa questão. Os dados apresentados nesta tabela mostram que apenas um estudante do 8.º ano e quatro do 10.º ano responderam à questão, tendo apresentado respostas que enfatizaram dois elementos diferentes: aparelho e substância capaz de indicar o caráter de ácido ou básico de uma substância.

Tabela 34: Concepções dos estudantes sobre o conceito de indicador de ácido-base (f)

Categoria	Subcategorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Aparelho que indica o caráter ácido ou básico	Usado nos laboratórios	1	1
Substância que indica o caráter ácido ou básico	Preparado no laboratório	0	1
	Preparado na indústria	0	1
	Utilizado nas indústrias ou em fábricas	0	1
Não responde		19	16

Só no 10.º ano foram obtidas respostas (três) compatíveis com o conceito de indicador de ácido-base, reconhecendo-o como uma substância que indica o caráter ácido ou básico de uma substância. Estes alunos do 10.º ano, que já deveriam ter estudado sobre indicadores de ácido-base, acrescentaram diversas ideias sobre essas substâncias, umas centradas no local de preparação (laboratório e indústria) e outras centradas no local de utilização (indústrias e fábricas).

Em ambos os anos, um aluno afirmou, erradamente, que um indicador de ácido-base é um

aparelho que indica o caráter ácido ou básico de uma substância e que é usado no laboratório. Parece que estes alunos estão a confundir um indicador com um medidor de pH. Associando esta concepção com a elevada frequência de alunos, inclusivamente do 1.º ano, que não responderam à questão em apreço, pode concluir-se que os alunos iniciam o ensino secundário com dificuldades conceituais em torno do conceito de indicador de ácido-base.

Na tabela 35 apresentam-se exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre indicador de ácido-base que foram classificadas nas diferentes categorias de resposta consideradas. Nenhum aluno fez referência ao funcionamento do indicador nem às transformações que ele sofre em função do pH da solução. Curiosamente, ninguém, fez referência, pelo menos explicitamente, a indicadores de fabrico caseiro, que podem ser considerados materiais de baixo custo (Machado, 2019) e que podem permitir a realização de experiências sem requerer dispêndio de dinheiro.

Tabela 35: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre indicador de ácido-base

Subcategorias	Exemplos de respostas
Usado nos laboratórios	“É um aparelho que se usa nos laboratórios para que uma substância apresenta caráter de ácida ou de base” (A10-17)
Preparado no laboratório	“São produtos preparadas no laboratório para indicar o caráter ácido-base de soluções” (A10-20)
Preparado na indústria	“São produtos ou elementos preparados industrialmente para indicar o caráter ácido e base das soluções aquosas” (A10-13)
Utilizado nas indústrias ou em fábricas	“É um produto utilizado nas indústrias ou fábricas para indicar se uma solução é ácida ou básica” (A10-16)

Os participantes no estudo foram solicitados a escrever três nomes de substâncias que pensavam ser indicadores de ácido-base (Q. 18). A tabela 36 mostra que um pouco mais da metade dos alunos do 8.º ano e metade dos alunos do 10.º ano não apresentaram nenhum nome.

Tabela 36: Número de indicadores de ácido-base que os alunos conhecem (f)

Categorias	8º ano (n=20)	10º ano (n=20)
3 exemplos corretos	1	6
2 exemplos corretos	4	0
1 exemplo correto	3	4
Não responde	12	10

Constata-se que poucos alunos foram capazes de indicar três nomes corretos de indicadores de ácido-base, sendo a incidência ligeiramente maior no 10.º ano, como seria de esperar. Constata-se, ainda, que alguns alunos se limitaram a dar dois ou apenas um nome correto. Acresce que, em ambos

os anos, o indicador de ácido-base referido por mais alunos foi o indicador universal, que é divulgado e ilustrado através de uma imagem incluída no manual escolar (Coelho & Octávio, 2014) em uso em Angola. Não era de esperar este desconhecimento, evidenciado pelas não respostas ou pela não apresentação de três exemplos corretos. pois, por um lado, os nomes de indicadores de ácido-base são habitualmente apresentados no 7.º ano e, por outro lado, vão sendo referidos e/ou utilizados ao longo do estudo da química. Contudo, o desconhecimento deste conceito foi também constatado por Supatmi, Setiawan e Rahmawati (2019).

4.7. Conceções dos estudantes sobre pH

Quando se perguntou aos estudantes que participaram no estudo se já tinham ouvido falar de pH (Q. 19), constatou-se que quase todos os estudantes do 10.º ano e cerca de um terço dos do 8.º ano disseram que já tinham ouvido falar desse assunto (tabela 37).

Tabela 37: Familiaridade dos estudantes com o conceito de pH (f)

Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	7	18
Não	11	1
Não me lembro	2	1

É muito estranho que cerca de metade dos estudantes do 8.º ano e um dos estudantes do 10.º ano tenham dito que ainda não tinham ouvido falar de pH, pois, para além de deverem ter ouvido na escola, deveriam ter ouvido falar desse conceito ou ter visto referências ao mesmo em rótulos ou em embalagens de algumas soluções usadas no quotidiano (ex.: champô).

Independentemente da terem ou não ouvido falar de pH, os participantes no estudo foram questionados sobre o que pensavam ser o pH (Q. 20). A tabela 38 mostra que quase todos estudantes do 8.º ano e um pouco mais da metade dos do 10.º ano não responderam à questão.

Tabela 38: Conceções dos estudantes sobre o conceito de pH (f)

Categoria	Conteúdo das respostas	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Resposta correta	Escala que mede a concentração de iões H ⁺ em uma solução	0	2
Resposta incompleta	–	–	–
Respostas contendo conceções alternativas	Escala de acidez e basicidade	3	4
	Potencial de hidrogénio	0	2
Não responde		17	13

Assim, constata-se que há alunos que disseram ter ouvido falar do conceito, mas que não explicitaram as suas ideias sobre o significado do mesmo. Analisando as respostas, verifica-se que só no 10.º ano foram obtidas respostas razoavelmente compatíveis com o conceito de pH cientificamente aceite. Os autores dessas respostas referiram que o pH é a escala que mede a concentração de iões H^+ em uma solução. Embora tenham omitido como é essa escala, trata-se efetivamente de uma escala (logarítmica) que relaciona um valor da escala de pH com a concentração de iões H^+ da solução. Este tipo de resultado, com omissões, é semelhante ao obtido por Chemppard (2006) e Neto (2012), com alunos do 10.º, 11.º e 12.º ano.

Em ambos os anos houve um número semelhante de estudantes que, em vez de definirem conceitualmente o conceito de pH, deram outro tipo de resposta, tendo afirmado que o pH é a escala de acidez e basicidade ou que o pH é o potencial de hidrogénio. Dado que o conceito de pH não faz parte da linguagem do dia a dia, estas conceções podem ter resultado de uma incompleta ou incorreta assimilação de conteúdos, que foram ensinados, por parte dos alunos que as apresentaram, podendo mesmo ter sido induzidas pelo ensino.

Na tabela 39 apresentam-se exemplos de respostas que ilustram as respostas corretas e alternativas dos alunos sobre o conceito de pH.

Tabela 39: Exemplos de respostas que ilustram as conceções dos alunos sobre o conceito de pH

Categoria	Conteúdo das respostas	Exemplos de respostas
Resposta correta	Escala que mede a concentração de iões H^+ em uma solução	“É uma escala que mede a concentração de iões H^+ numa solução” (E10-20)
Respostas contendo conceções alternativas	Escala de acidez e basicidade	“É uma escala que indica de acidez e basicidade de uma solução” (E08-19)
	Potencial de hidrogénio	“Significa o potencial de hidrogénio” (E10-17)

Os participantes foram solicitados a apresentar os significados do pH de três soluções diferentes (Q. 21): pH= 3; pH= 7; pH= 9. A tabela 40 mostra que metade dos alunos do 8.º ano e quase metade dos alunos do 10.º ano não descreveram o significado do pH dessas mesmas soluções.

Tabela 40: Número de descrições corretas do significado de pH das soluções (f)

Descrições corretas	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
3 descrições corretas	1	7
2 descrições corretas	6	3
1 descrição correta	3	2
Não responde	10	8

Constata-se que muito poucos alunos foram capazes de referir os significados corretos dos três valores de pH de soluções que lhes foram dados, tendo, como seria de esperar, sido obtidas mais respostas corretas no 10.º ano. Alguns alunos limitaram-se a dar duas ou uma explicação do valor de pH de forma correta. Em ambos os anos há mais acertos quando o valor de pH corresponde a soluções ácidas e básicas do que no caso de soluções neutras. Estas dificuldades parecem provir do ensino, uma vez que a caracterização das substâncias ácidas e básicas é feita no 7.º ano, a propósito das reações de ácido-base, e caracterização das substâncias neutras é feita igualmente no 7.º ano, a propósito das reações de ácido-base. Contudo, nessa ocasião apenas se associa $\text{pH}=7$ a substância neutra, embora se refira a importância desse pH em diferentes contextos, tais como na vida humana, na agricultura, no ambiente e na indústria. Esta caracterização separada, e com diferentes níveis de desenvolvimento, de diferentes gamas de pH pode fazer com que os alunos fiquem mais capazes de usar o conceito em associação com os conceitos de solução ácida e básica do que com o conceito de solução neutra.

Na tabela 41 apresentam-se exemplos de descrições corretas de cada um dos valores de pH apresentados no enunciado da questão.

Tabela 41: Exemplos de descrições corretas de valores de pH

Valor de pH	Exemplos de descrições corretas
pH= 3	“é ácido” (E10-17)
pH= 7	“é neutra” (E08-06)
pH= 9	“é base” (E10-01)

As descrições incorretas devem-se ao facto de os alunos terem pouco domínio da escala de variação de pH que lhes são ensinados. Na tabela 42 apresentam-se exemplos de descrições incorretas de cada um dos valores de pH apresentados no enunciado da questão.

Tabela 42: Exemplos de descrições incorretas de valores de pH

Valor de pH	Exemplos de descrições incorretas
pH= 3	“é base” (E08-06)
pH= 7	“é base” (E08-12)
pH= 9.	“é ácido” (E10-01)

Quando se perguntou aos participantes no estudo se já tinham ouvido falar da relação entre o pH de uma solução e a concentração desta (Q. 22), constatou-se que apenas um dos estudantes do 8.º ano e pouco mais de metade dos estudantes do 10.º ano responderam afirmativamente (tabela 43).

Tabela 43: Familiaridade dos alunos com a relação entre o pH de uma solução e a concentração dessa solução (f)

Familiaridade	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	1	11
Não	1	0
Não tenho certeza	18	9

Estranhamente, quase metade dos alunos do 10.º ano e quase todos os do 8.º ano manifestaram dúvidas sobre se entre o pH de uma solução e a concentração desta haverá, ou não, alguma relação (tabela 43). Esta elevada frequência pode dever-se ao ensino da química, o qual pode ter envolvido, nomeadamente, a manipulação de soluções ácidas e/ou de soluções básicas, sem ter tido em atenção a concentração dessas soluções e sua relação com o pH das mesmas.

Em qualquer dos casos, os participantes no estudo foram solicitados a justificar as suas respostas (Q.22.1) acerca da existência, ou não, de relação entre o pH de uma solução e a concentração dessa solução. Constatou-se que, em ambos os anos, nenhum dos alunos participantes no estudo apresentou justificação, o que sugere que o conhecimento que os alunos (ou melhor, alguns alunos) têm destes assuntos é muito superficial. O desconhecimento dessa relação foi também constatado por Ouertatini e Dumon (2011).

Os participantes no estudo foram solicitados a escrever três formas de determinar o pH de uma solução (Q. 23). A tabela 44 mostra que cerca de dois terços dos alunos do 8.º ano e seis dos 20 alunos do 10.º ano não apresentaram nenhum exemplo de formas de efetuar essa determinação, ou seja, não responderam á questão.

Tabela 44: Formas de determinar o pH que os alunos conhecem (f)

Formas de determinar o pH	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
3 exemplos corretos	1	9
2 exemplos corretos	3	3
1 exemplo correto	2	2
Não responde	14	6

Verifica-se que poucos alunos foram capazes de referir três nomes de formas de determinar o pH de uma solução, passíveis de ser considerados corretos, sendo que o maior número de respostas corretas ocorreu no 10.º ano. Quanto às formas indicadas, constatou-se que a mais citada foi o uso de indicadores de ácido base, designadamente o “indicador universal”. Como foi já mencionado, essa referência pode dever-se ao facto de o indicador universal ser divulgado e ilustrado no manual escolar

dos alunos, no 7.º ano, através de uma imagem incluída no manual escolar em uso em Angola. Outros exemplos citados foram a solução alcoólica de fenolftaleína, a tintura azul de tornesol. Estes resultados são semelhantes aos mencionados pelos estudantes que participaram no estudo realizado por Supatmi, Setiawan e Rahmawati (2019) com alunos indonésios do 11.º ano.

4.8. Conceções dos estudantes sobre reações de ácido-base

Quando se perguntou aos participantes no estudo se já tinham ouvido falar de reações de ácido-base (Q. 24), constatou-se que cerca de metade dos alunos do 8.º ano e quase todos os alunos do 10.º ano disseram que já tinham ouvido falar desse conceito (tabela 45).

Tabela 45: Familiaridade dos estudantes com o conceito de reação de ácido-base (f)

Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	12	19
Não	3	0
Não me lembro	5	1

Três dos estudantes do 8.º ano disseram que ainda não tinham ouvido falar de reações de ácido-base, o que pode parecer estranho, pois deveriam ter estudado esse assunto no 7.º ano. Contudo, isso pode não ter acontecido e pode dever-se ao facto de o programa não ter sido completamente lecionado. No entanto, é estranho que um dos alunos do 10.º ano tenha dito que não se lembrava de ter ouvido falar de reações de ácido-base, pois esse assunto, como já mencionado, para além de ser estudado no 7.º ano, volta a ser estudado, com mais profundidade, no 10.º ano.

Os participantes no estudo foram questionados sobre o que pensavam ser uma reação de ácido-base (Q. 25). A tabela 46, que apresenta os resultados da análise das respostas dos alunos a esta questão, mostra que dois terços dos estudantes do 8.º ano e quase metade dos do 10.º ano (muitos mais do que os que disseram desconhecer o conceito) não responderam a essa questão. Analisando os dados apresentados nessa tabela, constata-se que, em ambos os anos, foram obtidas frequências baixas e algumas (em maior número no 10.º ano) próximas de respostas compatíveis com o conceito cientificamente aceite de reação de ácido-base.

Na verdade, um quarto dos alunos do 8.º ano e cerca de um terço dos alunos do 10.º ano afirmaram que uma reação de ácido-base é uma reação que ocorre entre um ácido e uma base, originando um sal e água, o que é válido apenas para algumas dessas reações, pois nem todas originam os produtos de reação mencionados.

Tabela 46: Concepções dos estudantes sobre o conceito de reação de ácido-base (f)

Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
É uma reação de neutralização	1	2
É uma reação que origina um sal e água	0	3
É a reação que ocorre entre um ácido e uma base, originando um sal e água	5	7
Não responde	14	8

Alguns alunos do 10.º ano, em vez de definirem conceitualmente o conceito de reação de ácido-base, limitaram-se a dizer, simplesmente, que é uma reação que origina um sal e água, o que, apesar de não estar errado, não está completo, pois não é dito o que origina um sal e água; outros alunos limitaram-se a afirmar que a reação de ácido-base é uma reação de neutralização, pois esta é uma definição vulgar, embora se deva salientar que nem todas as reações de ácido-base originam soluções neutras. Essa concepção poderá estar associada a uma incorreta assimilação dos conteúdos lecionados e a uma generalização acrítica a partir do termo neutralização.

Na tabela 47 apresentam-se alguns exemplos de respostas pertencentes a diversas categorias de resposta, umas mais corretas que outras, sendo que algumas correspondem a uma espécie de definição do tipo slogan, que, apesar de interessante, pode não evidenciar um conhecimento conceitual profundo do assunto.

Tabela 47: Exemplos de respostas que ilustram as concepções dos alunos sobre o conceito de ácido-base

Categorias	Exemplos de respostas
É uma reação de neutralização	“É uma reação de neutralização” (E08-07)
É uma reação que origina um sal e água	“Reação de ácido-base que em meio aquoso originam um sal e água” (E10-12)
É a reação que ocorre entre um ácido e uma base, originando um sal e água	“É uma reação entre um ácido e uma base em meio aquoso originando um sal e água” (E10-10)

Quando se perguntou aos participantes no estudo se as reações de ácido-base seriam todas exatamente iguais (Q. 26), constatou-se que apenas metade dos alunos do 10.º ano e apenas um quarto dos do 8.º ano discordaram dessa possibilidade (tabela 48). Este resultado não era de esperar, uma vez que os alunos já deveriam dominar o assunto, embora os do 10.º ano o devessem dominar de maneira mais profunda do que os do 8.º ano, dado que é um tema que, de acordo com o programa (INIDE, 2012) deveria ter sido já tratado no 10.º ano.

Quase a metade dos alunos do 10.º ano concordaram (erradamente) que todas as reações de ácido-base são semelhantes. Além disso, dois alunos deste mesmo ano manifestaram dúvidas sobre se todas as reações de ácido-base seriam exatamente iguais. Estes resultados são estranhos, pois este

assunto, para além de ser estudado no 7.º ano, volta a ser estudado, embora sem muito aprofundamento, no 10.º ano de escolaridade e, de acordo com o que habitualmente é feito, deveria ter sido lecionado antes da recolha de dados.

Tabela 48: Opiniões dos estudantes sobre a semelhança das reações de ácido-base (f)

Semelhança de propriedades	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
Sim	4	9
Não	5	9
Não tenho certeza	11	2

Os participantes no estudo foram solicitados a justificar as suas respostas (Q. 26.1), acerca da semelhança, ou não, de todas as reações de ácido-base. A tabela 49 mostra que apenas um dos quatro estudantes do 8.º ano e três dos nove estudantes do 10.º ano que afirmaram que todas as reações de ácido-base são semelhantes justificaram as suas respostas.

Tabela 49: Razões que levaram alguns estudantes a afirmar que todas as reações de ácido-base são semelhantes (f)

Categorias	8.º ano (n=4)	10.º ano (n=9)
Todas originam um sal e água	1	3
Não responde	3	6

Uma análise das justificações obtidas permite constatar que as justificações dadas pelos estudantes do 8.º ano são semelhantes às dadas pelos estudantes do 10.º ano, assentando em um aspeto típico do conhecimento escolar, apresentado de forma muito limitada. Na verdade, todos afirmaram que todas as reações de ácido-base são semelhantes porque todas originam um sal e água, como ilustram as respostas que se seguem:

“É que tinha aprendido que toda reação de ácido-base origina um sal e água” (E08-06);

“Reações entre ácidos e bases origina sempre como produto um sal e água” (E10-10).

Essa ideia pode ter resultado de uma incorreta apreensão do conceito de reação de ácido-base e/ou da memorização de uma definição operacional que se habituaram a repetir, sem, necessariamente, compreenderem. Na verdade, as reações de ácido-base são frequentemente definidas como sendo reações entre um ácido e uma base e que originam um sal e água. Além disso, são muitas vezes designadas como reações de neutralização, o que, como referem Chang e Goldsby (2013), não é correto pois nem todas essas reações originam uma solução neutra (com $\text{pH}=7$).

Constatou-se que, em ambos os anos, nenhum dos alunos participantes no estudo que afirmou

que as reações de ácido-base são diferentes entre si justificaram essa ideia. Este facto manifesta, igualmente, desconhecimento do que, atualmente, os especialistas (Chang & Goldsby, 2013) consideram ser uma reação de ácido-base, pois, por exemplo, nem todas originam soluções neutras (como foi referido anteriormente) originam água e nem todas são completas.

Na tabela 50 apresenta-se os resultados das justificações dos estudantes que manifestaram dúvidas sobre se todas as reações de ácido-base seriam semelhantes. Os dados mostram que apenas um dos alunos do 8.º ano justificou as suas respostas, enquanto que os dois estudantes do 10.º ano apresentaram as suas justificações, referindo o mesmo tipo de dúvida. Pela análise da justificação apresentada, em ambos anos, verifica-se que os estudantes centraram-se, apenas, nos tipos de produtos de reação que os alunos confessam que não sabem se são um sal e água.

Tabela 50: Razões que levaram os estudantes a afirmar que não tinham certeza se todas as reações de ácido-base seriam, ou não, semelhantes (f)

Categorias	8.º ano (n=11)	10.º ano (n=2)
Não sei se todas originam um sal e água	1	2
Não responde	10	0

Os participantes no estudo foram solicitados a dar três exemplos de lugares onde pensam que podem acontecer reações de ácido-base (Q. 27). A tabela 51 mostra que cerca de metade dos alunos do 8.º ano e um terço dos do 10.º ano não apresentaram nenhum exemplo de lugar em que podem ocorrer essas reações.

Tabela 51: Número de lugares em que podem ocorrer reações de ácido-base (f)

Categorias	8.º ano (n=20)	10.º ano (n=20)
3 exemplos	4	10
2 exemplos	2	3
1 exemplo	2	0
Não responde	12	7

Constata-se que muito poucos alunos foram capazes de referir três nomes de lugares em que podem acontecer reações de ácido-base, passíveis de serem considerados corretos, sendo que no 10.º ano obteve-se um maior número de respostas corretas e completas. Quanto aos lugares, verificou-se que os mais citados foram no 'laboratório e indústria', o que está correto, mas pode revelar dificuldade de compreensão de outros fenómenos, do dia a dia, com relevância biológica, ambiental e industrial, que se fundamentam em reações de ácido-base.

Esta dificuldade pode remeter para a necessidade de abordar os assuntos de forma contextualizada, como defendem diversos autores (Leite et al., 2017) de modo a que os alunos percebam a relevância do que estudam na escola para a sua vida do dia a dia.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES PARA AS FUTURAS INVESTIGAÇÕES

5.1. Introdução

Neste capítulo serão apresentadas as principais conclusões do estudo realizado (5.2), tendo em conta o objetivo de investigação apresentado no capítulo I. Serão também discutidas algumas implicações (5.3) que essas conclusões têm para a educação em ciências, em geral, e para o processo de ensino e aprendizagem do tema ácido e base no ensino secundário angolano, em particular. Finalmente, apresentar-se-ão algumas sugestões para futuras investigações (5.4) que parecem pertinentes no contexto da investigação aqui relatada.

5.2. Conclusões

O objetivo deste estudo era o de comparar as concepções dos alunos do 1.º e do 2.º ciclo do ensino secundário angolano sobre os conceitos de ácido e base. Como os conceitos não existem isolados, mas antes adquirem sentido quando em relação com outros conceitos, foram considerados, não só os conceitos de ácido e base, mas também os conceitos de solução ácida e básica, e os conceitos de pH, indicador de ácido base e reação de ácido-base.

As conclusões são sistematizadas tendo em conta os resultados apresentados no capítulo anterior, obtidos com base na análise das respostas ao questionário usado no estudo e aplicado a alunos do 8.º e do 10.º ano, que tinham estudados sobre ácidos, respetivamente, no 7.º ano e no 7.º e 10.º anos.

No que respeita aos conceitos de ácido e de base, constatou-se que:

- a) os alunos, de ambos os anos, apresentavam pouco conhecimento quimicamente aceite sobre estes conceitos, mas alguns deles evidenciavam concepções compatíveis com as teorias de Arrhenius ou Bronsted-Lowry;
- b) os alunos, de ambos os anos, parecem acreditar que os ácidos são mais perigosos e causam mais problemas de saúde que as bases e estragam ou corroem mais os metais ou outros materiais do que as bases;
- c) os alunos, de ambos os anos, tiveram dificuldade em distinguir ácidos entre si e bases

entre si, pois centram-se nas respectivas propriedades, em absoluto, que são comuns aos diversos ácidos ou as diversas bases, em vez de se centrarem na intensidade relativa dessas propriedades, a qual permitira distinguir os ácidos ou as bases entre si.

No que concerne aos conceitos de solução ácida e de solução básica, verificou-se que:

- a) ambos os grupos tiveram dificuldades em definir 'solução ácida' e, principalmente, 'solução básica', a qual é menos falada no dia a dia do que a solução ácida, tendo-se centrado em aspetos observáveis ou em ideias que, como alguns alunos afirmam explicitamente, lhes foram comunicadas;
- b) muitos alunos, de ambos os anos, não distinguem solução de substância no estado líquido, chegando mesmo a considerar que uma solução é uma 'substância líquida'.

No que diz respeito ao conceito de indicador de ácido e base, constatou-se que

- a) em ambos os grupos, um amplo desconhecimento do conceito de indicador de ácido-base e, em alguns casos, uma confusão entre indicador de ácido base e medidor de pH;
- b) apenas um pequeno número de alunos do 10.º apresentaram respostas compatíveis com o conceito de indicador de ácido-base;
- c) muitos alunos, de ambos os anos, foram incapazes de citar três indicadores de ácido-base, e nenhum mencionou indicadores caseiros.

No que respeita ao conceito de pH, verificou-se que:

- a) os alunos do 10.º ano evidenciaram um melhor domínio do conceito de pH, quer ao nível do significado quer ao nível da escala;
- b) os alunos, de ambos os anos, apresentam mais dificuldades em explicar o significado de valores de pH correspondente na gama do neutra ou básica do que na gama ácida, embora os alunos do 10.º ano tenham fornecido mais respostas corretas;
- c) nenhum dos alunos participantes no estudo explicou relacionou o pH de uma solução com a concentração dessa solução;
- d) poucos alunos, de ambos os anos, foram capazes de referir três nomes de formas de determinar o pH, mas houve mais respostas completas e corretas no 10.º ano.

No que concerne ao conceito de reação de ácido-base, constatou-se que

- a) alguns alunos evidenciaram conhecer um modelo de reação de ácido-base, que tendo

- como reagentes um ácido e uma base, origina, como produtos de reação, um sal e água;
- b) em ambos os anos, diversos alunos associam este tipo de reações a reações, simplesmente a reação de neutralização ou aos tipos de produtos de elas originam (sal e água), sem explicarem quem são os reagentes;
 - c) alguns alunos evidenciaram a ideia de que o ácido exerce um papel mais ativo na reação do que a base, parecendo do ele o causador da mesma;
 - d) alguns alunos, especialmente do 10.º ano, indicaram três lugares onde decorrem reações de ácido-base, mas os mais citados são o 'laboratório e indústria', escasseando as referências a situações do dia a dia.

Em jeito de síntese, e retomando o objetivo de investigação, conclui-se que os dois grupos de alunos que participaram neste estudo, possuem poucos conhecimentos sobre os conceitos em causa e que os alunos do 10.º ano, apesar de deverem ter estudado mais este assunto do que os colegas do 8.º ano, não parecem ter beneficiado muito desse facto, pois não evidenciaram mais conhecimentos nem modelos mais avançados de ácido e base. Além disso, constata-se que as concepções perfilhadas pelos alunos são semelhantes às identificadas em estudos realizados por outros autores e em outros países (Afonso, 1997; Driver et al., 1994; Allen, 2014).

Este facto não é surpreendente, pois muitas das ideias explicadas pelos alunos parecem ter sido baseadas na observação que realizam de situações em que estão envolvidos ácidos ou bases e/ou induzidas por contactos sociais, que lhes permitiram ouvir falar dessas substâncias e lhes veicularam informação sobre determinadas características dos ácidos e das bases ou de outros aspetos relacionados com os mesmos. Embora a amostra não permita fazer afirmações generalizadoras, as poucas diferenças encontradas entre os dois grupos sugerem que o ensino implementado nas escolas angolanas pode não estar a originar muita aprendizagem.

5.3. Implicações educacionais

Os resultados deste estudo mostram que, apesar de os alunos serem ensinados, no 7.º ano, sobre o tópico 'ácido-base' na perspetiva de Arrhenius, chegam ao 8.º e ao 10.º ano com um conhecimento muito rudimentar desse assunto e apresentando muitas concepções alternativas sobre os conceitos envolvidos neste tópico. Não se esperava que esse facto constituísse um obstáculo para a aprendizagem dos conceitos de ácido e de base na perspetiva de Bronsted-Lowry, no 10.º ano, mas, na realidade, não se notou grandes diferenças entre os conhecimentos de alunos que estudaram, esta

última teoria, no 10.º ano, depois de terem estudado a teoria de Arrhenius, no 7.º ano, e os alunos do 7.º ano, que só estudaram esta última teoria no 7.º ano.

O facto de os alunos de 10.º ano, que foram submetidos ao ensino dos conceitos de ácido e base e de outros conceitos de química ao longo de quase quatro anos não ser muito diferente do dos alunos que tinham estudado aqueles conceitos apenas uma vez e tinham estudado química durante metade do tempo, sugere que é necessário adotar metodologias de ensino especialmente desenhadas para ensinar estes conceitos a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, como fez, por exemplo, Martins (2000), de modo a promover a evolução dos cientificamente não aceites e/ou dos que correspondem a modelos com utilidade limitada dos conceitos em causa

Dado que os alunos, em algumas respostas que deram, pareceriam centrar-se nos que os manuais escolares afirmavam ou nos exemplos que davam, parece necessário garantir uma boa qualidade e científica e pedagógica dos manuais escolares, até porque eles são também um material de apoio aos professores (Drechsler & Schmidt, 2005), especialmente aos que têm menos formação.

Sabendo que muitos professores que lecionam química não tem uma formação incompleta para o exercício da docência desta disciplina e que os professores formados em Angola podem não ter conhecimento da problemática das conceções alternativas dos alunos, parece necessário implementar cursos/seminários de formação de professores de ciências, em geral, e de química, em particular, de modo a capacitá-los para o desenvolvimento, implementação e avaliação de estratégias de ensino que se baseiem na conceções alternativas dos alunos para, como defendem Vecchi e Giordan (1991), lutarem contra elas e, assim, promoverem um ensino e uma aprendizagem das ciências mais eficaz. Além disso, e a fim de evitar perpetuar este problema, parece necessário que a referida temática seja, também, introduzida na formação inicial de professores de química.

Uma vez que os conceitos de ácido e de base sofreram uma evolução ao longo da história das ciências que se traduz numa sequência de vários modelos, com, como diriam Vecchi e Giordan (1991), campos de validade diferentes, e que os programas de química dos diversos anos de escolaridade preveem o ensino de alguns desses modelos, parece necessário facultar formação aos professores para usarem este tipo de história das ciências de modo a, como defende Leite (2002), promoverem a evolução conceptual dos seus alunos. Os professores precisam de perceber, nomeadamente, que determinadas perspectivas históricas são ensinadas, não por fazerem parte da história, mas porque ainda são úteis para interpretar determinados fenómenos químicos embora já não sirvam para explicar outros, que este facto tem analogia com o que se passa com as conceções dos alunos e que os alunos podem mais facilmente mudar as sua ideias se perceberem como mudaram as ideias correspondentes ao longo da história das

ciências.

Tendo presente que os alunos evidenciaram uma grande dependência dos seus conhecimentos face ao dia a dia, apesar de esses conhecimentos nem sempre serem corretos, parece necessário repensar a forma como tem sido feita a abordagem do tópico “ácido-base” no 7.º e no 10.º ano de escolaridade, de modo a haver promovido uma maior interligação entre o conhecimento a ensinar na sala de aula e os factos e fenómenos do dia a dia, de modo a aumentar a relevância da aprendizagem para os alunos, a facilitar a integração de conhecimento dos dois ambientes escolar e quotidiano) e a incentivar uma intervenção mais forte e correta do mundo que os rodeia.

Finalmente, considerando que os alunos evidenciam a ideia de que nas reações de ácido base há um reagente ativo (ou mais ativo), parece necessário explorar do ponto de vista sub-microscópico, uma reação de ácido-base, se possível com recurso a simulações informáticas que permitam visualizar o que se passa ao nível das partículas. Contudo, este trabalho deveria começar logo que se aborda o conceito de reação química, pois, como constatou Afonso (1997), já nessa altura os alunos evidenciam a ideia de reagente ativo.

5.4. Sugestões para futuras investigações

Quando se realiza um estudo, é normal ficarem aspetos por esclarecer ou surgirem novas questões relacionadas com os resultados obtidos que mereceriam ser objeto de investigação.

Assim, uma primeira sugestão para futura investigação prende-se com o facto de a amostra utilizada neste estudo ter sido bastante reduzida. Para ter dados seguros sobre a realidade angolana, e dado que se notou que as respostas são parcialmente dependentes da observação e da influência social, seria aconselhável promover um estudo mais alargado, com uma amostra maior e geograficamente mais dispersa, de modo a captar a influência da diversidade cultural, social e ambiental nas conceções dos alunos.

Uma vez que, por vezes, não se sabia se os alunos estavam a usar a teoria de Arrhenius ou a teoria de Bronsted-Lowry, e uma vez que os sujeitos evidenciam alguma dificuldade de expressão escrita, sugere-se uma nova investigação sobre este assunto, mas com recurso à técnica de entrevista, de modo a poder explorar e compreender melhor as ideias dos alunos sobre os assuntos em causa.

Aceitando que os diversos conceitos considerados neste estudo são todos relevantes para uma boa compreensão dos conceitos de ácido e de base, parece também importante investigar até que ponto o conhecimento (ou a falta dele) de um deles pode afetar a aprendizagem dos conceitos de ácido base.

Dado que os alunos do 10.º ano, depois de terem sido ensinados mais do que uma vez sobre o

assunto, continuam a revelar dificuldades conceituais, seria necessário avaliar o efeito de metodologias de ensino especialmente desenhadas para ensinar estes conceitos, através de ensino contextualizado e tendo em consideração os conhecimentos prévios (especialmente os não aceites) dos alunos e a evolução histórica dos conceitos e causa.

Uma vez que diversos professores no ativo têm pouca formação científica e/ou didática, parece necessário desenhar e implementar ações de formação que visem ajudar os professores a utilizar metodologias de ensino mais eficazes, em termos da sua capacidade de promover a evolução conceitual dos alunos, e avaliar o efeito das mesmas.

Finalmente, e uma vez que os professores dependem muito do manual escolar não só no que ensinam, mas também no modo como o ensinam, e que alguns alunos evidenciaram reter ideias apresentadas no manual adotado, parece relevante analisar o modo como os manuais escolares em vigor em Angola abordam os tópicos ácido-base, de modo a recolher informação que permita, caso seja, necessário, melhorar esses recursos fundamentais para os alunos.

Apesar das limitações da investigação realizada, nomeadamente das apresentadas no capítulo 1, esperamos que este estudo dê um pequeno contributo para dinamizar o interesse pela investigação na área de educação em ciências, tanto ao nível do ensino, como da aprendizagem, como da formação de professores. Se isso acontecer, o esforço realizado valeu a pena.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, G. (1997). Para um ensino construtivista da química: um estudo centrado nas reações químicas-8º ano de escolaridade. (Dissertação de Mestrado não publicada). Universidade do Minho, Braga.
- Allen, M. (2014). *Misconceptions in primary science*. Maidenhead: Open University Press.
- Antunes, M. et al. (2009). pH do solo: determinação com indicadores ácido-base no ensino médio. *Química Nova na Escola*, 31(4), 283-287.
- Arruda, S. & Villani, A. (1994). Mudança conceitual no ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 11(2), 88-99.
- Bueno, W. et al. (1978). *Química geral*. São Paulo: McGraw-hill.
- Cachapuz, A. (1997). Ensino das ciências e mudança conceitual: estratégias inovadoras de formação de professores. In E. Santos et al. (Ed.), *Ensino das Ciências* (pp. 145-164). Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ensino e Educação*, 10(3), 363-383.
- Cardoso, S., Silva, L. & Lima, J. (2014). Concepções alternativas de estudantes da 1ª série do ensino médio sobre ácidos e bases investigadas nas ações de PIBID/Química/UFS/São Cristóvão. *Scientia Plena*, 10(8) 1-8.
- Chagas, A. (2000). O ensino de aspectos históricos e filosóficos da química e as teorias ácido-base do século XX. *Química Nova*, 23(1), 126-133.
- Chagas, I. (2000). Literacia científica: grande desafio para escola. In *Atas do 1º encontro nacional de investigação e informação, globalização e desenvolvimento profissional do professor* (pp. 1-11). Lisboa: Escola Superior de Educação de Lisboa.
- Chang, R. & Goldsby, K. (2013). *Química* (11ª Ed). Lisboa: EuroBookS.
- Coelho, A. & Octávio, M. (2014). *Manual do aluno: química 7.ª classe*. Luanda: Editora das Letras, S.A.
- Cokelez, A. (2010). A comparative study of French and Turkish student's ideas on acid-base reactions. *Chemical Education Research*, 87(1), 102-106.
- Cooper, M., Kouyoumdjian, H. & Underwood, S. (2016). Investigating students' reasoning about acid-base reactions. *Journal Chemical Education*, 93, 1703- 1712.
- Cuchinski, A., Caetano, J. & Dragunski, D. (2010). Extração do corante da beterraba (beta vulgaris) para utilização como indicador de ácido-base. *Editica Química*, 35(4), 17-23.
- Curvelo-Garcia, A. (1988). *Controlo de qualidade de vinho*. Lisboa: Instituto da vinha e do vinho.
- Dantas Filho, F., Silva, G. & Costa, A. (2017). Processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases com a inserção da experimentação utilizando a temática sabão ecológico. *Holos*, 33(2), 161-173. DOI: 10.15628/holos.2017.4714.
- Dias, A. & Marques, M. (1996). *Química: princípios de estrutura e de reactividade*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Drechsler, M. & Schmidt, J. (2005). Textbooks and teacher understanding of acid-base models used in chemistry teaching. *Chemistry Research and Practice*, 6(1), 19-35.

- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata, S.A.
- Driver, R. et al. (1994). *Making sense of secondary science*. Londres: Routledge.
- Figueira, A. et al. (2009). Conceções alternativas dos estudantes do ensino médio: ácidos e bases. In E. Mortimer (Org.), *Anais do VII encontro nacional de pesquisa em educação em ciências* (pp. 1-11). Florianópolis: UFSC.
- Figueira, A. (2010). Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases. (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- Fortin, M. (2009). *Fundamentos e etapas do processo de investigação*. Loures: Lusodidacta.
- Furió-Más, C. et al. (2005). How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers. *International Journal of Science Education*, 27(0), 1-22.
- Freire, P. (2009). *Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa* (39ª Ed). São Paulo: Paz e terra.
- Gisbert, T. & Lopez, A. (1988). *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Apuntes I.E.P.S.
- Giordan, A. (1989). La enseñanza de la ciência. *Revista Integración*, 7(2), 95-102.
- Gouveia, V. & Valadares, J. (2004). A aprendizagem em ambientes construtivistas: uma pesquisa relacionada com o tema ácido-base. *Investigações em Ensino de Ciências*, 9(2), 199-220.
- Hill, M. & Hill, A. (2016). *Investigação por questionário* (2ª Ed.). Lisboa: Sílabo.
- INIDE (2012). Programa de química 7.ª, 8.ª e 9.ª classe: 1.º ciclo do ensino secundário. Programa aprovado no ministério da educação. Luanda: Ministério da Educação.
- Jiménez-Apont, M., Molina, F. & Carriozo, G. (2015). Investigación de las concepciones alternativas sobre ácido y base en estudiantes de secundaria. *Scientia et Technica - ano XX*, 20(2), 188-194.
- Kaçan, S. & Çeliklen, D. (2016). Evolucion of the uses of acids and bases in daily life from an educational standpoint. *Journal of Studies in Education*, 6(1), 2162-6952.
- Kala, N., Yaman, F. & Ayas, A. (2013). The effectiveness of predict-observe-explain technique in probing student's understanding about acid-base chemistry: a case for the concepts of pH, pOH, and strength. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11, 555-574.
- Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências. *São Paulo em Perspetivas*, 14(1), 85-93.
- Leite, L. (1993). Conceções alternativas em mecânica: um contributo para compreensão do seu conteúdo e persistência. (Tese de Doutoramento não publicada). Universidade do Minho, Braga.
- Leite, L. (2002). History of science in science education. Development and validation of a checklist to analysing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, 11(4). 333-359.
- Leite, L. et al. (2017) (Orgs.), *Contextualizing teaching to improve learning: the case of science and geography*. Nova Iorque: Nova Science Publishers.
- Machado, C. (2019). Atividades laboratoriais com materiais de baixo custo: um estudo com professores timorenses. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 198-223.

- Martín-Díaz, M., Gutiérrez-Julián, M. & Gómez-Crespo, M. (2011). las ciencias en la ESO desde la perspectiva de la alfabetización científica. In Caamaño, A. (Coord.), *Física y Química: complementos de formación disciplinar* (pp. 127-148). Barcelona: Gaó:
- Martins, M. (2000). Facilitando a construção do conhecimento científico: o tema ácido e base. (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade do Minho, Braga.
- McMillan, J. & Schumacher, S. (2001). *Research in education: a conceptual introduction* (5th Ed.). Boston: Longman.
- Medeiros, E. & Santanas, A. (2013). Utilizando o extrato de repolho roxo como indicador de ácido-base em produtos do cotidiano através da experimentação problemática. In J. Júnior (Coord.), *Atas da XIII jornada de ensino, pesquisa e extensão* (pp. 1-3). Recife: UFRPE.
- Mintzes, J. & Wandersee, J. (2000). Investigação no ensino e aprendizagem da ciência: uma visão construtivista. In J. Novak et al (Ed.), *Ensinando ciência para a compreensão: uma visão construtivista* (pp. 68-97). Lisboa: Plátano.
- Moreno, J. & Moreno, A. (1988). *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la física y química*. Barcelona: LAIA/ MEC.
- Moreno, E. & Rajagopal, K. (2009). Desafios da acidez na catálise em estado sólido. *Química Nova*, 32(2), 538-544.
- Mortimer, E. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigação em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39.
- Neto, P. (2012). Conceções de alunos timorenses, de 12º ano, sobre os conceitos de ácido e base: um estudo comparativo entre os alunos de escolas públicas e privadas. (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade do Minho, Braga.
- Nguluve, A. (2006). Política educacional em Angola (1976-2005): organização desenvolvimento e perspectivas. (Dissertação de mestrado não publicado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Nunes, A. et al. (2016). Revisão no campo: o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido e base entre 1980 e 2014. *Química Nova*, 38(2), 185-196.
- Oliveira, A. (2008). Conceções alternativas de estudantes do ensino medio sobre ácido e base: um estudo de caso. (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1991). *El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid: Narcea, S.A.
- Ouertatini, L. & Dumon, A. (2011). La transition lycée-université et l' évolution conceptuelle relative aux calculs de pH en Tunisie. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 3, 241-267.
- Ouertatani, L. et al. (2006). Acids and bases: the appropriation of the Arrhenius model by Tunisian grade 10 students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(2007), 483-506.
- Park, E. & Choi, K. (2010). Analysis of mathematical structure to identify student's understanding of a scientific concept: pH value and scale. *Mathematics Education*, 11, 683-706.
- Peruzzo, T. & Canto, E. (1997). *Química: na abordagem do cotidiano* (volume único). São Paulo: Editora moderna.
- Pozo, J. & Gómez-Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata, S.L.

- Pozo, J. et al. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciência: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(9), 83-94.
- Quiage, B. (2014). Ensino em Angola: antes, durante e depois da independência. O nosso sitio. Disponível em [https:// balgidoquiage.wordpress.com](https://balgidoquiage.wordpress.com) (acedido 17/09/2014).
- Rezende, M. & Pereira, L. (2016). A abordagem do conceito de ácidos e bases a partir de uma aula com enfoque experimental e contextualizada. In S. Yunes (Org.), *Atas do XVIII encontro nacional de ensino de química* (pp. 1-11). Florianópolis: UFSC.
- Ribeiro, E., Maia, J. & Wartha, E. (2010). As questões ambientais e a química dos sabões e detergentes. *Química Nova na Escola*, 32(3), 169-175.
- Rodrigues, A., Flávio, V. & Gomes, G. (2016). Concepções alternativas de alunos de uma escola pública de sobral-CE sobre ácidos e bases. In P. Castro (Ed.), *Anais do III congresso nacional de educação* (pp. 1-6). Natal-Rio grande do Norte: CRV.
- Rosenberg, J. (1982). *Química geral* (6ª Ed., atualizada). São Paulo: McGraw-Hill.
- Santos, E. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Santos, W. & Mortimer, E. (2001). Tomada de decisão para a ação social responsável no ensino de ciências. *Ensino e Educação*, 7(1), 95-111.
- Silva, A. et al. (2017). Indicador natural: alternativa na explicação do conteúdo ácido-base. *Encontro de inovação tecnológica e ensino das ciências do IFPI*, 3(1), 1-3.
- Silva, C., Pereira, R. & Sabadini, E. (2002). Color changes in indicator solutions. *Journal of Chemical Education*, 9(9), 1070-1071.
- Sheppard, K. (2006). High school students' understanding of titration and related acid-base phenomena. *Chemistry Education and Practice*, 7(1), 32-45.
- Souza, F. & Aricó, E. (2017). Teoria ácido-base no século XX e análise reflexiva do trabalho científico. *Educación Química*, 28(4), 211-216.
- Supatmi, S., Setrawan, A. & Rahmawati, Y. (2019). Students' misconceptions of acid-base titration assessments using a two-tier multiple-choice diagnostic test. *Chemical Education Study Program*, 9(1), 18-37.
- Tavares, M. (2003). Reações de ácido-base no 10.º ano de escolaridade: um estudo de orientação CTS. (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade do Minho, Braga.
- UNESCO (2012). *Los jóvenes y las competencias: trabajar con la educación*. Paris: Ediciones UNESCO, 40-522.
- Toplis, R. (1998). Ideas about acids and alkalis. *School Science Review*, 8(291), 67-70.
- Vecchi, G. & Giordan, A. (1991). *L'enseignement scientifique: comment faire pour que ça marche*. Nice: Z' Editions.
- Venturini, W. (2005). *Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento BPF/APPCC, legislação e mercado*. São Paulo: Editora Ed Gard Bluclur.
- Viecheneski, P., Lorenzetti, L. & Carletto, R. (2012). Desafios e práticas para o ensino de ciências e alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental. *Atas de pesquisa em educação*, 7(3), 853-876.
- Waters, D. & Watters, J. (2006). Student understanding of pH. *Biochemistry and Molecular Biology*

Education, 34(4), 278-284.

Zau, F. (2015). *Do ato educativo ao exercício da cidadania*. Luanda: Mayamba editora.

Zeni, A. (2010). Conhecimento prévio para a disciplina de Bioquímica em cursos da área da saúde da universidade regional de Blumenau-Sc. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia*, 1, 1677-2318.

ANEXOS

ANEXO 1
Questionário

QUESTIONÁRIO

Com este questionário pretendemos conhecer as tuas ideias sobre ácidos e bases.

O questionário é anónimo e as tuas respostas não serão usadas para a tua avaliação. No entanto, elas serão importantes para melhorar o processo de ensino e de aprendizagem da química. Agradecemos, por isso, que respondas a todas as questões, individualmente e do modo mais completo possível.

Obrigado!

PARTE 1 – Dados pessoais e escolares

1. Idade: _____ anos
2. Sexo: Masculino____ Feminino__
3. Que nota tiveste em química, no semestre passado? _____ valores

PARTE 2 – Ácidos e soluções ácidas

4. Já ouviste chamar *ácido* a alguma substância?
Sim____ Não____ Não me lembro____

5. Em tua opinião, o que será um ácido?

6. Em tua opinião, que propriedades possuem os ácidos?

7. Em tua opinião, essas propriedades serão exatamente iguais para todos os ácidos?

Sim____ Não____ Não tenho certeza____

7.1. Justifica a tua escolha. _____

8. O que significa, para ti, a expressão “solução ácida”?

9. Escreve o nome de três soluções ácidas de que tenhas ouvido falar no dia a dia.

i) _____

ii) _____

iii) _____

PARTE 3 – Bases e soluções básicas

10. Já ouviste chamar *base* a alguma substância?

Sim____ Não____ Não me lembro____

11. Em tua opinião, o que será uma base?

12. Em tua opinião, que propriedades possuem as bases?

13. Em tua opinião, essas propriedades serão exatamente iguais para todas as bases?

Sim____ Não____ Não tenho certeza____

13.1. Justifica a tua escolha. _____

14. O que significa, para ti, a expressão “solução básica”?

15. Escreve o nome de três soluções básicas de que tenhas ouvido falar no dia a dia.

- i) _____
- ii) _____
- iii) _____

PARTE 4 – Indicadores de ácido-base

16. Já ouviste falar em indicador de ácido-base?

Sim____ Não____

17. Em tua opinião, o que será um indicador de ácido-base?

18. Escreve o nome de três substâncias que pensas que serão indicadores de ácido-base.

- i) _____
- ii) _____
- iii) _____

PARTE 6 – O pH

19. Já ouviste falar em pH?

Sim____ Não____ Não me lembro____

20. Em tua opinião, o que será o pH?

21. Em tua opinião, o que significará dizer que uma solução:

i) tem $\text{pH}=3$ _____

ii) tem $\text{pH}=7$ _____

iii) tem $\text{pH}=9$ _____

22. Em tua opinião, haverá alguma relação entre o pH de uma solução e a concentração dessa solução?

Sim____ Não____ Não tenho certeza____

22.1. Justifica a tua escolha. _____

23. Escreve o nome de três maneiras/formas de determinar o pH de uma solução.

i) _____
ii) _____
iii) _____

PARTE 7 – Reações de ácido-base

24. Já ouviste falar em reações de ácido-base?

Sim____ Não____ Não me lembro____

25. Em tua opinião, o que será uma reação de ácido-base?

26. Em tua opinião, as reações de ácido-base serão todas exatamente iguais?

Sim____ Não____ Não tenho certeza____

26.1. Justifica a tua escolha. _____

27. Dá três exemplos de reações que pensas serem reações de ácido-base.

i) _____

ii) _____

iii) _____

Obrigado!

ANEXO 2

Permissão de recolha de dados



REPÚBLICA DE ANGOLA
GOVERNO PROVINCIAL DA LUNDA-NORTE
GABINETE DA EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DA EDUCAÇÃO, ENSINO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

T. e
A sublinhados do 1º e 2º ciclo;
- Autorizo!
- Devem fazer o acompanhamento;
[Handwritten signature]
31/08/18.

A
DIRECÇÃO DO: Complexo Escolar
Cunézia Nelson

DUNDO.

N/ REF. Nº 30 /DEECTI-LN/2018

ASSUNTO: **Informe.**

Melhores Cumprimentos.

Em obediência ao Douto Despacho da Exma. Senhora Directora do Gabinete Provincial da Educação, datado aos 03 de Agosto do corrente ano, subscrito na carta do Dr. Manuel Mbemba Sebastião, estudante do Curso de Mestrado da Universidade do Minho (Portugal), somos pelo presente informar a Direcção do Instituto, que o investigador em causa está autorizado a proceder a colecta de dados investigativos para Dissertação do Trabalho do Fim de Curso na vossa Instituição.

Sem outro assunto de momento reiteramos os votos de boa disposição laboral.

DEPARTAMENTO DA EDUCAÇÃO, ENSINO CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DA LUNDA-NORTE NO DUNDO, AOS 22 DE AGOSTO DE 2018.

A CHEFE DO DEPARTAMENTO
Amélia Bianca
PALMIRA SILEPO

