



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências

Recursos educativos na exploração do tema ácido-base e o desenvolvimento da curiosidade científica

Isabel Maria Ferreira Vicente Serra

**Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em
Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no
Ensino Secundário
(2º ciclo de estudos)**

Orientadora: Prof.^a Doutora Maria Isabel Guerreiro da Costa Ismael

Covilhã, Julho de 2013

Dedicatória

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que fazem parte de mim, de forma irredutível. Em primeiro lugar à estrela mais brilhante que me acompanha de dia e de noite, o meu pai Joaquim. À grande mulher da minha vida, não em tamanho mas na sua sabedoria, a minha mãe Hermínia, por todo o apoio impossível de definir. Ao meu marido Pedro, com o qual crio as minhas razões de viver, os nossos filhos, Joana e João, pelo tempo que lhes “roubei” a pensar num futuro melhor para ambos. Ao meu irmão Nuno, fonte de inspiração dadas as adversidades que já ultrapassou e continua a enfrentar todos os dias, no meio das quais consegue incentivar todos aqueles que precisam de apoio. Com ele e com todos aqueles a quem dedico os esforços para concretizar este projeto reforcei uma lição: *“Quanto mais me dou, mais sou. Cada um de nós é aquilo que consegue plantar nos outros.”* Com este trabalho consegui conhecer ainda melhor quem partilha comigo esta aventura da vida, espero também ter despertado uma curiosidade especial, a *curiosidade científica*.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à minha escola, Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras, porque independentemente do que o futuro me reserve, será sempre um espaço que faz parte do meu percurso desde 1989. Agradeço a todos os colaboradores deste projeto educativo, nas suas diversas funções e responsabilidades, pois todos tiveram disponíveis para apoiar das mais diferentes formas, desde as simples (fundamentais) palavras. Agradeço a todos os alunos com quem tive o privilégio de trabalhar, pela sua dedicação e amizade, em especial aos alunos do Clube de Física e Química, Inês da Graça, Joana Soares, Joana Pinto, João Figueiredo, Lucília Carvalho e Sofia Ascensão. Como uma boa escola não se faz sem uma boa gestão de todos os recursos a mobilizar, é de ressaltar a sua liderança de onde sobressai a criação de um ambiente propício à eficiência do processo de ensino-aprendizagem. Neste sentido, aqui fica também o meu profundo agradecimento, ao Diretor da Escola Dr. João Paulo Mineiro, pela sua disponibilidade, cordialidade, incentivo e atenção demonstradas durante o Ano Letivo. Agradeço também à Orientadora Pedagógica na Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras, Dr.^a Sandra Ventura da Costa, assim como à Orientadora Científica da Universidade da Beira Interior, da componente de Física, Prof.^a Doutora Sandra da Costa Henriques Soares, pelo seu acompanhamento e orientação durante o estágio de suporte a este relatório. Um agradecimento especial para a Orientadora Científica da Universidade da Beira Interior, da componente de Química e, simultaneamente, deste relatório de estágio, a Prof. Doutora Maria Isabel Guerreiro da Costa Ismael, que foi sempre incansável na sua colaboração e orientação.

Resumo

Com este projeto intitulado *Recursos educativos na exploração do tema ácido-base e o desenvolvimento da curiosidade científica*, procurou adotar-se várias estratégias no âmbito do ensino para a educação em ciências. Para o efeito recorreu-se a conteúdos curriculares e extracurriculares sobre o tema ácido-base, aplicados a alunos do 1.º ciclo e 3.º ciclo do ensino básico e a alunos do 10.º e 11.º ano do ensino secundário, com o objetivo de promover a literacia científica. A centralidade do tema ácido-base deve-se ao reconhecimento da sua importância no domínio da Química, e ao fato dos ácidos e das bases serem substâncias químicas constantemente presentes no quotidiano, o que só por si revela um enorme potencial no sentido de gerar de forma enquadrada a curiosidade científica.

Neste projeto pretendeu-se, com base em vários recursos educativos (manuais escolares e tecnologias de informação e comunicação), atividades curriculares e extracurriculares, e com o recurso a vários indicadores, demonstrar as virtualidades do ensino experimental focado no desenvolvimento de cidadãos com competências e capacidades para apreender reflexivamente e agir sob vários tipos de contextos, fatores e fenómenos. Através dos exercícios pedagógicos e das várias reflexões contidas neste projeto percebe-se que a curiosidade (científica) tem que ser alimentada por recursos, de forma a garantir alguns pressupostos fundamentais para o ensino experimental da Química: a escolha criteriosa dos trabalhos e projetos, enquadrada por objetivos, a relação custos/benefícios e a segurança; uma contextualização apropriada, promotora da relevância prática e intelectual e do interesse pelo trabalho experimental; a interpretação dos mecanismos que apoiam os processos de ensino-aprendizagem, preparando e maximizando a participação ativa e ação consciente do aluno. Os recursos educativos, entre o educativo e o educacional, são reconhecidos como instrumentos de cultura, uma vez que podem apoiar o desenvolvimento de uma curiosidade científica, no percurso para outras formas de literacia e de realização de si crescentemente qualificadas e reflexivas.

Palavras-chave

Ácido-base, titulação, curiosidade científica, literacia científica e ensino experimental das ciências.

Abstract

With this Project entitled Educational resources for exploration of the acid-base topic and scientific curiosity development, several strategies in the field of teaching were adopted for education in Sciences. To fulfill this objective, curricular and extracurricular contents related to the acid-base topic were applied to students from the 1st to 3rd cycle of basic education and to students from the 10th and 11th year of secondary education, in order to promote scientific literacy. The focus on acid-base topic is due to its recognized role in the chemistry field and to the fact that acids and bases are chemical substances permanently present in daily life, which in its own reveals a great potential in the sense of generating scientific curiosity in a familiar context.

In this project it is intended, with the support of several educational resources (school books and information and communication technologies), curricular and extracurricular activities, and using several indicators, to demonstrate potentialities of experimental teaching focused in the development of citizens with competencies and capacities to learn reflexively and act under several kinds of contexts, factors and phenomena. Through pedagogical exercises and several reflections presented in this project it's understood that scientific curiosity has to be fed by resources, in a sense to reassure some fundamental assumptions for experimental teaching in chemistry: selective choice of experiments and projects, contextualized by objectives, cost benefit relation and security; an appropriate contextualization, promoting practical and intellectual relevance and interest for experimental work; interpretation of mechanisms that support teaching-learning processes, preparing and maximizing active participation and conscious action from the student. Educational resources, between educative and educational, are recognized as cultural instruments, since they can support development of a scientific curiosity, in route to other forms of literacy and self realization increasingly qualified and reflexive.

Keywords

Acid-base, titration, scientific curiosity, scientific literacy and experimental teaching of sciences.

Índice

Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xvi
Lista de Gráficos	xix
Lista de Acrónimos	xxi
1. Introdução	1
2. Contextualização científico-pedagógica do tema ácido-base	5
2.1. Contextualização científica	9
2.1.1. Ácidos e bases: evolução histórica dos conceitos	9
2.1.2. Reações ácido-base	11
2.1.3. Propriedades ácido-base da água	12
2.1.4. pH - uma medida de acidez, de basicidade e de neutralidade	13
2.1.5. Forças relativas de ácidos e de bases	15
2.1.6. Volumetria de ácido-base	17
2.2. Enquadramento pedagógico e curricular	20
2.2.1. O tema ácido-base no ensino básico	20
2.2.2. O tema ácido-base no ensino secundário	22
2.2.3. Conceções alternativas sobre o tema ácido-base	24
3. Recursos educativos na exploração do tema ácido-base	26
3.1. A exploração do tema ácido-base nos manuais escolares	28
3.2. As tecnologias de informação e comunicação no ensino das ciências	32
3.2.1. Simulações computacionais no caso particular do ensino do tema ácido-base	42
3.3. As atividades práticas como didática no ensino da Química	50
3.3.1. Regência — Volumetria de ácido-base e Atividade Laboratorial 2.3 - Neutralização: uma reação ácido-base	51
3.3.2. Atividades extracurriculares	72
3.3.2.1. Atividade — A magia da química e das palavras	72
3.3.2.2. Atividades desenvolvidas no Clube de Física e Química	82
3.3.2.3. Atividades desenvolvidas no Atelier de Atividades de Tempos Livres	87
4. Conclusões e reflexão crítica	96
5. Referências Bibliográficas	101
6. Anexos	105
Anexo I - Caracterização da Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras e das turmas envolvidas no projeto	106
Anexo II - Guião Exploratório - Efeito Fotoelétrico	112
Anexo III - Plano de aula Comunicações por radiação eletromagnética	119

Anexo IV - Ficha de Trabalho - Comunicação de informação a longas distâncias	132
Anexo V - Atividade - Comunicação por radiação eletromagnética (Inclui guião exploratório)	140
Anexo VI - Plano de Aula - Volumetria de ácido-base e Atividade Laboratorial 2.3 - Neutralização: uma reação de ácido-base	157
Anexo VII - PowerPoint - Volumetria de ácido-base e Atividade Laboratorial 2.3 - Neutralização: uma reação de ácido-base	171
Anexo VIII - Ficha de Trabalho - Ácido-base	175
Anexo IX - Teste <i>Moodle</i> - Efeito Fotoelétrico	182
Anexo X - Pós-teste - 11.º Ano do ensino secundário	196
Anexo XI - Pré-teste - 11.º Ano do ensino secundário	199
Anexo XII - Atividade Laboratorial 2.3 - Neutralização: uma reação de ácido-base	202
Anexo XIII - Pré-teste - 3.º Ciclo do ensino básico	211
Anexo XIV - Pós-teste - 3.º Ciclo do ensino básico	213
Anexo XV - Atividade do Atelier de Atividades de Tempos Livres - Balão Brincalhão	215
Anexo XVI - Atividade do Atelier de Atividades de Tempos Livres - Preparação de um indicador de couve-roxa e identificação de soluções ácidas, neutras e básicas	218
Anexo XVII - Atividade do Atelier de Atividades de Tempos Livres - Como fazer um vulcão?	220

Lista de Figuras

Figura 1 - Diferentes níveis de literacia científica.

Figura 2 - Tipos de literacia científica e tecnológica.

Figura 3 - Condições de que depende o nível de literacia científica.

Figura 4 - Escala de pH de Sorensen (Dantas, 2008:135).

Figura 5 - Extensão da ionização de (A) um ácido forte que sofre 100% de ionização e (B) um ácido fraco (Barros *et al.*, 2009).

Figura 6 - K_a e K_b de alguns ácidos e base mais vulgares (Simões *et al.*, 2011b:111).

Figura 7 - Cor e zona de viragem de indicadores ácido-base (Paiva *et al.*, 2004:126).

Figura 8 - A visualização da mudança de cor de um indicador exige uma variação brusca de pH (Corrêa *et al.*, 2013).

Figura 9 - Temas organizadores do ensino das ciências nos três ciclos do ensino básico.

Figura 10 - Momento de reflexão do manual escolar *Química A11 - Sabia que...* (Barros *et al.*, 2009).

Figura 11 a) e b) - Imagens da simulação do efeito fotoelétrico.

Figuras 12 a) e b) - Imagens da simulação *bending-light*.

Figuras 13 a) e b) - Imagens da simulação *Titulação de HCl com NaOH*.

Figura 14 - Indicadores ácido-base e respetivas zonas de viragem (Simões *et al.*, 2011b).

Figura 15 a) e b) - Diapositivos 3 e 4 do *PowerPoint*[®] apresentado na aula.

Figuras 16 a) e b) - Diapositivos 5 e 6 do *PowerPoint*[®] apresentado na aula.

Figuras 17 a), b), c) e d) - Diapositivos 7, 8, 9 e 10 do *PowerPoint*[®] apresentado na aula.

Figuras 18 a), b) e c) - Imagens da simulação *Titulação de HCl com NaOH*.

Figura 19 - Material e reagentes utilizados na atividade laboratorial.

Figura 20 - Medição de um líquido com uma pipeta.

Figura 21 - Leitura do nível de um líquido.

Figuras 22 a), b) e c) - Explicação do procedimento 1 - a) e b), e leitura do nível do titulante contido na bureta - c).

Figuras 23 a), b) e c) - Adição do indicador ao titulado - a), e técnica de titulação - b) e c).

Figura 24 - Flores imersas em água com corante azul e vermelho que apresentam a coloração respetiva.

Figuras 25 a) e b) - Experiência do indicador de couve-roxa.

Figura 26 a) e b) - Experiência do indicador de couve-roxa - a), e análise do valor de pH de diferentes águas usando um medidor de pH de bolso - b).

Figura 27 - Poema *Lágrima de preta* e respectivo diapositivo apresentado na atividade.

Figuras 28 a), b) e c) - Experiência o *Ovo Saltitão*.

Figuras 29 a), b) e c) - Atividade - Indicador de couve-roxa realizada no Clube de Física e Química.

Figura 30 - Atividade - Comprovar que da combustão do enxofre resulta dióxido de enxofre solúvel na água cujas soluções são ácidas.

Figuras 31 a) e b) - Atividade - Preparação de um indicador de couve-roxa e identificação de soluções ácidas, neutras e básicas.

Figuras 32 a) a e) - Atividade - *Balão Brincalhão*.

Figuras 33 a) e b) - Atividade - Como fazer um vulcão? Material necessário à realização da atividade - a) e adição de bicarbonato de sódio - b).

Figuras 34 a) e b) - Atividade - Como fazer um vulcão? Adição do detergente - a) e agitação da mistura - b).

Figuras 35 a) e b) - Atividade - Como fazer um vulcão? “Vulcão em erupção” - a) e grupo de trabalho - b).

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Propriedades Gerais dos Ácidos e Bases.

Tabela 2 - Tabela resumo dos conteúdos e atividades laboratoriais do 3.º Ciclo do Ensino Básico, referentes ao tema Ácido-Base.

Tabela 3 - Tabela resumo dos conteúdos e atividades laboratoriais do 11.º ano do Ensino Secundário, referentes ao tema Ácido-Base.

Tabela 4 - Tabela resumo dos conteúdos e atividades laboratoriais do 12.º ano do Ensino Secundário, referentes ao tema Ácido-Base.

Tabela 5 - Lista de manuais disponíveis no ano letivo 2013/2014, para a disciplina de Física e Química A, da componente de Química, para o 11.º ano.

Tabela 6 - Temas identificados pelos alunos como aqueles que mais gostaram

Tabela 7 - Comparação das simulações analisadas.

Tabela 8 - Número de alunos do 11.º ano que respondeu à questão 1. O que entende por ácidos?, no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 9 - Número de alunos do 11.º ano que respondeu à questão 2. O que entende por bases?, no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 10 - Número de alunos do 11.º ano que respondeu corretamente à questão 3. no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 11 - Número de alunos do 11.º ano que respondeu corretamente às alíneas da questão 5. no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 12 - Percentagem de respostas erradas dos alunos às alíneas da questão 6. no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 13 - Número de alunos do 8.º e 9.º ano que respondeu à questão 1. O que entende por ácidos?, no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 14 - Número de alunos do 8.º e 9.º ano que respondeu à questão 2. O que entende por bases?, no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 15 - Número de alunos do 8.º e 9.º ano que respondeu corretamente à questão 3. no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 16 - Número e respetivas respostas dadas pelos alunos do 8.º e 9.º ano à questão 4. do pré-teste e do pós-teste.

Tabela 17 - Número de alunos do 8.º e 9.º ano que respondeu corretamente às alíneas da questão 5. no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 18 - Respostas dos alunos relativamente à questão 2 da componente da avaliação da atividade, do pós-teste (O que aprendi...).

Tabela 19 - Respostas dos alunos relativamente à questão 3 da componente da avaliação da atividade, do pós-teste (Gostei mais de...).

Tabela 20 - Atividades desenvolvidas no Clube de Física e Química.

Tabela 21 - Número de professores-formandos que concluíram a formação em cada ano de implementação do Programa, bem como o número de escolas e alunos abrangidos.

Tabela 22 - Atividades desenvolvidas no Atelier de Atividades de Tempos Livres.

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Classificação das atividades desenvolvidas nas aulas da disciplina de Física e Química.

Gráfico 2 - Tipos de atividades preferidas na dinamização das aulas na sala de aula.

Gráfico 3 - Classificação dos alunos do 8.º e 9.º ano quanto ao grau de interesse da atividade (1 - Discordo a 5 - Concordo totalmente).

Lista de Acrónimos

ARCS - Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação

ATL - Atelier de Atividades de Tempos Livres

CNEB - Currículo Nacional do Ensino Básico

CRE - Classificação, Rotulagem e Embalagem

DGE - Direção-Geral da Educação

GPS - *Global Positioning System*
(em português: Sistema de Posicionamento Global)

IUPAC - *International Union of Pure and Applied Chemistry*
(em português: União Internacional de Química Pura e Aplicada)

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

PES - Prática de Ensino Supervisionado

PFEEC - Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências

PISA - *Programme for International Student Assessment*
(em português: Programa para Avaliação Internacional de Estudantes)

TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação

1. Introdução

Com uma pesquisa, sobre várias referências bibliográficas, é possível encontrar uma definição para Química, como o ramo da Ciência que estuda a matéria e as suas transformações. Esta definição acentua a vertente relativa à análise das substâncias e à sua constituição, assim como o estudo da(s) forma(s) e porquê(s) das reações químicas. No entanto, considera-se que a Química vai mais longe, apoiando o esclarecimento sobre a complexidade molecular do mundo em redor do indivíduo, estabelecendo ligações com outras ciências e disciplinas, tentando assim alargar as fronteiras do conhecimento. Deste modo é possível encontrar nesta área do conhecimento uma ciência multifacetada, útil e criativa, que exige o reconhecimento da necessidade de integrar o estudo da Química desde o nível da educação básica, pelo seu valor educativo, em termos de aquisição de valores culturais e promoção de cidadania, e ainda pela contribuição para o desenvolvimento da literacia científica.

Com este projeto intitulado *Recursos educativos na exploração do tema ácido-base e o desenvolvimento da curiosidade científica*, procuraram adotar-se várias estratégias no âmbito do ensino para a educação em ciências, com o objetivo de promover a literacia científica, sem a ambição de formar peritos. Neste projeto pretende-se, através de vários indicadores demonstrar as virtualidades do ensino focado no desenvolvimento de cidadãos com competências e capacidades para agir sobre e sob vários tipos de contextos e fatores. A necessidade de adotar decisões equilibradas exige um conhecimento tão aprofundado quanto possível sobre os fenómenos, de forma a minimizar os possíveis impactos negativos sobre o bem-estar.

A escolha do tema ácido-base como tema central ficou a dever-se ao reconhecimento da sua importância central no domínio da Química, e devido ao fato de existirem compostos químicos constantemente presentes no dia-a-dia. Os ácidos e as bases fazem parte da formulação de cosméticos, alimentos, refrigerantes, medicamentos, produtos de limpeza, produtos de higiene, entre outros, tal como as reações entre estas participam nos mais variados fenómenos, como a formação da chuva ácida, a captação do oxigénio atmosférico pelos seres vivos ou a digestão dos alimentos. São matérias-primas importantes na indústria da transformação e necessárias para o controlo de vários processos industriais, participam ativamente do metabolismo dos organismos vivos e, quando lançadas indevidamente no ambiente, podem alterar as condições ambientais favoráveis ao conforto humano. O interesse do seu estudo ou a simples abordagem aos conceitos aqui desenvolvidos é perceptível a partir do reconhecimento, por exemplo, da importância da água na alimentação e na saúde dos humanos e animais, no ambiente, em diversas indústrias químicas, biotecnológicas e farmacêuticas, na agricultura, piscicultura e indústrias relacionadas, pois, em todos, a água é essencial para os processos químicos e/ou biológicos que neles têm lugar.

O ensino da Química tem enfrentado várias resistências que se torna relevante ultrapassar, sendo evidentes os indicadores de dificuldades no estabelecimento de relações

profícuas entre ensino e aprendizagem e vice-versa. Alguns dos problemas de enunciar estão ligados com: a falta de interesse, dificuldades e reduzido aproveitamento dos alunos; reprodução de estratégias pedagógicas tradicionais; modos desinteressantes de apresentação dos conteúdos; quantidade excessiva de conteúdos ministrados num curto espaço de tempo; extrema dependência do livro didático; falta de laboratórios e do recurso à utilização de novas tecnologias, como *softwares* livres disponíveis em sítios da internet; entre outros fatores. Dessa forma, não se tem conseguido despertar o interesse dos alunos pela Química, ao contrário, é comum ouvir relatos de que esta é uma área científica difícil, desmerecedora dos esforços no sentido da sua aprendizagem, apesar do seu significado relevante para a generalidade (ou até totalidade) dos gestos do quotidiano.

Apesar do desinteresse pela área científica, o reconhecimento da sua importância pode ser identificável através da existência de concepções alternativas¹. A sua presença no indivíduo significa que pelo menos através do senso comum se procuram respostas para interrogações que o mundo químico coloca a todos. Em relação ao tema ácido-base têm sido identificadas algumas concepções alternativas nos alunos, documentadas na literatura mas nem por isso facilmente ultrapassáveis. A mobilização/utilização de contextos familiares permitiu a emergência de tais concepções alternativas, assim como a sua interpretação por parte do aluno, de forma a facilitar exercícios de reflexividade capazes de estimular a procura da reflexão sobre o que se pensa e vê e como é que estes dois processos se desenvolvem. Com a provocação dos *porquês* exploraram-se situações de dissonância cognitiva², para que os alunos pudessem desconstruir concepções fragilmente assumidas de forma superficial, afirmando outras solidamente apreendidas com uma maior profundidade. A *curiosidade científica* ganha neste exercício uma oportunidade para eclodir, com um manancial de oportunidades para que haja interesse por explorar os mais diversos fenómenos do dia-a-dia.

A exploração destes contextos permitirá ainda que os alunos possam alcançar com mais sucesso a dimensão da educação pela ciência, já que ao compreenderem melhor o planeta estarão mais preparados para agir de forma a minimizar o impacto das atividades humanas (incluindo as industriais) no ambiente, atitude indispensável ao desenvolvimento sustentado e sustentável. Ao aceitar a docência da Química como missão profissional, o químico depara-se com uma série de desafios. Entre eles está o de adequar os conteúdos científicos à realidade da sala de aula e ao meio envolvente, conseguindo transmitir tantas

¹ Os dados sobre o desinteresse e insucesso na área das ciências, nomeadamente nas disciplinas científico-naturais são apresentados em vários relatórios internacionais, por exemplo, produzidos por serviços da União Europeia. Para além destes, foram consultadas as seguintes referências: Martins, A. *et al.* (2002), *Livro branco da Física e da Química*, Aveiro, Sociedade Portuguesa da Física e Sociedade Portuguesa da Química - Editorial Minerva e em Ramos, Catarina (2010), *Factores que influenciaram a escolha das disciplinas de Física e Química: um estudo de caso no ensino secundário*, Dissertação de Mestrado em Educação - Especialização em Didáctica das Ciências, Universidade de Lisboa, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

² O conceito de dissonância cognitiva, como elemento fundamental da socialização, foi descrito por Leon Festinger. Vários autores esclarecem este conceito de dissonância cognitiva: Sprinthall, N. e Richard Sprinthall (2001), *Psicologia educacional*, Amadora, McGraw-Hill e Lourenço, Orlando (1997), *Psicologia de desenvolvimento cognitivo. Teoria, dados e implicações*, Coimbra, Livraria Almedina.

vezes conceitos abstratos para um aluno que terá que necessariamente ser envolvido num processo participativo e dialético de ensino-aprendizagem. Perante a tarefa exigente de ensinar Química, o professor é impelido a mobilizar todo o tipo de recursos educativos que o auxiliem neste processo dinâmico, daí que seja este o objeto de estudo neste relatório.

O presente relatório de estágio inicia-se com um capítulo constituído pelo enquadramento teórico-concetual do tema ácido-base, onde se faz referência à contextualização científica do tema em estudo e ao respetivo enquadramento pedagógico e curricular, assim como as conceções alternativas identificadas na literatura. No segundo capítulo elabora-se o levantamento dos vários recursos educativos na exploração do tema ácido-base, nomeadamente, manuais escolares, tecnologias de informação e comunicação (simulações computacionais, plataformas *Moodle* e *Webquets*). No ponto seguinte apresentam-se e analisam-se as atividades práticas realizadas no estágio curricular, apresentando-se estratégias de abordagem e exploração do tema ácido-base e pontos de melhoria considerados mais relevantes. Estudou-se o tema ácido-base com alunos do 1.º Ciclo (2.º, 3.º e 4.º ano de escolaridade), 8.º e 9.º ano do 3.º Ciclo do Ensino Básico e com duas turmas do Ensino Secundário, 10.º e 11.º ano, da regente da disciplina de Física e Química e orientadora pedagógica do estágio na Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras (Anexo I). Foram aplicados dois questionários, um pré-teste e um pós-teste, à turma de 11.º ano. O pré-teste foi aplicado antes do início da lecionação do tema ácido-base previsto para o 11.º ano, com o objetivo de avaliar os conhecimentos dos alunos sobre o tema ácido-base abordado no 8.º ano. Por sua vez, o pós-teste teve como objetivos: aferir a aquisição de conhecimentos sobre o tema ácido-base após a abordagem do mesmo no 11.º ano; identificar a existência e/ou permanência de conceções alternativas e, simultaneamente, avaliar as atividades desenvolvidas nas aulas de Física e Química relativamente ao grau de interesse das mesmas. Este último parâmetro teve como base de partida a avaliação que constava no projeto curricular da turma no que respeita às atividades preferidas dos alunos na dinamização das aulas na sala de aula.

Ainda com os alunos do 11.º ano lecionou-se uma aula que teve como conteúdos: a volumetria de ácido-base e uma titulação ácido forte com base forte de acordo com a Atividade Laboratorial 2.3 - Neutralização: uma reação ácido-base. Na preparação da aula foram consultados vários manuais escolares, assim como simuladores referentes aos conteúdos que iam ser explorados. Deste modo, foi possível identificar algumas limitações e oportunidades de melhoria em cada um dos recursos. Com a lecionação da aula apreenderam-se indicadores sobre pré-requisitos, dificuldades dos alunos, aquilo que mais os motiva e desperta o seu interesse (tendo a consciência que se trata apenas de um grupo de análise), as suas conceções alternativas, para além de todos os mecanismos inerentes à preparação dos conhecimentos científicos associados à componente teórica e prática dos conteúdos a desenvolver.

Num contexto não letivo e com alunos do Secundário, no âmbito do Clube de Física e Química, composto por 6 alunos da turma de 10.º ano, realizaram-se atividades sobre o tema

ácido-base com o intuito de explorar e avaliar os recursos e interesses despertados sobre o tema. Da exploração destas atividades deixam-se sugestões a desenvolver num próximo estudo. Realizou-se também uma atividade extracurricular com alunos do 8.º ano (1 turma) e 9.º ano (3 turmas) do Ensino Básico, no âmbito da Semana da Leitura da Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras. Nesta atividade foram explorados os conceitos de reações ácido-base e potenciou-se a transdisciplinaridade com a leitura de poesia, sendo outro recurso que promove a formação holística do aluno. Simultaneamente, aplicaram-se dois questionários aos alunos, um no início (pré-teste, *ex-ante*) e outro no final (pós-teste, *ex-post*) da atividade, com o objetivo de avaliar os conhecimentos dos alunos sobre o tema ácido-base, antes e após a realização da mesma, e apreender a importância que atribuem às experiências sobre tema.

No espaço do Atelier de Atividades de Tempos Livres (ATL) da Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras, desenvolveram-se atividades relacionadas com o tema ácido-base com alunos do 1.º ciclo do Ensino Básico, de modo a aproveitar a curiosidade natural das crianças e a sua procura de atividade com objetos concretos. O objetivo com este grupo de crianças foi o despertar a curiosidade das mesmas para os fenómenos que as rodeiam, provocando a sua atenção para aquilo que à primeira vista é apenas trivial. Simultaneamente procurou-se identificar os recursos que podem ser utilizados na exploração do tema ácido-base logo no 1.º ciclo do Ensino Básico. Como referem vários autores e é defendido pelo Ministério da Educação, a educação científica deve começar o mais cedo possível, no 1.º ciclo ou mesmo no ensino pré-escolar. Deste modo, a promoção da literacia científica desde o pré-escolar assume um papel relevante no estímulo da *curiosidade* das crianças e no desenvolvimento cognitivo e emocional.

O sucesso do aluno e do cidadão nestes papéis depende da forma como conseguem manusear recursos educativos em sentido amplo, que consigam fazê-los apreender e interiorizar reflexivamente os fenómenos sobre os quais têm influência e sob os quais podem ser marcados na sua existência. A curiosidade sobre os fenómenos crescentemente polissémicos, exige uma educação capaz de mobilizar todos os recursos para um processo cada vez menos dicotómico entre ensino e aprendizagem, onde se desperte a *curiosidade científica*. Na sociedade pós-moderna esta *curiosidade* é fundamental para garantir o bem-estar de *jovens com saúde*³, onde a educação e a pedagogia desempenham um papel essencial.

³ A expressão «jovens com saúde» foi retirada do título - *Jovens com saúde. Diálogo com uma geração*, do livro de Margarida Matos e Daniel Sampaio (2009), onde debatem alguns dos processos que podem ser responsáveis pela formação de jovens saudáveis. Da interpretação destes processos reconhece-se de forma evidente o papel da informação e da curiosidade para garantir saúde e bem-estar, entendidos em sentido lato.

2. Contextualização científico-pedagógica do tema ácido-base

Nas sociedades contemporâneas impregnadas pelos avanços nas áreas das ciências e da tecnologia, a posição da educação para as ciências adquire um papel essencial na formação dos indivíduos, no sentido de que possam ter capacidades para interpretar o mundo que os envolve e agir consciente e cientificamente com base em informação (Rodrigues e Martins, 2005). Pedrosa e Henriques (2003), afirmam que o acompanhamento de debates públicos que versem temas da atualidade e o manuseamento de conhecimento científico e tecnológico para proveito próprio ou do contexto social dependem do domínio de um bom nível de educação em ciências. Esta é mobilizável para gestos e comportamentos quotidianos pessoais como a escolha de produtos alimentares, a opção por determinada dieta, eletrodoméstico ou automóvel. Ao mesmo tempo, pode ser reconhecida através de comportamentos pró-sociais: poupança de energia elétrica, separação seletiva do lixo doméstico, reciclagem, utilização do automóvel para longas distâncias.

A educação identificável naqueles momentos tem que ser dirigida para o desenvolvimento daquilo que é apelidado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) de literacia científica, isto é, para a criação de cidadãos cientificamente literados (OCDE, 2003). O conceito de literacia científica tem influenciado reformas educativas por todo o mundo (Bybee, 1997a), embora, apesar de ser uma das premissas mais promovida pela educação em ciências (Bybee, 1997b, Laugksch, 2000), a sua definição e operacionalização ainda permaneçam envoltas em controvérsias (Shamos, 1995). Shamos (idem) sustenta a existência de diferentes níveis de literacia científica:

1. a literacia científica cultural, a forma mais simples, detida pela maioria dos adultos escolarizados, que acreditam possuir algum conhecimento no âmbito das ciências;
2. a literacia científica funcional, com a qual os indivíduos ultrapassam o conhecimento do vocabulário e dos conteúdos das ciências, sendo capazes de ler e escrever corretamente usando os termos científicos, mas também de dialogar utilizando um vocabulário científico correto;
3. a literacia científica verdadeira, a mais difícil de alcançar, uma vez que exige que os indivíduos conheçam todo o processo de construção do conhecimento científico.

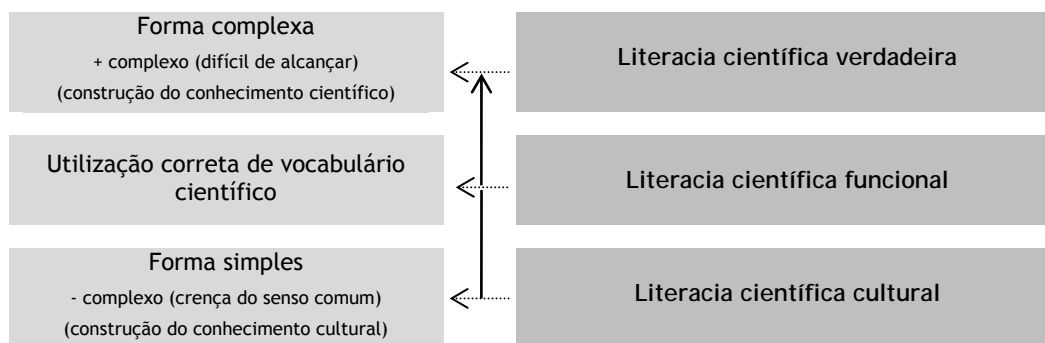


Figura 1 - Diferentes níveis de literacia científica.

Tendo em consideração a diversidade e particularidade das diferentes áreas das ciências, segundo Shamos (1995) a literacia científica é um mito. Só uma pequena percentagem de indivíduos consegue alcançar o último nível de literacia científica. Bybee (1997a) afirma a existência de ligação direta entre:

- uma literacia científica e tecnológica nominal, no espaço da qual os identificam os conceitos científicos, mas detêm reduzidos conhecimentos sobre estes; e
- uma literacia científica e tecnológica multifuncional, em que os indivíduos detêm um vasto conhecimento sobre os conceitos, os processos e os valores das ciências e tecnologia. Assim, são capazes de estabelecer ligações com áreas científicas, entre as ciências e a tecnologia e com os diversos assuntos sociais e culturais.

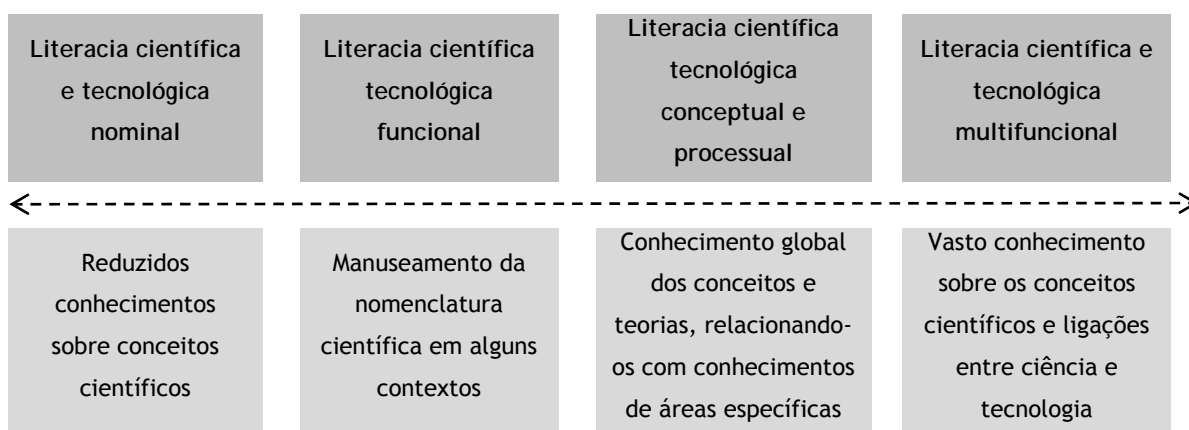


Figura 2 - Tipos de literacia científica e tecnológica.

Entre estas duas esferas, existem ainda outras duas:

- literacia científica tecnológica funcional, entendida por Bybee (1997a) como a capacidade de utilizar nomenclatura científica num conjunto limitado de contextos. Por exemplo, um indivíduo manifesta-se capaz de realizar a leitura de uma notícia científica, identificar conceitos científicos e relacioná-los com a área do conhecimento em que se encontram inscritos;
- literacia científica tecnológica conceptual e processual, para o mesmo autor, caracteriza-se por um conhecimento global dos conceitos e teorias mais alargadas das ciências e pela capacidade de os relacionar com os conhecimentos específicos de uma determinada área científica.

Na perspetiva de Bybee (ibidem), um indivíduo pode encontrar-se em níveis distintos de literacia científica, dependendo das áreas científicas, condicionado pelo:

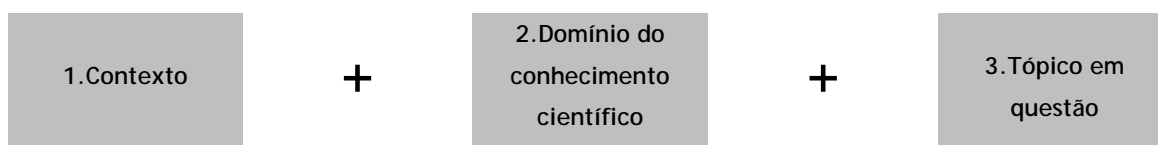


Figura 3 - Condições de que depende o nível de literacia científica.

Tendo em consideração a existência de várias definições de literacia científica, a OCDE (2003:2) estruturou uma, que se apresenta de seguida: «A capacidade para usar o conhecimento científico como uma ferramenta para identificar as questões e as conclusões baseadas em evidências no sentido de entender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e sobre as mudanças do mesmo, provocadas pela ação humana». Mais recentemente, no âmbito do PISA 2006, a OCDE (2006) complementou esta definição com aspetos relacionados com o conhecimento da relação existente entre as Ciências e a Tecnologia e com as atitudes dos alunos face a assuntos científicos e tecnológicos relevantes. Com esta redefinição, a OCDE (2006) procura sublinhar que a literacia científica tem um significado que ultrapassa o conhecimento sobre factos e conceitos científicos. Supõe: o conhecimento dos conceitos científicos básicos; o das limitações do conhecimento científico e da natureza das Ciências, enquanto atividade humana; e a capacidade para o usar em diferentes contextos.

Ainda segundo a OCDE (2003, 2006) a literacia científica não pode ser perspetivada como um conceito com um sentido duplo, isto é, dicotómico. Desta forma, não é correto classificar as pessoas como cientificamente literadas ou cientificamente iliteradas. Segundo Bybee (1997a), por oposição esta classificação errónea, existe uma evolução desde uma forma de literacia científica menos desenvolvida até uma forma mais elaborada. Por exemplo:

- uma pessoa com literacia científica menos desenvolvida pode conhecer conceitos, factos e terminologia científica, e ao mesmo tempo ser capaz de usar o conhecimento científico para produzir e apreciar conclusões;
- um indivíduo com um nível de literacia científica mais elevado, manifesta-se capaz de estruturar e utilizar modelos conceptuais simples para efetuar conjeturas ou dar explicações sobre um tema científico, sendo ao mesmo tempo capaz de os manusear e expor com precisão;
- com um nível de literacia científica ainda superior, uma pessoa é capaz de interpretar investigações científicas, de utilizar resultados como provas para avaliar perspetivas alternativas e suas implicações, revelando também capacidade para expor as suas avaliações com exatidão.

Percebe-se então que existem vários fatores que explicam a ausência de consenso entre a comunidade científica, na operacionalização de uma única definição para o conceito de literacia científica. Nesta comunidade reconhece-se a existência de grupos de interesses com formas de pensar particulares (Laugksch, 2000), que destacam os aspetos que consideram mais relevantes a partir da perspetiva da área em que trabalham. Sob esta linha de argumentação é possível afirmar-se a impossibilidade de encontrar uma definição única para literacia científica, uma vez que se trata um conceito cuja definição depende do contexto em que é considerado. Assim, apesar da considerável diversidade de significados que o conceito de literacia científica tem, Kachan *et al.* (2006) defendem que muitas das definições de literacia científica, especificamente as mais atuais, têm aspetos em comum:

- todas apresentam a literacia científica como um conceito que essencialmente implica um entendimento funcional e conceptual das ciências. Neste sentido, o conceito deve esclarecer aquilo que a população em geral deve saber sobre as ciências, de forma a viver com qualidade de vida e em equilíbrio com o mundo natural,
- seguindo a perspetiva anterior, o ensino formal das ciências ao nível da escolaridade obrigatória deve promover uma formação que estimule a motivação dos alunos para o estudo das ciências, de modo a que adquiram um conhecimento geral das ideias e dos processos das ciências, ligados com a explicação da sua utilidade e da sua ligação ao quotidiano (Millar e Osborne, 1998);
- o desenvolvimento deste tipo de conhecimento, no ensino formal, exige que as ciências sejam contextualizadas e humanizadas, de maneira a motivarem mais facilmente o gosto dos alunos pelo seu estudo (Cachapuz *et al.*, 2002), e a manterem o seu interesse por estudar ciências ao longo da vida, formal ou informalmente (DeBoer, 2000).

No âmbito deste projeto sobre *Recursos educativos na exploração do tema ácido-base e o desenvolvimento da curiosidade científica*, adotaram-se várias estratégias no âmbito do ensino experimental para a educação em ciências, com o objetivo de promover a literacia científica, sem que o ensino formal vise a formação de peritos em assuntos específicos, capazes de dominar leis e teorias científicas (Santos e Valente, 1997). Em alternativa a esta formação focada na formação de especialistas, procura-se neste exercício demonstrar as virtualidades de um ensino focado na formação de cidadãos: competentes para agirem em contextos sociais (Pedrosa e Mateus, 2001); e preparados para tomar decisões razoáveis e racionais, perante situações problemáticas (Santos e Valente, 1997).

Os espaços de ensino-aprendizagem funcionais no sentido do despertar da *curiosidade científica*, estão impregnados de pressupostos orientadores que visam a formação de alunos capazes de interpretar temas com uma componente científica, revelados através dos meios de comunicação social ou outros, assim como de apresentar essa interpretação a partir de uma perspetiva pessoal fundamentada, e de fortalecer a formação no sentido do *self-empowerment* ao longo da vida (Millar e Osborne, 1998). Esta última capacidade ou competência é o resultado de uma formação escolar através da qual os alunos aprendem a aprender. É neste processo que se pode reconhecer a importância do papel dos recursos educativos, onde se pode disseminar a *curiosidade científica* como estratégia de (des)envolvimento. O Currículo Nacional do Ensino Básico (CNEB) Português também reconhece que as sociedades contemporâneas são crescentemente exigentes e reclamam cidadãos que: «demonstrem flexibilidade, capacidade de comunicação e uma capacidade de aprender ao longo da vida» e detenham «um conhecimento e compreensão suficientes para entender e seguir debates sobre temas científicos e tecnológicos e envolver-se em questões que estes temas colocam, quer para eles enquanto indivíduos, quer para a própria sociedade como um todo» (DEB, 2001:129).

Segundo o documento referido antes, a literacia científica é um eixo fundamental da formação dos alunos como cidadãos capazes de exercer os direitos e deveres cívicos. No sentido da dinamização da literacia científica no ensino das ciências, o DEB (2001) defende que é fundamental o desenvolvimento de um conjunto de competências em domínios distintos: do conhecimento; do raciocínio; da comunicação; e das atitudes. Ao manifestar a pretensão em apoiar o desenvolvimento da literacia científica dos alunos, garantindo que a suas aprendizagens decorram de acordo com os seus ritmos diferenciados (DEB, 2001:4), é explícita a preocupação manifestada pelo CNEB com o desenvolvimento de competências que permita a aprendizagem ao longo da vida dos alunos e a defesa de um ensino que, ao longo da escolaridade obrigatória, permita ao aluno aprender a aprender.

2.1. Contextualização científica

2.1.1. Ácidos e bases: evolução histórica dos conceitos

Ao longo da História da Química, os químicos têm classificado materiais e substâncias segundo as suas propriedades, com a finalidade de sistematizar o seu estudo. Verificaram que as soluções aquosas de algumas substâncias tinham um sabor azedo, a que chamaram ácidos (do latim, *acidus*) e outras que tinham um sabor amargo e eram escorregadias ao tato, que denominaram de bases, antigamente designadas por *álcalis* (do árabe, *al kali*, que significa cinzas). Verificaram também que existe outra propriedade que permite identificá-las, nomeadamente, a capacidade de alterar a cor de certos extratos de plantas, e que tanto os ácidos como as bases conduzem a corrente elétrica, isto é, são eletrólitos, substâncias que, em solução, dão origem a iões e, por isso, conduzem a corrente elétrica. Todos os ácidos têm propriedades comuns, assim como as bases. Apresentam-se de seguida as propriedades gerais dos ácidos e bases (Chang, 1998):

Tabela 1 - Propriedades Gerais dos Ácidos e Bases.

Ácidos	Bases
<ul style="list-style-type: none"> — Têm um sabor azedo, como exemplo, o vinagre deve o seu sabor ao ácido acético, e o limão, bem como os outros citrinos, contém ácido cítrico. — Causam mudanças de cor nos corantes vegetais, como exemplo, causam uma alteração na cor do tornesol de azul para vermelho. — Reagem com certos metais tais como o zinco, o magnésio e o ferro para produzir hidrogénio gasoso. — Reagem com carbonatos e bicarbonatos tais como Na_2CO_3, CaCO_3 e NaHCO_3 para produzir dióxido de carbono gasoso. — As soluções aquosas de ácidos conduzem eletricidade. 	<ul style="list-style-type: none"> — Têm um sabor amargo. — São escorregadias ao tato, como exemplo, os sabões que contêm bases, apresentam esta propriedade. — Causam mudanças de cor nos corantes vegetais, como exemplo, causam uma alteração na cor do tornesol de vermelho para azul. — As soluções aquosas de bases conduzem eletricidade.

O conceito ácido base foi evoluindo ao longo do tempo e deu origem a várias teorias ácido base que se apresentam de seguida. Robert Boyle caracterizava os ácidos como substâncias com sabor azedo, corrosivos e que mudavam a cor do tornesol (corante extraído dos líquenes) de azul para vermelho. As bases caracterizadas por serem escorregadias ao tato, mudavam o tornesol para azul e podiam combinar-se com os ácidos, tornando-se menos alcalinos (cit. por Simões *et al.*, 2011b). Joseph Priestley descobriu o gás HCl quando fazia reagir ácido sulfúrico concentrado com cloreto de sódio. Quando o HCl, se dissolveu na água formou-se uma solução tipicamente ácida à qual deu o nome de ácido muriático (ibidem).

Antoine Lavoisier afirmou que todos os ácidos possuíam na sua constituição oxigénio, como é o caso do ácido sulfúrico (H₂SO₄) e do ácido nítrico (HNO₃). Acreditava também que a acidez era causada pela presença de oxigénio no composto. A partir dos seus estudos inventou a palavra oxigénio, a partir do grego (*oxys* = azedo e *genes* = nascer), que significava “gerador de ácido” (ibidem). A limitação da teoria de Lavoisier é que não explicava como é que substâncias que não possuem oxigénio têm propriedades ácidas, como por exemplo o ácido clorídrico (Amaro, 2012). Humphry Davy questionava a teoria de Lavoisier, afirmando que o ácido clorídrico (HCl) não continha oxigénio e, no entanto, era um ácido. Rapidamente foram descobertos mais ácidos sem oxigénio como, o HBr, o HF e o HI (ibidem).

Justus von Liebig afirmou que os ácidos continham um ou mais “hidrogénios” que podiam ser substituídos por átomos metálicos para produzir sais. Esta definição foi válida até ao aparecimento da teoria de Svante Arrhenius, 50 anos mais tarde. De fato, a definição que estabeleceu ainda é compatível com as definições atuais (ibidem). Svante Arrhenius propôs que os sais se dissociavam quando se dissolviam em água, originando partículas a que deu o nome de iões. Três anos mais tarde, completou a sua ideia apresentando a primeira definição de ácido e base (Simões *et al.*, 2011b):

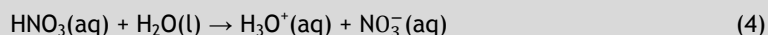
Ácido — Qualquer substância que em solução aquosa liberta iões hidrogénio (H ⁺). Dissociação do ácido:
$HA \rightarrow H^+ + A^-$ (1)
Base — Qualquer substância que em solução aquosa liberta iões hidróxido (OH ⁻).
$XOH \rightarrow X^+ + OH^-$ (2)

As limitações à teoria de Arrhenius prendem-se com as seguintes constatações: não conseguia explicar como é que os protões, sendo partículas extremamente reativas, conseguiam existir livres na água; não explicava como é que substâncias que não têm o ião hidróxido (por exemplo, NH₃) também podiam atuar como bases e contemplou apenas as reações que ocorrem em meio aquoso (Amaro, 2012). Johannes Brønsted e Thomas Lowry publicaram, no essencial, a mesma teoria acerca do comportamento dos ácidos e das bases. Como chegaram a conclusões independente um do outro, foi dado o nome de Brønsted e Lowry à teoria (Simões *et al.*, 2011b). Ambos concluíram que o fundamental nas reações ácido-base é a transferência de um protão, H⁺, de uma espécie para a outra. Contudo, a teoria apresentava uma limitação, não explicava por que motivo algumas soluções de metais de transição, por exemplo, Fe³⁺, tinham características ácidas (Amaro, 2012).

Segundo a teoria protónica de Brønsted e Lowry, um ácido é uma espécie química que cede um protão (H^+) (atualmente denominado de ião hidrogénio) e uma base é uma espécie química que recebe um protão (H^+) do ácido. Um dos contributos de Lowry diz respeito ao estado do ião hidrogénio em solução. Nos enunciados das respetivas teorias, Brønsted usava H^+ e Lowry H_3O^+ (Simões *et al.*, 2011b). O ácido nítrico é um ácido de Brønsted visto doar um protão em água:



Como os hidrogeniões (ou protões) estão hidratados em solução, são frequentemente representados por H_3O^+ , que é designado ião hidrónio. Deste modo, a ionização do ácido nítrico é melhor representada por (Chang, 1998):



Gilbert N. Lewis propôs um novo modelo para definir ácidos e bases (Simões *et al.*, 2011b):

- ácido de Lewis — qualquer substância que aceite um par de eletrões não ligantes (aceitador do par eletrónico).
- base de Lewis — qualquer substância que dá um par de eletrões não ligantes (dador do par eletrónico).

Exemplo:

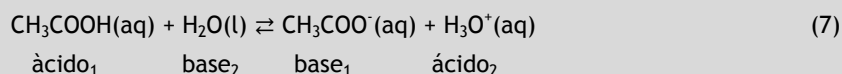


2.1.2. Reações ácido-base

Uma reação de ácido-base é uma reação em que há transferência de protões de um ácido HA (um dador de protões) para uma base B (um aceitador de protões), com formação das espécies conjugadas, ou seja, forma-se a base A^- conjugada do ácido HA e o ácido HB^+ conjugado da base B (Barros *et al.*, 2009).



O modelo de ácidos e de bases segundo Brønsted e Lowry produziu o conceito de par ácido-base conjugados. Em que ácido conjugado é o ácido formado quando a base aceita o ião H^+ , e base conjugada é a parte remanescente do ácido depois de dar o ião H^+ (Simões *et al.*, 2011b). Todo o ácido de Brønsted tem uma base conjugada, e toda a base de Brønsted tem um ácido conjugado. A ionização do ácido acético pode-se representar como:

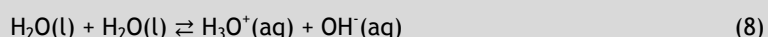


Neste caso, os pares ácido/base conjugados são: CH_3COOH/CH_3COO^- e H_3O^+/H_2O . Os índices 1 e 2 designam os dois pares ácido-base conjugados. A definição de Brønsted também permite classificar o amoníaco como uma base, devido à sua capacidade de aceitar um protão. Nesta

situação, NH_4^+ é o ácido conjugado da base NH_3 e OH^- é a base conjugada do ácido H_2O . Segundo Chang (1998) um caso menos claro é o de NaOH que, em sentido restrito, não se trata de uma base de Brønsted, pois não pode aceitar um protão. No entanto, o NaOH em solução aquosa ioniza-se completamente, o ião hidróxido (OH^-) que se forma nessa ionização é uma base segundo Brønsted, uma vez que pode aceitar um protão. Deste modo, quando se chama base a NaOH ou a qualquer hidróxido metálico, na realidade faz-se referência a espécies OH^- resultantes do hidróxido.

2.1.3. Propriedades ácido-base da água

A água é um solvente com características únicas. A água comporta-se numa reacções como ácido e noutras como base. Por exemplo, a água funciona como base em reacções com ácidos como, por exemplo, HCl e CH_3COOH , e funciona como um ácido em reacções com bases como, por exemplo, NH_3 . Espécies que em certas situações se comportam como ácidos e noutras como bases designam-se por espécies anfotéricas ou anfóteros. O comportamento de uma espécie anfotérica, está diretamente relacionado com as características da outra espécie com que vai reagir. Se esta tem mais capacidade de ceder protões do que a espécie anfotérica, a espécie anfotérica funciona como base. Se tem mais tendência do que a espécie anfotérica para aceitar protões, a espécie anfotérica funciona como ácido (Dantas e Ramalho, 2008). Como em muitos outros solventes, as moléculas de água reagem entre si, segundo uma reacção que se designa por auto-ionização ou auto-protólise da água. A água é um eletrólito muito fraco, ou seja, é um mau condutor da electricidade, no entanto ioniza-se numa pequena extensão:



No estudo de reacções ácido-base em soluções aquosas, a grandeza mais importante é a concentração do ião hidrogénio. A constante de equilíbrio da auto-ionização da água (equação (8)), K_c , exprime-se por:

$$K_c = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \quad (9)$$

Como apenas uma pequena fração de moléculas de água se ioniza, ou seja, muito pouco extensa, a concentração de água, permanece virtualmente inalterada.

$$K_c \times [\text{H}_2\text{O}] = K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] \quad (10)$$

Chama-se à constante de equilíbrio, K_w , produto iónico da água, que é o produto das concentrações molares dos iões H_3O^+ e OH^- a uma dada temperatura. Em água pura a 25°C , as concentrações dos iões H_3O^+ e OH^- são iguais entre si e iguais a $1,0 \times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$, sendo deste modo o produto iónico da água, a 25°C :

$$K_w = (1,0 \times 10^{-7}) \times (1,0 \times 10^{-7}) = 1,0 \times 10^{-14}$$

O equilíbrio da auto-ionização da água pode ser alterado por adição de ácidos ou bases. No entanto, a relação seguinte é sempre válida a 25 °C, tanto para a água pura como para uma solução com espécies dissolvidas (Chang, 1998):

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

Assim, em qualquer solução aquosa, à temperatura de 25 °C, sempre que $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$, diz-se que a solução aquosa é neutra. Por sua vez, quando uma solução é ácida $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ e quando uma solução é básica $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$.

2.1.4. pH — uma medida de acidez, de basicidade e de neutralidade

O pH é um parâmetro muito importante, não só quando aplicado à água, mas também em muitas outras situações. É comum ouvir-se falar no pH da nossa pele, no pH de um gel de banho ou no pH de um produto de limpeza. O pH de uma solução é uma medida da acidez, basicidade ou neutralidade, do mesmo modo que o metro é utilizado como uma unidade de medida de comprimento (Barros *et al.*, 2009). As soluções que normalmente se usam no laboratório são diluídas, sendo pequenas as concentrações em iões H_3O^+ e OH^- . Expressam-se, deste modo, na notação científica em potência de base 10 com expoente negativo. Contudo, o uso desta notação dificulta muitas vezes os cálculos. Em 1909, o bioquímico dinamarquês Soren Sorensen⁴, propôs uma medida mais prática chamada pH. O pH de uma solução é definido como o simétrico do logaritmo decimal da concentração de hidrogénios (em mol/L) (Chang, 1998):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (11)$$

Sendo que $\text{pH} = -\log([\text{H}^+] / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})$ ou $\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+] / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})$.

O termo $[\text{H}^+]$ na equação (11) diz respeito apenas à parte numérica da expressão da concentração do ião hidrogénio, pois não se pode determinar o logaritmo de unidades. Deste modo, tal como a constante de equilíbrio, o pH de uma solução é uma quantidade adimensional.

A escala de pH é uma escala logarítmica: a simples variação de uma unidade no pH, tanto no sentido do ácido como no da base, significa uma alteração de 10 vezes no nível de acidez ou de basicidade da solução. Repare-se que o pH aumenta à medida que a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ diminui. Embora a escala de pH seja de 0 a 14 (figura 4), o próprio Sorensen considerou a hipótese de esta escala ter extremidades abertas, já que admitia a existência de soluções de concentração fora dos valores vulgarmente por si utilizados.

⁴ Originalmente, Soren Peer Lauritz Sorensen (1868-1939) escreveu o símbolo como p_H e chamou a p o «expoente do ião hidrogénio» (*Wasserstoffionexponent*); é a inicial de *Potenz* (alemão), *puissance* (francês) e *power* (inglês). Nos dias de hoje é comum escrever o símbolo como pH.

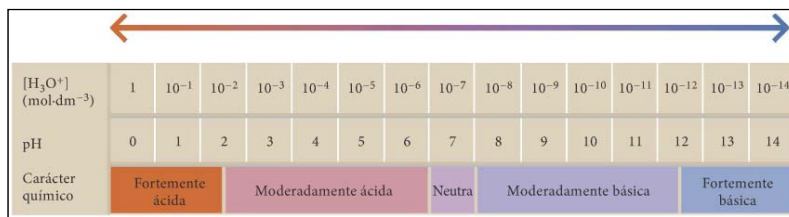


Figura 4 - Escala de pH de Sorensen (Dantas, 2008:135).

Sorensen já tinha conhecimento que a água “pura” tinha igual concentração de íões H⁺ e de íões OH⁻, à temperatura de 25 °C, e que outros cientistas tinham determinado também a concentração de íões H⁺, numa água “ácida” (solução de ácido clorídrico) e numa água “básica” (solução de hidróxido de sódio) (Simões *et al.*, 2011b). Dado que o pH é simplesmente uma forma de exprimir a concentração do ião hidrogénio, podem identificar-se os valores de pH das soluções ácidas e básicas a 25 °C (Chang, 1998):

soluções ácidas — [H⁺] > 1,0 × 10⁻⁷ mol·dm⁻³, pH < 7,00

soluções básicas — [H⁺] < 1,0 × 10⁻⁷ mol·dm⁻³, pH > 7,00

soluções neutras — [H⁺] = 1,0 × 10⁻⁷ mol·dm⁻³, pH = 7,00

No laboratório, o pH é medido com um medidor de pH. Como curiosidade, o primeiro aparelho de pH eletrónico foi inventado, em 1934, por Arnold O. Beckman, a pedido dos produtores locais de fruta, para avaliar a acidez dos citrinos (Simões *et al.*, 2011b). Também pode conceber-se uma escala de pOH análoga à escala de pH usando o simétrico do logaritmo da concentração do ião hidróxido. Assim, pode definir-se pOH como (Chang, 1998):

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \quad (12)$$

Considerando novamente o produto iónico da água:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = K_w = 1,0 \times 10^{-14}$$

Dado que o logaritmo de um produto é igual à soma dos logaritmos dos fatores, multiplicando o simétrico do logaritmo a ambos os membros da equação, obtém-se:

$$\begin{aligned} -(\log [\text{H}_3\text{O}^+] + \log [\text{OH}^-]) &= -\log(1,0 \times 10^{-14}) \\ -\log [\text{H}_3\text{O}^+] - \log [\text{OH}^-] &= 14 \end{aligned}$$

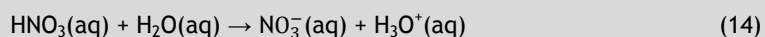
Das definições de pH e pOH vem:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad (13)$$

A equação (13) representa outra forma de exprimir a relação entre a concentração do ião H⁺ e a concentração do ião OH⁻.

2.1.5. Forças relativas de ácidos e de bases

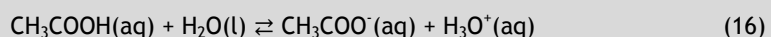
Quando se dissolve um ácido em água, dependendo da natureza do ácido, pode haver ionização de algumas ou de todas as suas moléculas. A força de um ácido é determinada pelo grau de ionização das suas moléculas. Quando se dissolve ácido nítrico, HNO_3 , em água, este ioniza-se completamente, ou seja, todas as moléculas se ionizam. Deste modo, diz-se que o ácido nítrico é um ácido forte, sendo a reação muito extensa, ocorrendo completamente (Paiva *et al.*, 2004):



Na equação química (14) utiliza-se uma seta simples, por se tratar de uma reação completa. A força do ácido pode ser expressa através da constante de acidez, K_a , que diz respeito à ionização do ácido em água.

$$K_a = \frac{[\text{NO}_3^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HNO}_3]} \quad (15)$$

Dado que se trata de um ácido forte, o valor desta constante para esta reação é muito elevado, uma vez que a força de um ácido pode ser expressa através da constante de acidez, K_a . Quanto maior for a constante de acidez, mais forte será o ácido. Na definição de constantes de equilíbrio convencionou-se que a concentração de líquidos puros é um. No caso apresentado, a água está praticamente pura, pelo que se considera a sua concentração igual a um, deste modo, não aparece na constante de equilíbrio. O ácido acético (CH_3COOH), por exemplo, é um ácido fraco, ou seja, quando se dissolve uma determinada porção de ácido acético em água, apenas algumas moléculas são ionizadas. Neste caso, a reação é pouco extensa, ocorrendo também no sentido inverso:



A constante de acidez é expressa por:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (17)$$

Devido ao fato de a reação (16) ser pouco extensa, a constante de equilíbrio tem um valor baixo, $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$. Outra forma de estudar a força de um ácido é através da medida da sua percentagem de ionização (ou grau de ionização) (Chang, 1998):

$$\text{Percentagem de ionização} = \frac{\text{concentração de ácido ionizado no equilíbrio}}{\text{concentração inicial de ácido}} \times 100 \% \quad (18)$$

Quanto mais forte for o ácido, maior é o seu grau de ionização. Deste modo, verifica-se que a força dos ácidos pode variar bastante, devido a diferenças no grau de ionização, e a ionização limitada dos ácidos fracos está relacionada com a constante de equilíbrio de ionização.

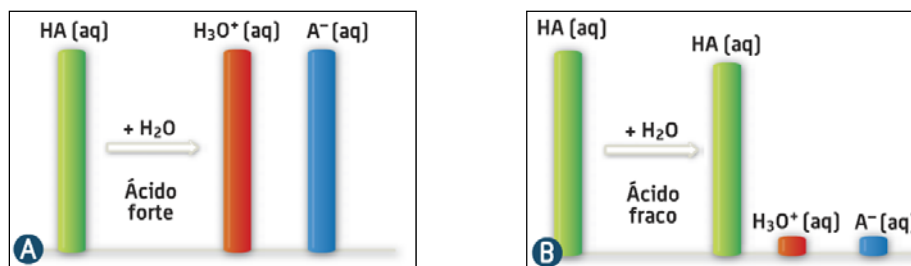
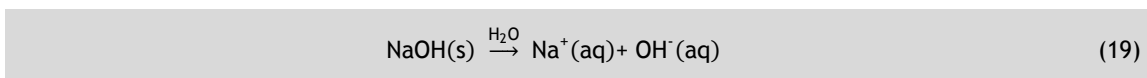
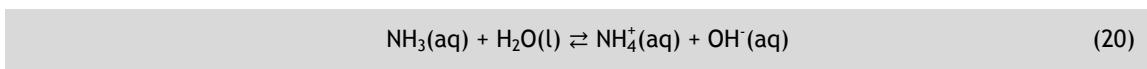


Figura 5 - Extensão da ionização de (A) um ácido forte que sofre 100% de ionização e (B) um ácido fraco (Barros *et al.*, 2009).

Para ácidos de concentração semelhante, quanto maior é o grau de ionização, mais forte é o ácido. De acordo com o Princípio de *Le Châtelier*, quanto mais diluída for uma solução de ácido (maior concentração de H₂O), maior é o grau de ionização. Analogamente, para bases de concentrações semelhantes, quanto mais elevado for o grau de ionização mais forte é a base. As bases também podem ser fortes ou fracas. Por exemplo, uma base forte, o NaOH, já que a sua dissociação é completa (Paiva *et al.*, 2004):



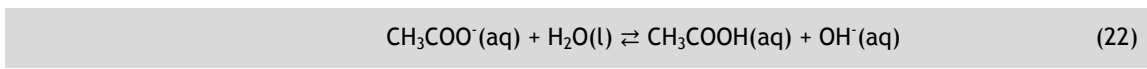
Salienta-se que ionização é quando não existem íões na composição da substância e dissociação quando existem íões na composição da mesma. Uma base fraca é o amoníaco, tem-se novamente uma seta de equilíbrio em vez de uma seta simples:



A força de uma base pode ser expressa pela constante de basicidade, K_b , que fornece informação sobre a extensão da ionização da base. A constante de basicidade para a reação anterior será:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad (21)$$

Dado que a reação (20) é pouco extensa, o valor de K_b é baixo - $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$. Assim como se escreveu a expressão para K_a , relativa à ionização do ácido CH₃COOH, também é possível escrever K_b para a reação da sua base conjugada (CH₃COO⁻) com a água. A equação da reação é a seguinte:



Analisando a reação constata-se o fato do CH₃COO⁻ se comportar como uma base. A respetiva constante de basicidade, K_b , será:

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \times [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad (23)$$

Os ácidos fortes possuem constantes de acidez elevadas, assim como as bases fortes possuem constantes de basicidade elevadas. Quanto mais forte é um ácido, mais fraca é a sua base

conjugada e vice-versa. As constantes de acidez e de basicidade de ácidos e bases conjugadas estão relacionadas através da expressão:

$$K_a \times K_b = K_w \quad (24)$$

Na figura seguinte encontram-se as constantes de ionização, para alguns ácidos e bases, vulgarmente utilizados, à temperatura de 25°C. Pela análise da figura, verifica-se que a distinção entre ácidos fortes e fracos e entre bases fortes e fracas, pode relacionar-se com as constantes de ionização/dissociação respetivas.

Ácido	Reação de ionização	K_a
Ácido clorídrico	$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$	elevada
Ácido nítrico	$HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$	elevada
Ácido sulfúrico	$H_2SO_4 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + HSO_4^-$	elevada
Ácido sulfuroso	$H_2SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HSO_3^-$	$1,7 \times 10^{-2}$
Íão hidrogenossulfato	$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + SO_4^{2-}$	$1,3 \times 10^{-2}$
Ácido fosfórico	$H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + H_2PO_4^-$	$7,1 \times 10^{-3}$
Ácido fluorídrico	$HF + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + F^-$	$6,7 \times 10^{-4}$
Ácido nítrico	$HNO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_2^-$	$5,1 \times 10^{-4}$
Ácido acético	$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_2H_3O_2^-$	$1,8 \times 10^{-5}$
Ácido carbónico	$H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HCO_3^-$	$4,4 \times 10^{-7}$
Ácido cianídrico	$HCN + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CN^-$	$4,9 \times 10^{-10}$
Íão amónio	$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NH_3$	$5,7 \times 10^{-10}$
Íão hidrogenocarbonato	$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-}$	$4,7 \times 10^{-11}$
Íão hidrogenofosfato	$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + PO_4^{3-}$	$3,6 \times 10^{-13}$
Água	$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO^-$	$1,0 \times 10^{-14}$
Base		K_b
Íão óxido	$O^{2-} + H_2O \rightarrow 2 HO^-$	elevada
Íão amideto	$NH_2^- + H_2O \rightarrow NH_3 + HO^-$	elevada
Metilamina	$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + HO^-$	$5,0 \times 10^{-4}$
Amoníaco	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + HO^-$	$1,8 \times 10^{-5}$

Figura 6 - K_a e K_b de alguns ácidos e base mais vulgares (Simões *et al.*, 2011b:111).

A força de um ácido não deve ser confundida com o pH de uma solução. Um ácido pode ser forte e por isso ionizar-se completamente, mas se estiver muito diluído a sua concentração de íões H_3O^+ em solução é baixa. Deste modo, o valor do seu pH praticamente não se altera, não sendo por isso a solução de um ácido forte necessariamente corrosiva. Por outro lado, um ácido pode ser fraco e no entanto ser corrosivo, basta que esteja muito concentrado, o mesmo se passa com as bases. Simultaneamente, uma solução de um ácido forte conduz melhor a corrente elétrica do que uma solução com a mesma concentração de um ácido fraco, contudo, se esta última tiver maior concentração pode ser melhor condutora.

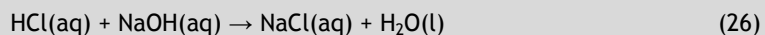
2.1.6. Volumetria de ácido-base

Volumetria ácido-base, também designada de titulação ácido-base, é uma técnica laboratorial que se utiliza em análise química quantitativa. O objetivo de uma análise volumétrica ou volumetria consiste na determinação rigorosa da concentração de uma solução. Estudos quantitativos de reações de neutralização são geralmente efetuados utilizando uma titulação ácido-base. Deste modo, uma reação ácido-base é, muitas vezes utilizada no laboratório como ponto de partida para a determinação rigorosa da concentração desconhecida de uma solução (ácida ou alcalina). Uma reação ácido-base, também denominada de reação de neutralização, é como já foi referido, uma reação entre um ácido e uma base. As reações

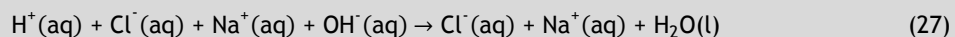
ácido-base em meio aquoso são geralmente caracterizados pela seguinte equação (Chang, 1998):



Um sal é um composto iônico formado por um catião (exceto o H^+) e um anião (exceto OH^- ou O^{2-}). Todos os sais são eletrólitos fortes. O sal de mesa ou das cozinhas, é um exemplo de sal, sendo um produto de uma reação ácido-base (Chang, 1998):



Como no exemplo apresentado, tanto o ácido como a base são eletrólitos fortes, estes compostos estão completamente ionizados em solução. A equação iônica é a seguinte:



A reação pode ainda ser representada pela equação iônica efetiva, dado que tanto o Na^+ como o Cl^- são íons espetadores:



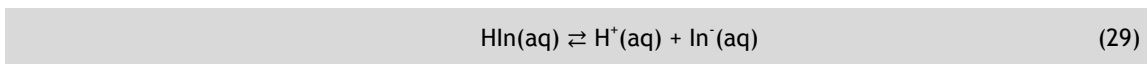
Se a reação apresentada (26) começasse com quantidades equimolares de ácido e base, no final da reação obtinha-se apenas um sal, não restando nenhum ácido ou base. Esta é uma característica das reações de neutralização ácido-base. Numa titulação adiciona-se, lentamente e com agitação, o titulante (solução colocada na bureta) ao titulado (solução colocada no *erlenmeyer*) até se detetar uma variação brusca de uma propriedade física ou química, resultante da reação completa, entre o titulante e o titulado. Para se realizar uma titulação há três aspetos essenciais a considerar (Simões *et al.*, 2011b):

1. o conhecimento da reação química, que deve ser única, rápida e completa;
2. a medição rigorosa de volumes (da solução padrão (solução de concentração rigorosamente conhecida) e/ou da solução a analisar) e de massas (da substância primária (substância com um grau de pureza muito elevado e estável) e/ou da amostra a analisar);
3. a deteção do ponto final da titulação é feita através da variação brusca de uma propriedade (física ou química) do titulado, que deve ser facilmente detetável.

Conhecendo a estequiometria da reação, os volumes das soluções utilizadas e uma das concentrações, é possível determinar a outra concentração. Deste modo, a adição de titulante deveria parar quando os reagentes estivessem nas proporções estequiométricas, ou seja, no ponto de equivalência. O volume de titulante correspondente seria o volume equivalente (V_e). O ponto de equivalência é a altura da titulação em que o titulado reagiu completamente com o titulante. Numa reação ácido-base, o ponto de equivalência atinge-se quando as quantidades de ácido e base estão nas proporções estequiométricas da reação, evidenciadas pela respetiva equação química. Dado que o ponto de equivalência é difícil de

determinar em termos operacionais, experimentalmente, determina-se o ponto final da titulação e o volume medido, na bureta que corresponde ao volume final (V_f). O ponto final raramente coincide com o ponto de equivalência, correspondendo a um ligeiro excesso (ou defeito) do volume de titulante adicionado. Designa-se por erro de titulação a menor diferença possível entre o ponto de equivalência e o ponto final (Simões *et al.*, 2011b). À medida que se vai adicionando o titulante ao titulado, o pH desta solução vai variando, perto do ponto de equivalência há uma variação brusca de pH. A deteção do ponto final pode ser realizada através de um: indicador colorimétrico de ácido-base (método colorimétrico); medidor de pH (método potenciométrico).

Um indicador é usualmente um ácido (ou uma base) orgânico fraco que apresenta cores diferentes nas formas ionizada e não ionizada, sendo que estas duas formas estão relacionadas com o pH da solução em que o indicador é dissolvido. Nem todos os indicadores mudam de cor no mesmo valor de pH, desta forma a escolha de um indicador para uma dada titulação depende da natureza do ácido e da base utilizados na titulação. Considerando-se um ácido monoprótico fraco, HIn, que atua como indicador, em solução (Chang, 1998):



Se o indicador estiver num meio suficientemente ácido, segundo o princípio de *Le Châtelier*, o equilíbrio desloca-se para a esquerda e a cor predominante do indicador é a da forma não ionizada (HIn). Por sua vez, num meio básico o equilíbrio desloca-se para a direita e predomina a cor da base conjugada (In^-). De modo a prever a cor que o indicador irá apresentar podem usar-se os seguintes quocientes entre concentrações:

$$\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} \geq 10 \text{ predomina a cor do ácido (HIn)}$$

$$\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \geq 10 \text{ predomina a cor da base conjugada (In}^-)$$

$[\text{HIn}] \approx [\text{In}^-]$ a cor do indicador é uma combinação das cores de HIn e In^- .

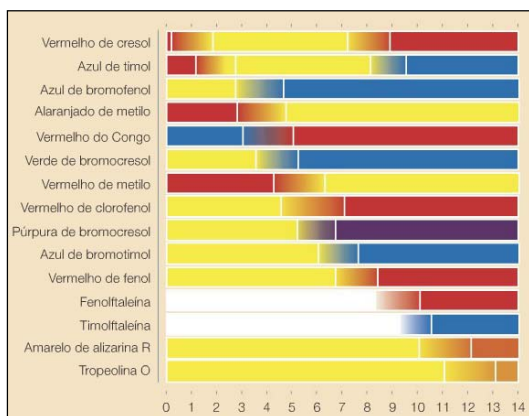


Figura 7 - Cor e zona de viragem de indicadores ácido-base (Paiva *et al.*, 2004:126).

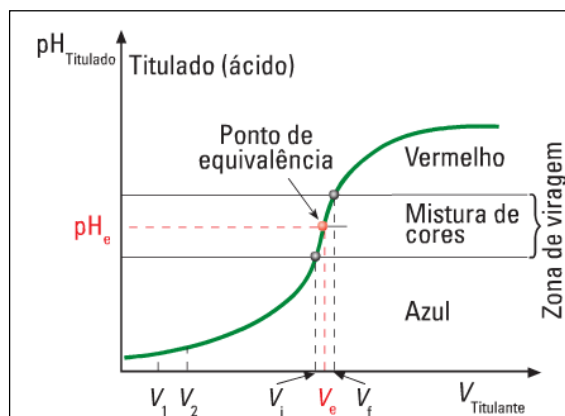


Figura 8 - A visualização da mudança de cor de um indicador exige uma variação brusca de pH (Corrêa *et al.*, 2013).

Assim, para cada indicador ácido-base está definido um intervalo de valores de pH designado por zona de viragem, em que o indicador apresenta uma cor correspondente à mistura das cores ácida e alcalina. O critério na escolha de um indicador apropriado a uma dada titulação é a coincidência entre a gama de pH em que o indicador muda de cor e a zona abrupta das curvas de titulação. Se este critério não for satisfeito, o indicador não identificará o ponto de equivalência com exatidão.

2.2. Enquadramento pedagógico e curricular

A Direção-Geral da Educação (DGE), tem por missão assegurar a concretização das políticas relativas à componente pedagógica e didática da educação pré-escolar, dos ensinos básico e secundário e da educação extraescolar. Uma das suas atribuições é desenvolver os currículos e os programas das disciplinas e as orientações relativas às áreas curriculares não disciplinares, bem como propor a respetiva revisão em coerência com os objetivos do sistema educativo. Os currículos do Ensino Básico e Secundário dizem respeito ao conjunto de aprendizagens a desenvolver pelos alunos de cada curso de nível básico e secundário, de acordo com os objetivos consagrados na Lei de Bases do Sistema Educativo⁵.

2.2.1. O tema ácido-base no ensino básico

Através de experiências educativas diferenciadas, que a escola deve proporcionar aos alunos no processo de ensino-aprendizagem, que vão ao encontro dos seus interesses pessoais e estejam em conformidade com o que se passa à sua volta, preconiza-se o desenvolvimento de competências específicas em diferentes domínios, como o do conhecimento, do raciocínio, da comunicação e das atitudes. De salientar que as competências não devem ser entendidas cada uma por si, mas no seu conjunto, desenvolvendo-se em simultâneo e de uma forma transversal na exploração das experiências educativas, não deixando de se atender ao nível etário dos alunos. Para o desenvolvimento das competências definidas é proposto o ensino das ciências nos três ciclos do ensino básico em torno de quatro temas organizadores: *Terra no espaço; Terra em transformação; Sustentabilidade na Terra; Viver melhor na Terra.*

⁵ Lei de Bases do Sistema Educativo consultada através do site <http://www.dge.mec.pt/index.php> (acedido em 23-02-2013).

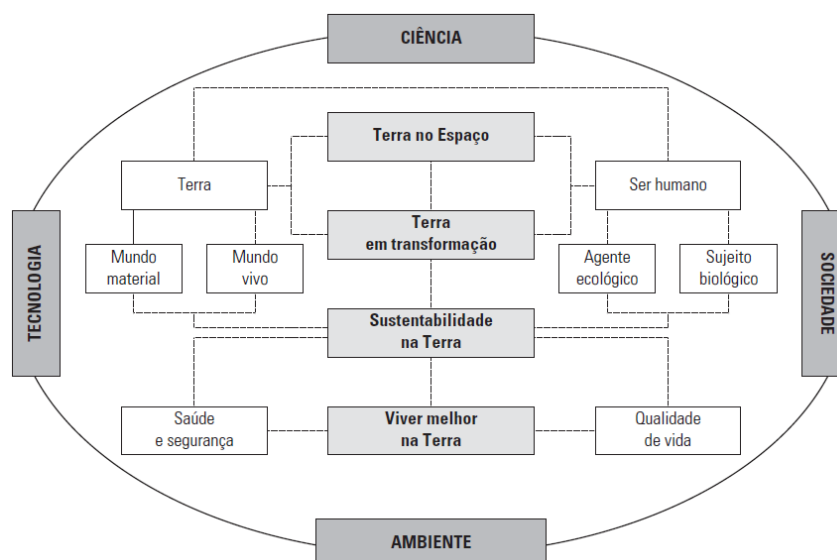


Figura 9 - Temas organizadores do ensino das ciências nos três ciclos do ensino básico.

A coerência conceptual e metodológica destes temas tem como ideia mais abrangente o esquema organizador apresentado na figura anterior. Este salienta a importância de explorar os temas numa perspectiva interdisciplinar, em que a interação ciência — Tecnologia — Sociedade — Ambiente deverá constituir uma vertente integradora e globalizante da organização e da aquisição dos saberes científicos.

Tabela 2 - Tabela resumo dos conteúdos e atividades laboratoriais do 3.º Ciclo do Ensino Básico, referentes ao tema Ácido-Base.

3.º Ciclo do Ensino Básico: 8.º ano	
Disciplina	Ciências Físico-Químicas
Conteúdos	Tema: Sustentabilidade na Terra Subtema: Reações Químicas
Atividades Laboratoriais (AL)	O programa curricular sugere: partindo de soluções do dia-a-dia (por ex., sumo de limão, vinagre, limpa-vidros amoniacal) realizar experiências usando vários indicadores para caracterizar soluções ácidas e básicas. Realizar uma experiência simples de ácido-base. Relacionar com situações comuns (por ex., a azia e o que se faz para a combater).

O tema *ácido-base*, insere-se nas orientações curriculares para o terceiro ciclo do ensino básico, do 8.º ano de escolaridade, no tema organizador *Sustentabilidade na Terra*, no qual «pretende-se que os alunos tomem consciência da importância de atuar ao nível do sistema Terra, de forma a não provocar desequilíbrios, contribuindo para uma gestão regrada dos recursos existentes» (Galvão *et al.*, 2001). No subtema *Reações Químicas* do tema *Sustentabilidade na Terra*, pretende-se que os alunos compreendam que a Química se refere ao modo como os materiais se transformam para originar outras substâncias: a matéria pode sofrer uma variedade de mudanças, rápidas ou lentas, espetaculares ou impercetíveis, com ou

sem libertação de calor. Perante estas transformações revela-se fundamental incentivar os alunos para que identifiquem reações químicas, no mundo à sua volta, assim como para apresentarem as suas evidências (mudanças de cor ou da temperatura, produção de gases ou de sólidos) que apoiam os seus resultados. Os conteúdos a desenvolver no âmbito do tema *ácido-base* são: soluções ácidas, básicas e neutras; indicador químico de ácido-base; escala de pH; e reações de ácido-base.

2.2.2. O tema ácido-base no ensino secundário

A água, solvente por excelência, faz parte de muitas reações químicas de elevada importância para o planeta. Torna-se portanto o fio condutor que une todo o programa da disciplina. O programa de Física e Química A do 11.º ano está organizado em duas Unidades (Martins *et al.*, 2003), focando-se aquela onde existe a exploração de conteúdos sobre ácidos-base: Unidade 2 — *Da Atmosfera ao Oceano: Soluções na Terra e para a Terra*. O tema *ácido-base* pode ser identificado nas seguintes subunidades que constituem esta Unidade: 2.1. *Água da chuva, água destilada e água pura*; 2.2. *Águas minerais e de abastecimento público: a acidez e a basicidade das águas*; e 2.3. *Chuva ácida*.

Tabela 3 - Tabela resumo dos conteúdos e atividades laboratoriais do 11.º ano do Ensino Secundário, referentes ao tema Ácido-Base.

Ensino Secundário: 11.º ano	
Disciplina	Física e Química
Conteúdos	Unidade 2: Da atmosfera ao oceano: soluções na terra e para a terra 2.1. Água da chuva, água destilada e água pura 2.2. Águas minerais e de abastecimento público: a acidez e a basicidade das águas 2.3. Chuva ácida
Atividades Laboratoriais (AL)	AL 2.1 Ácido ou base: uma classificação de alguns materiais AL 2.2 Chuva “normal” e chuva ácida AL 2.3 Neutralização: uma reação de ácido-base

O tema central da Unidade 2 são as *Águas na Terra*. As orientações do programa para esta unidade, referem que a componente *Ciência* a desenvolver é constituída por vários conceitos, leis e teorias, e diz genericamente respeito aos casos particulares do equilíbrio químico que são as reações ácido-base, de oxidação-redução e de solubilidade. As reações ácido-base são apenas consideradas na dimensão ácido forte-base forte. Como nestas reações resultam sais, surge a necessidade da revisitação da ligação química, usando o modelo da ligação iónica e as questões da nomenclatura com reforço na nomenclatura IUPAC dos sais. A componente *Tecnologia* prende-se essencialmente com os processos de gaseificação artificial das águas, com a dessalinização das águas do mar para obtenção de água potável e com os procedimentos para diminuir a dureza das águas calcárias. Outro objetivo sublinhado pelo

programa centra-se no perspetivar do problema da água como um dos maiores problemas do futuro, estando a componente *Sociedade* vinculada principalmente aos problemas:

- de abundância e escassez de água no mundo;
- de desenvolvimento dos encontros a nível mundial para tratar desta distribuição assimétrica e causadora de muitos conflitos e dos piores problemas de saúde à escala mundial;
- causados pela chuva ácida sobre o património natural e edificado, provocada pelas emissões de NO_x e SO_x e à responsabilidade de quem polui;
- de contaminação das águas;
- da água potável, através dos valores VMR e VMA, às diretivas comunitárias e à legislação portuguesa.

No nível seguinte do organograma do sistema educativo português, o 12.º ano, de acordo com os princípios da Reforma do Ensino Secundário, a disciplina de Química sucede à de Física e Química A, dos 10.º e 11.º anos, e orienta-se por princípios comuns, em particular os relativos à componente de Química (Martins *et al.*, 2004):

«O programa de carácter nacional, conforme estabelecido na estrutura curricular, permite, no entanto, a opção livre por tarefas, estratégias de exploração e metodologias de ensino conforme os interesses e desenvolvimento dos alunos, aspeto que pode ser encarado como uma forma de flexibilização com vista a uma melhor adequação aos interesses dos alunos e fator despoletador de motivação pelo estudo da Química. De facto, aquilo que se pretende nesta etapa final do Ensino Secundário é que muitos dos alunos que optaram por aceder à disciplina se interessem por continuar estudos na área.»

O Programa está sistematizado em três Unidades, abrangendo cada uma delas um tema específico, todos eles ligados ao tema genérico *Materiais, sua estrutura, aplicações e implicações da sua produção e utilização*. A seleção dos *Materiais* a focar em cada Unidade tem em conta regras de relevância: social (hábitos de consumo e estilos de vida); económica (indústrias associadas e seu valor acrescentado); cultural (característicos de diferentes épocas); histórica (motores de desenvolvimento tecnológico); ambiental (esgotamento de recursos e implicações para a qualidade do ambiente); ética (valores suscetíveis de serem desenvolvidos, por exemplo políticas contra o sobre-consumo); e científico (conceitos químicos centrais que permitem desenvolver).

O tema ácido-base insere-se nas orientações curriculares para o 12.º ano, na Unidade 1: Metais e ligas metálicas. A componente Ciência é constituída por vários conceitos, leis e teorias, em grande parte revisitados e desenvolvidos/ampliados, e por outros agora abordados pela primeira vez. No primeiro caso temos o equilíbrio ácido-base, revisitado, agora mais abrangente, visando a interpretação das reações entre ácidos fortes e bases fracas, ácidos fracos e bases fortes, ácidos fracos e bases fracas e do efeito tampão. Deste modo, os assuntos explorados são:

- interpretação de curvas de variação de pH em função do volume de titulante adicionado, em titulações de ácido forte-base forte (revisitação à abordagem do 11.º ano), ácido forte-base fraca e ácido fraco-base forte;
- efeito tampão;
- valor de pH no ponto de equivalência;
- diferença entre ponto final e ponto de equivalência na titulação e seleção do indicador apropriado.

Tabela 4 - Tabela resumo dos conteúdos e atividades laboratoriais do 12.º ano do Ensino Secundário, referentes ao tema Ácido-Base.

Ensino Secundário: 12.º ano	
Disciplina	Química
Conteúdos	Unidade 1: Metais e ligas metálicas 1.3. Metais, ambiente e vida
Atividades Laboratoriais (AL)	AL 1.6 Funcionamento de um sistema tampão (obrigatória) AL 1.4 Determinação do Ca^{2+} e Mg^{2+} em alimentos por formação de complexos. (Opcional, devem ser selecionadas pelo menos duas das AL: 1.1; 1.3; 1.4 e 1.7)

2.2.3. Concepções alternativas sobre o tema ácido-base

A interpretação das concepções alternativas dos alunos é reconhecida como um processo fundamental para a planificação das atividades pedagógicas, pois as ideias sobre conceitos centrais da química, acabam por não coincidir com as perspetivas científicas. Uma vez que a aprendizagem ou a ausência de apropriação de conhecimentos pode ser condicionada por aquilo que os alunos já sabem *à priori*, a atenção sobre as concepções alternativas desempenha um papel fulcral, pois a partir destas pode identificar-se que o aluno já sabe como fator isolado com mais impacto naquilo que aprende. Os autores Magalhães e Lemos (2008) e Simões *et al.* (2008) fazem referência às seguintes concepções alternativas relacionadas com ácidos e bases:

- Produz-se um gás durante a neutralização de ácido clorídrico com hidróxido de potássio.
- Produz-se mais hidrogénio na reação de um ácido forte com magnésio, por exemplo, do que com um ácido fraco, porque o ácido forte contém nas suas moléculas mais ligações a átomos de H.
- O sabor dos ácidos é amargo e apimentado.
- Todas as substâncias com cheiros fortes e marcados são ácidos.
- Todos os ácidos são fortes e “poderosos”.
- As substâncias ácidas não devem ser ingeridas.
- As substâncias que provocam queimaduras são todas ácidas.
- Os ácidos contêm excesso de iões hidróxido.

- Os frutos são alcalinos.
- Os solos não podem ser ácidos porque neles crescem coisas como os vegetais.
- Os ácidos fortes originam soluções de maior pH do que os ácidos fracos.
- Todos os ácidos são venenosos.
- Uma reação de um ácido qualquer com uma base qualquer origina sempre soluções neutras.
- Como os sais não têm grupos OH e a sua maioria não tem H na sua fórmula, as suas soluções não podem originar iões H^+ ou HO^- .
- Os ácidos são corrosivos, enquanto as bases não.
- Um ácido (ou uma base) não precisa de outra substância para revelar as suas propriedades.
- O valor de pH de uma solução é independente da temperatura.
- A escala de pH não tem valores menores do que zero nem maiores do que catorze.
- A água destilada tem pH igual a sete.
- A água destilada é a substância água pura.
- Na substância pura apenas existem moléculas de água, H_2O .
- A substância água é boa condutora da corrente elétrica.
- Se uma espécie é ácida em solução, não pode ter um ácido conjugado.
- Se uma espécie é básica em solução, não pode ter uma base conjugada.
- A constante de acidez de um ácido tem o mesmo valor que a constante de basicidade da sua base conjugada.
- O valor de pH do ponto de equivalência é sempre sete.
- No ponto de equivalência, a quantidade de ácido é sempre igual à quantidade de base.
- A chuva normal não é ácida.
- Só se formam chuvas ácidas nas zonas onde são produzidos os poluentes.
- Só os metais são afetados pelos ácidos.
- Todos os metais são afetados pelos ácidos.

A reflexão sobre a experiência na prática letiva, no que diz respeito às conceções alternativas que os alunos apresentaram, é feita no ponto 3.3.1. Regência — Volumetria de ácido-base e Atividade Laboratorial 2.3. Neutralização: uma reação ácido-base. As conceções alternativas acima referidas e outras identificadas pelos professores, colocam em evidência a necessidade de criar novas estratégias e novos recursos para otimizar o ensino/aprendizagem de conceitos associados ao estudo do tema ácido-base.

3. Recursos educativos na exploração do tema ácido-base

«Sem a atividade global e motivada, a aprendizagem seria impossível. Não se ensina um labirinto a um rato com uma trela, nem a escrita às crianças segurando-lhes a mão.»
(Guillaume cit. por Pinto *et al.*, 2004:330)

«Acredito que a educação é mais intensa e eficaz através do que é vivido e ouvido. (...) O que mais recordam os estudantes das escolas é tudo aquilo que viveram nelas. A forma como foram tratados, a coerência entre o discurso e a prática letiva dos professores...»
(Guerra, 2002:154)

A interpretação da conceção comeniana de didática, permite perceber algumas das problemáticas produzidas nos contextos da educação formal atual. Embora a palavra didática seja proveniente do verbo grego *didaskhein*, ou seja, ensinar, na argumentação de Coménio em a *Didática Magna*, percebe-se que esta é muito mais que a tarefa unilateral de transmitir conhecimento, de forma automática e rotineira, mas antes um conjunto de técnicas e meios utilizados para provocar nos alunos a aprendizagem. Entende-se então da didática comeniana que a verdadeira instrução depende de uma relação permanente entre ensino-aprendizagem, em que as técnicas de ensino e os recursos educativos terão que ter como finalidade proporcionar aos alunos a sua própria aprendizagem. Só o foco na aprendizagem, isto é, no envolvimento dos destinatários e das suas realidades socioculturais, poderá fazer com que nas escolas se reduza o barulho, o desprazer e o tédio, assim como o trabalho inútil. Da perspetiva Comeniana entende-se que aprender sem desejo é perder o desejo de aprender, sendo fundamental apoiar o recolhimento, assim como os progressos sólidos e atrativos. Enquanto processo «seguro e excelente», a didática tem que ser estruturada de forma reflexiva, fazendo perspetivar a ideia de que Coménio invoca muitos anos antes ideias de John Dewey (2002) sobre as relações entre *a escola e a sociedade* e entre *a criança e o currículo*. Segundo Dewey (idem: 67), o grande desperdício da escola está na sua incapacidade para utilizar as experiências que o aluno adquire fora dela «de um modo livre e completo», tal como no facto de esta não conseguir aplicar no seu quotidiano aquilo que aprende aqui: «O que constitui o isolamento da escola é o seu isolamento quanto à vida.».

Dewey apresenta uma perspetiva que se centra numa construção interativa da educação, em que todos os atores (escola, sociedade, criança e currículo) têm que desenvolver experiências que satisfaçam a necessidade de valorizar a capacidade de pensar dos alunos⁶. A questão que se pode colocar a partir de Dewey, é a do cariz pernicioso implícito que se pode associar aos modelos educativos claramente influenciados por modelos

⁶ Na defesa desta construção interativa da educação e no reconhecimento da importância do desenvolvimento de experiências que satisfaçam a necessidade de valorizar a capacidade de pensar dos alunos, podem também consultar-se as referências Bruner (1999) e Bruner (2000), identificadas na bibliografia.

tecnocêntricos, em que a tecnologia transforma o Homem num apêndice individualista dos instrumentos tecnológicos: «a mera absorção de factos e verdades (...) tende (...) a transformar-se em egoísmo» (Dewey, 2002:24). Para além da alienação produzida pela educação em função de sistemas e modelos produtivos, Dewey defende a preparação dos alunos para que questionem e problematizem a realidade, unindo teoria e prática, emergindo daqui um pragmatismo que apelidava de «instrumentalismo» (ibidem). Neste, a importância das ideias está necessariamente ligada com o seu papel como instrumento em utilizações sociais, para a resolução de problemas e satisfação de necessidades.

Segundo o autor é fundamental renovar a essência da escola através da introdução de «diversas formas de ocupação ativa», transformando-se numa «sociedade embrionária» (idem, 26) em que o aluno seja educado como um todo, dando ao relevo ao seu crescimento/desenvolvimento multidimensional: físico, emocional, intelectual e psicossocial (Albano, 2010). Só desta forma será possível desenvolver a imaginação e a compreensão solidária dos valores sociais e científicos (Soria, 2007). Tal como a formação pessoal está ancorada a diversos processos, fluindo entre estes, também o saber está em circulação, movendo-se ativamente sob os mais diversos e intensos estímulos intelectuais.

Da leitura de *A Escola e a Sociedade e A Criança e o Currículo* (Dewey, 2002) sobressai a defesa do princípio de que os alunos aprendem melhor ao realizarem tarefas associadas aos conteúdos a ensinar, nomeadamente, atividades manuais e criativas. Com o seu destaque no currículo, os alunos têm a oportunidade de ser estimulados a experimentar e a pensar por si próprias. Configurando o primado da experiência, esta não foca necessária e exclusivamente aquilo que se constrói a partir da escola, mas também o que alguns autores apelidam de *currículum escondido*. Daí a necessidade da escola ser vinculada ao meio social (Pinto *et al.*, 2000), respeitando as aptidões naturais dos educandos, e dinamizando uma pedagogia baseada na atividade espontânea, que satisfizesse as suas necessidades individuais.

No âmbito deste pragmatismo entende-se que o saber e habilidade do aluno devem ser integrados na sua vida como cidadão, pessoa, ser humano (Jares, 2007; Marques, 2008). Contra «O desperdício na educação» (Dewey, 2002:59), é nesta «sociedade em miniatura» que se pode estruturar uma oficina antropocêntrica, uma «escola ideal» (idem, 41), onde se faça de uma forma sistemática, ampla, inteligente e competente aquilo que na «maioria dos lares só pode ser feito numa maneira comparativamente mais pobre e ocasional» (Postic, 2007). Mais do que reproduzir de uma forma alienante a lógica dos *Tempos Modernos* na escola, onde tudo foi concebido apenas para que a criança ouça de forma passiva, no «laboratório educacional» (idem, 85) entende-se que se esta quiser descobrir alguma coisa tem que trabalhar sobre os objetos, alterando-lhe as suas condições. Edgar Morin (2000) descreve sete saberes fundamentais para uma educação do futuro, definindo-os como essenciais para que o sistema educativo se possa constituir como relevante e significativo. O autor chega mesmo a alertar para a necessidade de mudanças concretas neste sistema, nomeadamente: a implementação de estratégias que impeçam a fragmentação dos saberes; o

estímulo à reflexão sobre o valor e pertinência do que se ensina; a definição de um paradigma de relação circular entre as partes e o todo, e entre o simples e o complexo.

O ensino da química, através das atividades práticas, pode inverter a tendência para a atomização dos conhecimentos, as dificuldades para ligar as componentes de um todo e os fenómenos/conteúdos simples e complexos. A interpretação de cada um dos saberes reconhecidos como fundamentais por Morin, permite entender o alcance de cada uma das mudanças propostas. Com Edgar Morin (2000) são apresentados alertas sobre os saberes fundamentais que devem orientar a tarefa de educar, de onde sobressaem várias linhas de argumentação em defesa das atividades práticas como estratégias didáticas no ensino, nomeadamente:

- educar com *os riscos de conhecer o conhecimento*, reconhecendo-o pela sua fragilidade e focando-o como pedagogicamente incompleto, a necessitar de aperfeiçoamento que exige reflexividade, crítica e correção de erros;
- educar com *a racionalidade entre a penumbra do turbilhão de novidades*, pois perante a imensidão de informações pouco pertinentes e perniciosas, a educação deve promover uma «inteligência geral», construída a partir dos conhecimentos existentes e da sua crítica, filtrando o que é relevante;
- educar com *a certeza da incerteza*, uma vez que a incerteza é um dos principais predicados do futuro. Neste sentido, também Heidi e Alvin Toffler (2006) nos contextos de uma «revolução da riqueza», fazem referência aos limites do conhecimento como ativo intangível, assim como Ulrich Beck (1992) sobre a afirmação de uma «*risk society*», demonstra que a história se faz de percursos com atalhos e desvios.

3.1. A exploração do tema ácido-base nos manuais escolares

Neste ponto irá ser feita apenas uma pequena reflexão sobre a importância dos manuais escolares na exploração do tema ácido-base, assim como uma breve abordagem ao desenvolvimento da volumetria de ácido-base em três manuais escolares do 11.º ano do ensino secundário. Não será efetuada a análise completa à Unidade 2 — Da Atmosfera ao Oceano: Soluções na Terra e para a Terra, dado que esta poderia só por si resultar num outro relatório de estágio.

Como estabelece o Artigo 16.º da Lei n.º 47/2006, de 28 de Agosto e o Artigo 8.º da Portaria n.º 1628/2007 de 28 de Dezembro, a adoção de manuais escolares é o resultado do processo pelo qual a escola ou o agrupamento de escolas avalia a adequação dos manuais certificados ao respetivo projeto educativo⁷. Neste sentido, a análise/apreciação dos manuais escolares deve ser realizada de acordo com os critérios de apreciação constantes no site da

⁷ Artigo 16.º da Lei n.º 47/2006 e o Artigo 8.º da Portaria n.º 1628/2007 consultado através da ligação <http://www.dgisd.min-edu.pt/index.php?s=directorio&pid=63>.

Direção-Geral da Educação. No caso de manuais escolares não certificados, os docentes fazem uma apreciação de cada componente de análise específica, atribuindo uma menção qualitativa a cada uma dessas componentes. Com base na apreciação das referidas componentes de análise, os docentes atribuem uma referência qualitativa a cada uma das três componentes de análise globais: *Organização e Método*, *Informação e Comunicação* e *Caraterísticas Materiais*, sendo estas subdivididas nas componentes de análise específicas discriminadas em cada um dos três itens. Sublinha-se desde já que pelo trabalho desenvolvido ao longo da Prática de Ensino Supervisionado (PES), nomeadamente a análise de vários manuais de Física e Química, do 3.º ciclo do ensino básico e do secundário, foi possível constatar que a escolha de determinado manual, nem sempre é fácil. Das análises sobre estes recursos destacam-se dois pontos essenciais:

1. os manuais não são simples constructos que reproduzem de forma automática e direta os programas e orientações curriculares que a Direção-Geral da Educação produz, mas antes a interpretação que cada autor faz destas;
2. é possível encontrar diferentes formas e dimensões de exploração em relação ao mesmo tema em livros diferentes. Esta realidade implica uma estratégia de avaliação coerente e objetiva na seleção dos livros a serem adotados como material de apoio.

Como já foi referido, analisaram-se três manuais do 11.º ano do ensino secundário, da disciplina de Física e Química A, da componente de química, sobre o tema volumetria de ácido-base. A escolha deste tema é justificada com a regência de química que foi ministrada e desencadeou uma análise detalhada de alguns manuais (ver ponto 3.3.1.). A análise dos livros mostrou a importância de se conhecerem diferentes abordagens sobre um mesmo tema, permitindo que o trabalho do professor seja rico em possibilidades. À semelhança de anos anteriores, a Direção-Geral da Educação disponibiliza as listas de manuais por ciclo de ensino, ano de escolaridade e disciplina⁸. A tabela 5 apresenta a lista de manuais disponíveis no ano letivo 2013/2014, para a disciplina de Física e Química A, da componente de Química, para o 11.º ano.

Os três manuais analisados foram o *Química A11*, o *Jogo de Partículas 11* e *Química em Contexto 11*, sendo que este último foi o manual escolar adotado pela Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras, onde decorreu a PES.

⁸ As listas de manuais elencadas por ciclo de ensino, ano de escolaridade e disciplina disponibilizada pela Direção-Geral da Educação podem ser consultadas na ligação seguinte: <http://www.dgidc.min-edu.pt/index.php?s=directorio&pid=313#i>.

Tabela 5 - Lista de manuais disponíveis no ano letivo 2013/2014, para a disciplina de Física e Química A, da componente de Química, para o 11.º ano.

Título	Autores	ISBN	Editora
<i>Elementos 11 - Química A</i>	Jorge Magalhães	978-972-761-754-8	Santillana - Constância
<i>11 Q</i>	António José Ferreira Carlos Fiolhais Graça Ventura João Paiva Manuel Fiolhais	978-972-47-3667-9	Texto Editores
<i>Jogo de Partículas A - Química A</i>	Maria da Conceição Dantas Marta Ramalho	978-972-47-3369-2	
<i>Jogo de Partículas 11</i>	Maria da Conceição Dantas Marta Duarte Ramalho	978-972-47-3661-7	
<i>Química A11</i>	Aquiles Araújo Barros Carla Rodrigues Lúcia Miguelote Maria Isabel Rocha	978-972-627-968-6	Areal Editores
<i>Novo Ver + - 11.º Ano</i>	Alexandre Costa Augusto Moizão Francisco Caeiro	978-972-770-607-5	Plátano Editora
<i>Química no Mundo Real - Química A - 11.º Ano</i>	Carlos Corrêa Delfim Pereira Fernando Pires Basto Noémia Almeida	978-972-0-42249-1	Porto Editora
<i>Química em Contexto A - 11</i>	Maria Alexandra Queirós Maria Otilde Simões Teresa Sobrinho Simões	978-972-0-42322-1	

De seguida apresenta-se uma reflexão crítica de cada manual explorado, no que diz respeito à volumetria de ácido-base. Em cada ponto do programa o manual escolar *Química A11* introduz aquilo que o aluno deve ficar a saber, centrando-o nos objetivos a atingir, seguidamente apresenta questões de introdução ao tema que vai ser tratado e foca um ponto de partida, constituído pela apresentação dos pré-requisitos necessários para a compreensão efetiva do que se irá tratar. Apresenta também o ponto de chegada, constituído por uma conclusão-síntese com os pontos-chave sobre os conteúdos explorados. Depois deste disponibiliza uma ficha de autoavaliação. Considera-se esta estrutura muito eficaz na medida em que para além de permitir ao aluno visitar o que foi dado em anos anteriores, direciona-o para os objetivos que deve atingir.

No desenvolvimento do tema, clarifica o termo neutralização no que diz respeito à associação muito comum ao valor de pH igual a 7. Justifica também o facto da reação entre duas espécies fracas não serem completas e a curva de titulação não apresentar uma variação brusca de pH na vizinhança do ponto de equivalência, pelo que não é possível usar um indicador. Propõe também momentos interessantes de reflexão ilustrados que designa por *Sabia que...*, intercalando também o desenvolvimento de conteúdos com a apresentação de exercícios resolvidos.

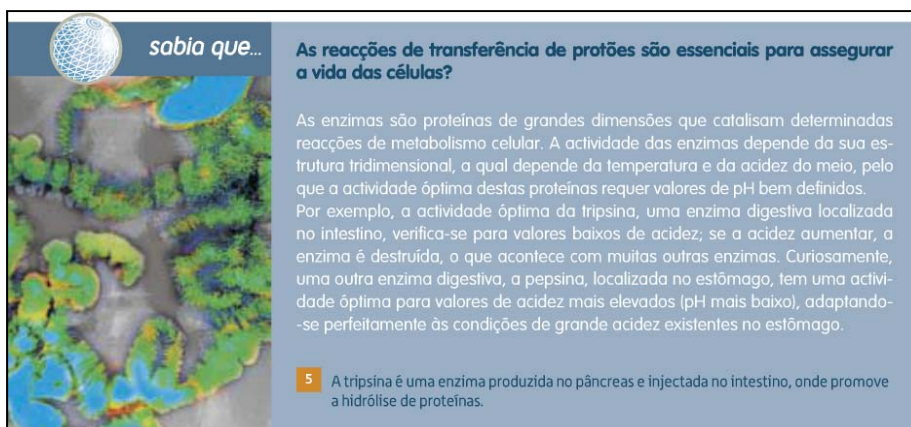


Figura 10 - Momento de reflexão do manual escolar *Química A11 - Sabia que...* (Barros *et al.*, 2009).

Recomenda também a visualização de uma simulação de volumetria de ácido-base⁹. Esta recomendação não é feita nos outros dois manuais, e considera-se um excelente recurso no desenvolvimento dos conteúdos. Outra mais-valia é a referência e esclarecimento sobre a determinação do ponto de equivalência de uma volumetria de ácido-base. Os indicadores ácido-base e medidores de pH são referenciados e explorados antes do tema da volumetria de ácido-base, e depois do desenvolvimento da escala de pH de Sørensen, como acontece no manual *Jogo de Partículas 11*. Contrariamente, o manual *Química em Contexto 11* desenvolve o conteúdo dos indicadores ácido-base e medidores de pH no final do tema volumetria de ácido-base. No manual escolar *Jogo de Partículas 11*, os conteúdos são explicados numa linguagem clara, completada por exercícios resolvidos, destaques e notas que ajudam à sua compreensão. No final de cada tema, ou de cada subtema, encontram-se as seguintes rúbricas:

- *Para arrumar as ideias!*, resume e inter-relaciona, sob a forma de organograma, os conteúdos tratados;
- *Atividades e Teste global*, onde se propõe o teste e consolidação dos conhecimentos adquiridos, sob a forma de questões/problemas ou de *Atividades complementares*.

Para além da análise comparativa já referenciada na análise do manual escolar *Química A11*, é de salientar que introduz o tema logo com a nota de que o termo neutralização não significa que a solução resultante seja neutra, deixando logo de parte a conceção alternativa e suscitando a curiosidade para a explicação detalhada e clara que é feita de seguida. O manual escolar *Química em Contexto A11* apresenta uma pequena introdução em cada tema, destaques, alertas sobre os conteúdos que estão a ser explorados e que devem ser tidos em conta, assim como esquemas pertinentes intitulados *Organize o seu raciocínio*. No final de cada tema são apresentadas atividades práticas de sala de aula com uma matriz de autoavaliação. Como ponto forte destaca-se a estrutura clara e organizada dos conteúdos. Como ponto a melhorar, sublinha-se que embora seja feito um alerta sobre o facto das reações entre um ácido e uma base se designarem por neutralizações, não esclarece uma das

⁹ Sugere a consulta de:
http://auth.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_7e_esp/crm3s5_5.swf.

conceções alternativas mais comum neste tema, nomeadamente a de que numa neutralização a solução resultante é sempre neutra.

Ainda sobre o mesmo manual, pode transmitir-se que este apresenta exemplos de curvas de titulação ácido-base, mas não dá exemplos concretos de reações ácido-base, associadas às respetivas curvas de titulação. Esta componente é muito importante, dada a dificuldade que os alunos têm na redação de equações químicas e na compreensão de quais são os reagentes e produtos resultantes de uma dada reação. Esta necessidade de melhoria não foi identificada nos primeiros manuais analisados. Como se pode perceber desta breve reflexão sobre as estruturas de alguns dos livros disponíveis no mercado, o manual didático é um instrumento de apoio importante ao professor, assim como uma ferramenta da aprendizagem para o aluno.

3.2. As tecnologias de informação e comunicação no ensino das ciências

À educação cabe a função de desenvolver nos indivíduos mecanismos e instrumentos capazes de interpretar a relevância dos gestos e objetos do quotidiano, onde as características da natureza da comunicação desempenham um papel fulcral, pois é através desta que os indivíduos se interligam com a cultura, o social, o material e o imaterial. O modo como as pessoas interpretam aquilo que emitem e recebem através da comunicação é um eixo dos significados que podem reconhecer-se na informação. Apesar do consolo de um aparente maior conhecimento, no mundo virtual das redes, os sujeitos correm o risco de cair na vacuidade que os impele num esforço sem direção na procura de si, enredados numa profusão imensa de informação e símbolos. Giuseppe Granieri (2006) escreveu sobre o surgimento de uma «geração blogue», responsável pela rápida difusão de blogues na rede, que construiu uma comunidade em que a única regra é a relação.

Como destaca Serra (2003:14), a internet emerge como um produto simbiótico entre «meios de difusão» e «meios de interação», tem características fundamentais que podem apoiar a explicação de alguns dos seus reflexos na superficialidade na produção e reprodução do social: «a desintermediação no processo de comunicação» e a «velocidade de comunicação». Neste sentido, apesar da internet ser reconhecida como um meio/espço de comunicação, importa conhecer as características que a revestem, uma vez que para além da rapidez dos fluxos, a ausência de intermediação nos seus processos gera abstração e a perda de referências. A ilusão do acesso ao *outro* através da tecnologia e as novas dependências dos indivíduos em relação aos meios tecnológicos que o possibilitam, traduzem aquilo que Arno Gruen (1996) designa por «traição do eu», bem perceptível através do «medo da autonomia» por parte dos indivíduos. O mesmo autor (*idem*, 164) aponta as consequências terríveis da «não-autonomia», nomeadamente a busca do poder como forma de «afastar o caos interior».

Regressando a ideias de Alain Touraine e Farhad Khosrokhavar (2001), estes consideram pertinente conhecer «*em que consiste a ação dos meios de comunicação social*», uma vez que afirmam que «*descontextualizam*» transmitindo informações e emoções sem as explicar. Desta forma facilita-se a manipulação. Talvez daí a crítica que, segundo J. Paulo Serra (2003:31), muitos fazem ao facto de haver uma «transformação generalizada da informação em espetáculo e em entretenimento». Esta transformação representa, segundo o pensamento de Hannah Arendt (2001:21), uma das condições da condição humana, que condicionando os indivíduos nas imagens e percepções que apropriam da realidade, os impele no sentido de adotar uma atitude epistemológica assente na curiosidade semiótica, decifrando a informação e o espetáculo. J. Paulo Serra (2003:103;359) escreveu sobre a informação entendida como «excesso», quando se assiste à sua multiplicação sistemática sem que haja uma «mediação humana», capaz de proceder à sua «filtragem ou *gatekeeping*», impulsionando aquilo que apelida de «ressocializações», na linha do que antes se sublinhou a partir de Touraine e Khosrokhavar (2001:202) como «dessocializações», através das quais se podem descobrir e encontrar «outros significativos» (Mead cit. por Serra, 2003:283).

Entendendo os indivíduos muito para além de simples recetores e retransmissores passivos, exige-se uma educação em que «mediadores» (Serra, 2003:365) consigam educar com sentido para o perfil epistemológico da informação, sob lógicas de uma «economia da atenção» (idem, 264) que permitam a sua transformação e relevância para quem a troca. É a partir deste perfil recíproco da informação que é possível dar uma ordem à comunicação, como sublinham Touraine e Khosrokhavar (2001:200), inseparável da ordem das «relações coletivas e interpessoais». Desta forma, como destaca Manuel Castells (2004:145), em relação à internet como novo meio de comunicação social, estão a surgir novos padrões de interação social, de onde será erróneo e parcial apontar apenas como consequências o «isolamento social», a «ruptura da comunicação social» e da «vida familiar». Castells (2005:555) afirma que «os indivíduos ainda vivem em lugares», embora o poder se dissemine no espaço dos fluxos e na mobilidade e dinamismo dos lugares. É neste sentido polissémico dos espaços e dos fluxos que o mesmo autor escreve sobre o que apelida de «esquizofrenia estrutural», responsável pela falência de alguns canais de comunicação (ibidem).

Geneviève Jacquinet-Delaunay (2006) em todo o seu texto faz uma crítica ao desaproveitamento das potencialidades dos *media* e das tecnologias educativas. Como defende através de vários argumentos, é fundamental ligar as Ciências da Educação e as Ciências da Comunicação, envolvendo as novas ferramentas que existem hoje disponíveis para dinamizar a aprendizagem. Sem este diálogo entre a educação, a comunicação e a tecnologia, a autora vê como difícil a existência de inovação pedagógica, uma vez que a modernidade tecnológica não garante nada por si só. Sustenta a ideia de que existe a tendência para manutenção das «simples transposição mecânica das práticas de formação herdadas» (2006:123-124), sem a possível utilização da chamada «tecnologia da educação», considerada como a procura da articulação otimizada dos recursos disponíveis para uma determinada situação de aprendizagem (tecnologias da educação; tempo; organização do espaço;

características do sistema educativo; disponibilidade dos professores; níveis, aptidões e necessidades dos alunos) (idem, 124). Citando Shannon (idem, 132), Jacquinet-Delaunay caracteriza a utilização dos *media* educativos como práticas que têm que ultrapassar a tendência para reduzir «o saber à informação» e «a comunicação pedagógica a uma comunicação unidirecional, do emissor para o recetor»

A autora referida antes, atribui uma grande importância ao desenvolvimento do espírito crítico, fundamental para educar cidadãos para uma sociedade da informação que exige da educação uma outra forma de cultura, assente em estratégias para que se aprenda a comunicar. É necessária uma «educação pelos *media*» e «para os *media*» (idem, 129), capaz de ultrapassar os *media* como suporte, transformando-os em objeto de aprendizagem, reformulando práticas pedagógicas. A autora destaca o papel das «ferramentas para aprender» (idem, 135), no sentido do ensino e da aprendizagem, para a elaboração de modelos de integração pedagógica, onde surgirão domínios interdisciplinares. Na sua perspectiva as ferramentas, como tecnologias da educação, têm o poder de criar espaços de comunicação entre áreas disciplinares, que até podem dar origem a interdisciplinas. Esta é mesmo uma questão colocada por Jacquinet-Delaunay: Ciências da Educação e Ciências da Informação e Comunicação «... rumo a uma interdisciplina?» (idem, 134). No funcionamento desta interdisciplina surgem conceitos operativos, tais como: interatividade, dispositivo, utilizador e mediação. Estes mostram as ligações crescentes entre tecnologias e a educação.

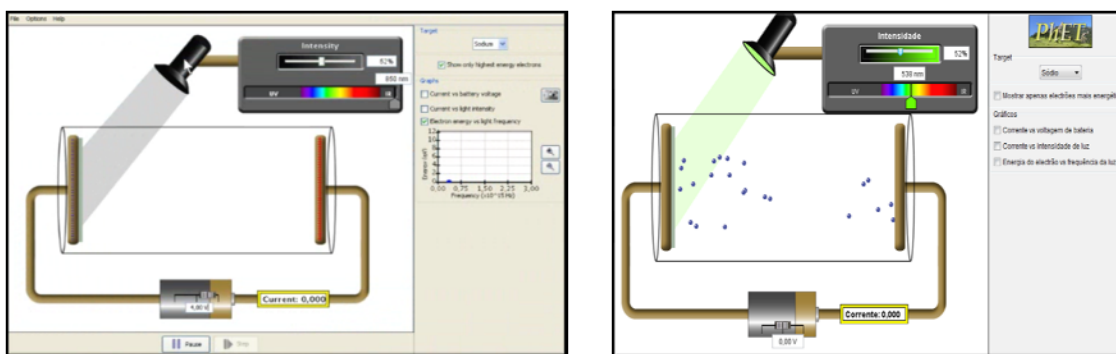
Segundo Morais e Paiva (2007:40-41) as tecnologias devidamente integradas e em sintonia com o currículo constituem um meio de renovação do ensino e das práticas pedagógicas. Em particular, a aplicação de simulações é vantajosa para o processo de ensino-aprendizagem das Ciências. Da análise crítica anterior, pode-se afirmar que hoje em dia, da simples observação não resulta um verdadeiro conhecimento. Os professores para além de terem uma sólida preparação científica devem (ibidem):

- ensino num ambiente prático de aprendizagem, onde se inclui o laboratório, incentivando a participação ativa dos alunos através «do seu envolvimento em investigações práticas (*hands-on*) e análise crítica (*minds-on*)»;
- desenvolver materiais de ensino adequados, tais como guiões de exploração, protocolos interativos, instrumentos de observação e de avaliação do trabalho experimental;
- usar novas tecnologias, nomeadamente aquisição automática de dados (interfaces e sensores), calculadoras gráficas, programas informáticos, simulações;
- promover a dinamização de grupos e técnicas de comunicação (interação entre alunos, expressão de ideias).

Nas regências ministradas, procuraram-se aplicar as melhores estratégias utilizando os recursos educativos adequados, promovendo a aprendizagem como um processo ativo de construção de significados. Embora não sejam objeto de análise os temas descritos em seguida, torna-se premente abordá-los, na medida em que constituem a experiência da

aplicação e avaliação da utilização de recursos educativos, nomeadamente, simuladores computacionais e utilização de plataformas *Moodle*. Na regência de Química de 10.º ano, lecionou-se o tema *Efeito fotoelétrico* da Unidade 1 — *Das estrelas ao átomo* do Programa de Física e Química A.

Dado que o efeito fotoelétrico é um conceito microscópico e abstrato, não sendo por isso reproduzível em laboratório escolar, decidiu-se recorrer às Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e utilizar uma simulação computacional sobre o tema. A simulação *PhET* apresentada é da autoria de *PhET Interactive Simulations, University of Colorado*¹⁰. O objetivo do recurso é estudar os fatores que influenciam o efeito fotoelétrico. Nesta simulação é possível visualizar o efeito produzido pela incidência de radiação com uma determinada energia sobre uma placa metálica. Para tal faz-se variar o comprimento de onda e a intensidade da radiação incidente, observando-se a sua ação sobre o metal; em alternativa, pode-se fazer variar o metal constituinte da placa sobre a qual a luz incide.



Figuras 11 a) e b) - Imagens da simulação do efeito fotoelétrico.

Foi elaborado um guião exploratório (Anexo II) que se considera ter potenciado a aprendizagem numa interação entre a experimentação e a teoria, ou seja, estabeleceu-se a relação dos aspetos práticos da experiência com os conhecimentos científicos subjacentes. Antes da exploração do guião, descreveu-se brevemente o sistema, indicando alguns dos seus componentes (ampola de vácuo e fonte de radiação) assim como das variáveis que é possível controlar (comprimento de onda e intensidade da radiação incidente). Salientou-se a importância do controlo de variáveis nos estudos de investigação científica e na exploração/estudo de vários conceitos, simulações e equipamentos laboratoriais. Contrariamente aos estudos observacionais, em que o observador não tem como alterar as condições em que as observações são feitas, os estudos experimentais ocorrem sempre em condições controladas. Os objetivos do controlo das variáveis têm por base o efeito que determinada variação/comportamento de uma variável tem noutra, numa relação causa-efeito.

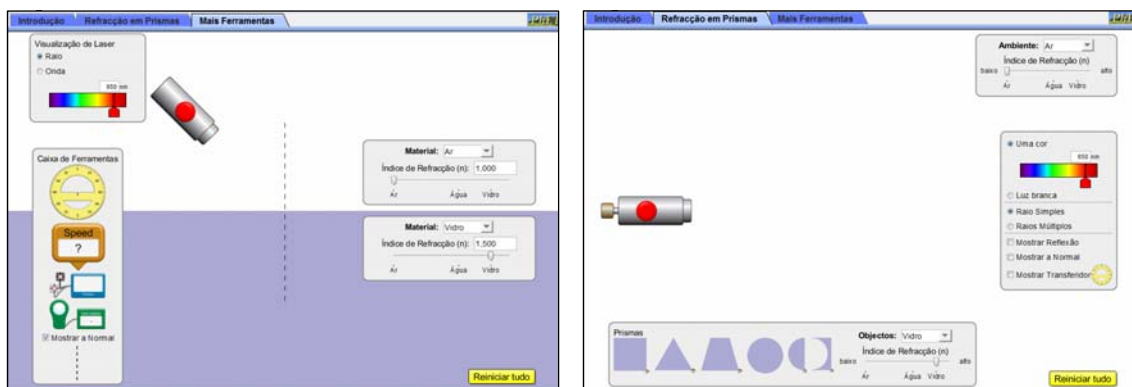
Os alunos seguiram, em grupos de dois, o guião exploratório que lhes foi entregue após uma breve descrição da simulação *PhET*, dos seus componentes e variáveis a controlar.

¹⁰ A simulação *PhET* pode ser consultada em http://phet.colorado.edu/admin/get-run-offline.php?sim_id=146&locale=pt.

Verificou-se um grande entusiasmo na manipulação do simulador e empenho em resolver as questões colocadas no mesmo. Acompanhou-se a exploração da simulação pelos grupos de trabalho, respondendo a dúvidas e subtraindo conclusões sobre aquilo que se observava. Foi também possível constatar que a utilização do simulador computacional, tornou a aula mais dinâmica e participativa, contribuindo para o processo de construção do conhecimento. Os alunos puderam consolidar e explorar os conteúdos previstos para a aula, de uma forma não abstrata, na medida em que visualizaram a nível macroscópico o que se passa a nível microscópico, utilizando o controlo de variáveis. É de ressaltar que a utilização de simulações computacionais não melhora por si só a eficiência de uma aula, pois as mais-valias deste recurso didático dependem de vários fatores, entre eles, a qualidade da simulação computacional, o objetivo da sua utilização e o modo como é explorada.

Na regência de Física de 11.º ano (Anexo III e IV), realizou-se a Atividade Laboratorial 2.3 Comunicações por radiação eletromagnética e explorou-se uma simulação computacional¹¹ sobre os fenómenos da reflexão, refração e reflexão total da luz, referentes à Unidade 2 — Comunicações do Programa de Física e Química A (Anexo V). Com a realização da atividade laboratorial, e de acordo com o programa, estudaram-se os diferentes comportamentos e condições em que os fenómenos ondulatórios podem ser observados com radiações de frequências diferentes. Permitiu também compreender que os fenómenos ondulatórios são comuns a qualquer tipo de onda, e fundamentais nos processos de comunicação. Por forma a estimular o espírito crítico dos alunos e com o objetivo de aprendizagem, de visualização e descrição dos fenómenos ondulatórios, mostrou-se uma simulação sobre os mesmos. Nesta simulação é possível:

- visualizar como a luz se desvia na interface entre dois meios e determinar os ângulos de incidência, reflexão e refração;
- aplicar a lei de Snell a um raio laser que incide na interface entre dois meios e relacionar a alteração da velocidade de propagação e do comprimento de onda da luz em diferentes meios.



Figuras 12 a) e b) - Imagens da simulação *bending-light*.

¹¹ A simulação *PhET* pode ser consultada em http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light.

Ainda sobre a regência em referência, sublinha-se o facto de ter sido fornecido um guião exploratório (Anexo V), de modo a promover a autonomia do aluno e a gestão do processo ensino-aprendizagem. Os alunos seguiram, em grupos de dois, o guião exploratório que lhes foi entregue após uma breve descrição da simulação *PhET*, dos seus componentes e variáveis a controlar. Verificou-se um grande entusiasmo na manipulação do simulador e empenho em resolver as questões colocadas. Acompanhou-se a exploração da simulação pelos grupos de trabalho e foram-se resolvendo, no quadro, as questões da Parte II do guião e as pós-laboratoriais da atividade. A exploração da simulação também promoveu a transdisciplinaridade, facto que foi visível com a utilização do transferidor. Nalguns era visível uma destreza na sua utilização, noutros eram facilmente reconhecíveis dificuldades.

Quando se aborda a questão da transdisciplinaridade na educação, tem que se envolver necessariamente o debate sobre o papel da comunicação na construção do conhecimento. A transdisciplinaridade representa o derrubar de fronteiras entre áreas científicas, entre disciplinas que aparecem frequentemente atomizadas nos diferentes percursos de ensino-aprendizagem. Como defende Schleiermacher, a «comunicação é *constitutiva* do processo de construção do conhecimento» (cit. por Pombo, 2000:5). Se partirmos deste pressuposto, o conhecimento visado pela educação baseia-se num diálogo tão fecundo quanto possível, capaz de estimular um construtivismo crítico (Kincheloe, 2006:13) onde os *insights* do ato educativo devem ser entendidos em sentido amplo, por exemplo, considerando as interpretações que os alunos fazem do mundo que os rodeia e tudo o que pode influenciar as suas relações com o ensino. Como sublinha Olga Pombo (2000:6), não é acumulação do saber científico que provoca o aparecimento do ensino, mas existe antes um processo inverso: é este último que garante a construção do conhecimento classificado como científico.

A transdisciplinaridade, entendida como atitude perante o saber, desempenha aqui um papel central para que não se entenda a ciência como uma «forma de conhecimento solitária e singular» (ibidem). O conhecimento constrói-se através da relação, sendo o exemplo paradigmático desta ideia a ciência aplicada, na linha daquilo a que Lyotard apelida de «*performatividade*» (idem, 10). Os impactos das suas materializações e dos seus resultados na sociedade, traduzem as dinâmicas que instigam a própria ciência e as suas disciplinas a revestirem-se de um amplo leque de conhecimentos, para atingirem os seus objetivos de resolução de problemas, satisfação de necessidades e melhoria da qualidade de vida dos indivíduos.

É urgente ultrapassar o cariz meramente reprodutor do ensino, em que os alunos se transformam em simples consumidores, por oposição a uma educação criadora onde alunos podem assumir-se como criadores. Será também através da transdisciplinaridade, capaz de estimular a reflexividade sobre a(s) realidade(s), que os alunos encontram mais que pontos de ancoragem, portos de onde podem partir e chegar, seguros da vontade de partir à descoberta de relações entre os fenómenos, preparando-se como público ativo e participativo, capaz de elevar os seus conhecimentos e as suas responsabilidades. É neste sentido que se compreende

o papel necessariamente reflexivo do professor, no sentido de recriar a relação transmissão-aquisição, para além do discurso pedagógico oficial, facilitando a passagem da componente curricular para a disciplinar. Segundo Nascimento (1998), é na(s) própria(s) disciplina(s) que se pode entender o papel das interações produzidas nos processos de ensino-aprendizagem, valorizando simultaneamente as competências cognitivas, sociais e afetivas.

A transdisciplinaridade exige uma intervenção pedagógica capaz de recontextualizar os programas, na interdependência com a sociedade-comunidade, assim como naquela que pode ser concretizada através da interdisciplinaridade e intradisciplinaridade. Apesar da sua presença significativa nos discursos, este tipo de relações encontra-se diminuída na sala de aula. Indicador disto é o fato de haver desequilíbrios na ênfase associada ao transmissor e aceptor, entre a componente curricular do programa e a da sua concretização disciplinar. Compreender esta perspectiva, facilita o entendimento da reflexão de Reboul (cit. por Pinto *et al.*, 2004:313) em que defende que «talvez não exista uma oposição absoluta entre quem instrui e quem se instrui; às vezes é a mesma pessoa».

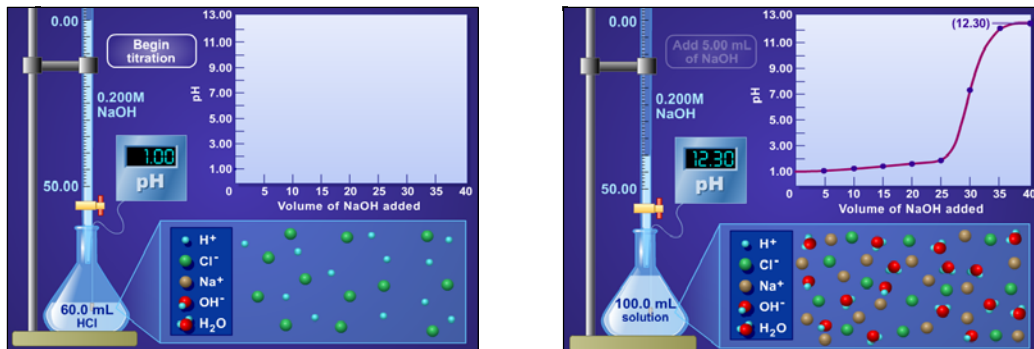
Num estudo desenvolvido por Teresa Nascimento (*ibidem*)¹² percebe-se que não existe um *continuum* de valorização equilibrada destes dois protagonistas no processo de ensino-aprendizagem, desde a conceção à operacionalização das estratégias pedagógicas. Reforçando esta perspectiva, Lopes (1998) destacava a ideia de que o ensino da disciplina de ciências físico-químicas se centrava demasiado nos conteúdos, espelhando uma considerável omissão em relação à interdisciplinaridade dos conhecimentos. Neste sentido é essencial uma mudança no sentido de enunciar princípios pedagógicos e desenvolver práticas pedagógicas que propiciem a coordenação de estratégias sem barreiras disciplinares que permitam o desenvolvimento de competências cognitivas, sociais e afetivas, das simples às mais complexas. O construtivismo (Pinto *et al.*, 2004:315) que foca a forma como os indivíduos constroem o conhecimento, faz luz sobre o facto da ligação entre disciplinas, ser capaz de tecer atividades globais e motivadoras, capazes de fazer reconhecer que a aprendizagem ultrapassa a informação, enquanto a compreensão ultrapassa a aprendizagem.

Regressando à análise sobre a Atividade Laboratorial 2.3 Comunicações por radiação eletromagnética (Anexo V), destaca-se que nesta regência se utilizaram os recursos disponíveis no laboratório da escola e recorreu-se também a uma simulação computacional. Considera-se que ambos os recursos se complementaram, apoiando a dinamização do processo ensino-aprendizagem. A associação de informação complementar a uma simulação, a possibilidade de orientar a sua utilização e o seu enquadramento com outros recursos disponíveis, tornam mais ativa a participação dos alunos.

Na regência de Química de 11.º ano (Anexo VI, VII e VIII), realizou-se a volumetria de ácido-base da Atividade Laboratorial 2.3 Neutralização: uma reação de ácido-base, de acordo com o Programa de Física e Química A — 11.º ano — Componente de Química, referente à

¹² Tese de Mestrado inserida numa investigação desenvolvida no âmbito do Projeto ESSA - Estudos Sociológicos de Sala de Aula, em que se pretendeu explorar o significado sociológico das mudanças ocorridas numa reforma curricular ao nível das ciências dos 2.º e 3.º Ciclos do Ensino Básico (Teresa Nascimento, 1998).

Unidade 2 — Da atmosfera ao oceano: soluções na terra e para a terra. Antes de iniciar a atividade laboratorial, e com o objetivo de consolidar os conceitos através da visualização a nível microscópico de uma titulação, explorou-se, em conjunto com os alunos, uma simulação que teve como título *Titulação de HCl com NaOH*¹³.



Figuras 13 a) e b) - Imagens da simulação *Titulação de HCl com NaOH*.

A simulação permite simular a realização de uma titulação, em que se vai adicionando base ao ácido, com a visualização das moléculas, da adição de base, do valor de pH e da curva de titulação. É possível observar em simultâneo, a alteração do valor de pH e da estrutura molecular após a adição gradual da solução de NaOH, assim como, a construção da respetiva curva de titulação. Na parte final da simulação, são apresentadas a respetiva equação química e uma pergunta de escolha múltipla, para determinação do valor da concentração do ácido.

A utilização de simulações computacionais, em geral, apresenta vantagens para o processo de ensino-aprendizagem e a sua exploração desencadeia nos alunos reações muito positivas. No discurso direto: “Esta simulação é gira, vê-se a curva de titulação à medida que é realizada a titulação”; “Vê-se o que acontece com a estrutura molecular com a adição contínua do NaOH”. A simulação foi utilizada como atividade pré-laboratorial, permitindo estabelecer relações entre a teoria e a atividade prática a realizar, e fomentou a reflexão quando os alunos comparam as previsões iniciais com os resultados obtidos no laboratório.

As simulações podem ser acompanhadas de guiões ou tutoriais, com questões que orientam a sua exploração, permitindo várias estratégias de aplicação, podendo também constituir uma proposta de tarefa extra-aula, solicitada pelo professor. Contrariamente às regências já mencionadas, no caso da regência ministrada sobre o tema ácido-base não foi considerado relevante a aplicação de um guião. É de salientar que dentro do possível, a simulação não deverá substituir a experiência real, pois não permite a aquisição de competências e técnicas laboratoriais, e limita a possibilidade dos alunos serem confrontados com a riqueza heurística da experiência dos erros experimentais.

¹³ A simulação *Titulação de HCl com NaOH* pode ser consultada em: http://auth.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_7e_esp/crm3s5_5.swf.

A realização das regências, desenvolvidas em laboratório e em salas de informática e/ou sala de aula com computador e projetor de vídeo, foram importantes para demonstrar que são complementares e que de forma cumulativa e reflexiva enriquecem o processo de ensino-aprendizagem. Todas as apresentações *PowerPoint*[®] e materiais considerados pertinentes para a aprendizagem e desenvolvimento da autonomia do aluno, foram publicados *on-line* na plataforma *Moodle*[®] da escola, no espaço da respetiva disciplina. Deste modo, os alunos puderam completar e aprofundar os conhecimentos ministrados, para além de lhes ser possível realizar exercícios de autoavaliação sobre a aquisição e aplicação dos conhecimentos adquiridos. A autoavaliação entendida como aprendizagem pelo reconhecimento do significado do conhecimento adquirido e aplicado, é feita através de testes *e-learning* com os quais os alunos têm o *feedback* sobre o sucesso/insucesso do processo ensino-aprendizagem, refletindo sobre o seu processo de crescimento/desenvolvimento, numa lógica de avaliação *on-going* e *ex-post*. Simultaneamente constitui um instrumento de avaliação do aluno por parte do professor, uma vez que pode com estes: ter acesso à informação sobre os alunos que efetuaram o teste; identificar o número de respostas erradas; reconhecer a pergunta que tem maior número de respostas erradas; definir prazos temporais para resolução do teste; desenvolver outras potencialidades subjacentes ao *Moodle*[®], que o professor reconheça como pertinentes na sua aplicação. No Anexo IX encontra-se o teste *e-learning* criado para o tema do *Efeito Fotoelétrico*. Com o objetivo de avaliar as atividades desenvolvidas nas aulas de Física e Química A do 11.º ano, no que respeita ao grau de interesse das mesmas, aplicou-se um teste *ex-post* (Anexo 10) aos alunos de uma turma, composta por 20 alunos (8 raparigas e 12 rapazes) com uma média de idades de 16 anos. Na questão 7 deste instrumento de aferição, foi utilizada uma escala de resposta psicométrica, escala tipo Likert, em que os alunos classificaram as atividades quanto ao grau de interesse, num intervalo entre 1 (nenhum interesse) e 5 (muito interesse).

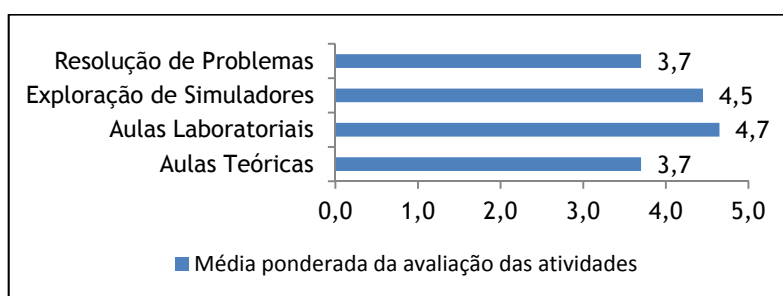


Gráfico 1 - Classificação das atividades desenvolvidas nas aulas da disciplina de Física e Química.

Pela análise do gráfico 1 construído com a sistematização das respostas, a partir da qual se calcularam médias ponderadas, verificou-se que os alunos classificaram as aulas laboratoriais como as mais interessantes (4,7), seguidas da exploração de simuladores (4,5). Em média os alunos consideraram como menos interessantes as aulas teóricas e a resolução de problemas (3,7 para ambas as estratégias pedagógicas).

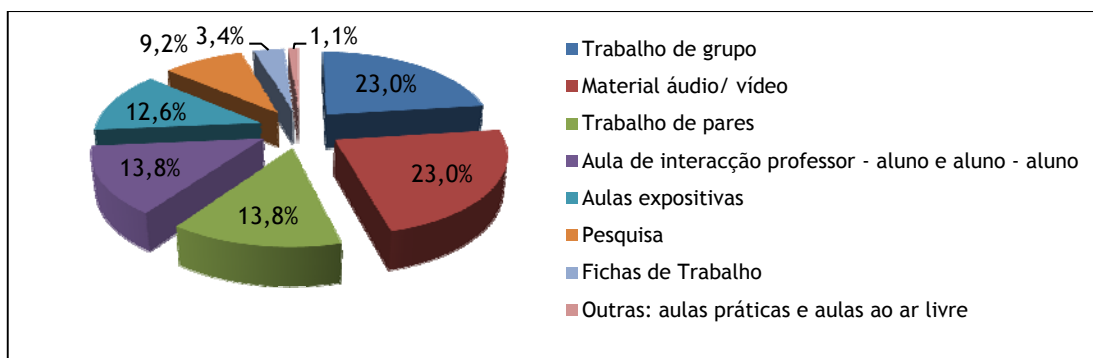


Gráfico 2 - Tipos de atividades preferidas na dinamização das aulas na sala de aula.

A análise do gráfico 1 corrobora a informação do gráfico 2, elaborado a partir do *Projeto Curricular da Turma*, que é elaborado no início do Ano Letivo. As atividades preferidas dos alunos na dinamização das aulas, são o trabalho de grupo e o material áudio/vídeo (23%) como era espetável.

Seguidamente, apresenta-se a tabela que retrata os temas identificados pelos alunos, como aqueles que mais gostaram em cada uma das atividades (aulas teóricas, aulas laboratoriais, exploração de simuladores e resolução de problemas).

Tabela 6 - Temas identificados pelos alunos como aqueles que mais gostaram.

		Número de alunos
8.1. Aulas Teóricas	Tudo	7
	Titulação ácido-base	2
	Rendimentos e pH	1
	Soluções e pH	1
	Ácido-base e reações	1
	GPS	1
	Não responderam	7
8.2. Aulas Laboratoriais	Tudo	7
	Ácido ou base – classificação	2
	Titulação	2
	Titulação e Amoníaco e compostos de amónio	2
	Satélite	1
	Não responderam	6
8.3. Exploração de Simuladores	Tudo	7
	Titulação	2
	Osciloscópio	1
	Não responderam	10
8.4. Resolução de Problemas	Tudo	8
	Ácido-base	2
	GPS	1
	Não responderam	9

Devido às limitações nas conclusões e generalizações (ameaças à validade interna e externa) inerentes ao estudo, não se poderá tomar os resultados obtidos para além de um simples indicador positivo a favor da utilização de recursos digitais com os alunos. Contudo, para que essa vantagem se torne uma realidade cada vez mais comum nas escolas, é fundamental uma mudança de mentalidades, atitudes e perspetivas dos vários intervenientes no processo educativo. O desinteresse pela ciência advém principalmente, da metodologia de

ensino tradicionalmente empregada, baseada num modelo de ação didática de transmissão-receção e que prioriza a memorização de conceitos e regras, assim como a aplicação de equações e leis na resolução de problemas. Como consequência, assiste-se à afirmação de um ensino que se coloca afastado da realidade do aluno, não gerando espaço para questões sobre os reais objetivos do estudo das ciências. Além de desmotivar o aluno, este “modelo” de ensino não atinge o objetivo de formar um cidadão crítico que pode discutir as questões cruciais das quais a ciência participa no mundo moderno.

A aplicação de recursos educativos como as TIC na disciplina de Física e Química, demonstra as suas mais-valias para a prática pedagógica, que em conjunto com as aulas experimentais, favorece a motivação dos alunos, torna as aulas mais dinâmicas e agradáveis e contribuiu para o processo de construção do conhecimento.

3.2.1. Simulações computacionais no caso particular do ensino do tema ácido-base

A integração de animações concetuais e simulações nas atividades letivas tem vindo a ser cada vez mais utilizada nos últimos anos. As simulações permitem: recolher dados rapidamente; gerar gráficos; testar hipóteses; mostrar aspetos do funcionamento de aparelhos; realizar experiências impossíveis de reproduzir ou perigosas; e repetir atividades laboratoriais sem gastar reagentes. Podem apoiar as experiências no mundo real, mas estão condicionadas pelo modelo matemático utilizado e ao simplificar os conceitos e processos o seu contexto de validade e representatividade do mundo real está limitado. Os seus significados educacionais dependem do facto de poder vir a representar para os alunos um papel de auxiliar heurístico e não apenas cumprir um papel algorítmico ou meramente ilustrativo. Para o envolvimento cognitivo mais profundo do aluno é necessário que o professor utilize estratégias que: o leve a fazer previsões; a estabelecer relações entre variáveis; a aferir essas relações; a compará-las com as previsões iniciais; e as modifique tendo em conta os dados recolhidos.

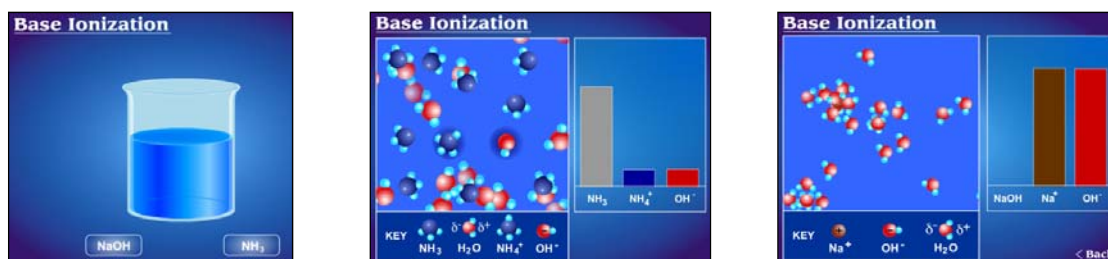
Como foi referido no ponto anterior, torna-se premente a realização de atividades laboratoriais, não só pelo cumprimento das orientações do programa curricular, como pelo desenvolvimento das competências inerentes ao contexto da atividade laboratorial. No entanto, embora estas sejam de grande importância para a compreensão dos acontecimentos associados às reações ácido-base a nível macroscópico, continuam a implicar uma abstração para compreender o que se passa a nível microscópico. Recorrendo a uma simples pesquisa na *internet* por “simulações ácido-base” é possível encontrar páginas educacionais, artigos científicos e referências sobre o tema. Estes materiais são maioritariamente em inglês, existindo também alguns recursos em português, onde são apresentadas simulações que necessitam de um guião de exploração, para que as mesmas contribuam para uma aprendizagem significativa.

De seguida apresentam-se os sítios da *internet* com recursos sobre ácido-base considerados relevantes para análise, e faz-se a avaliação dos mesmos face à qualidade e

utilidade numa utilização em sala de aula, como materiais de apoio para o professor ou para os alunos em trabalhos de pesquisa ou complementares à aula: no site www.mocho.pt/ Portal de Ensino da Ciências e de Cultura Científica, existe uma série de recursos sobre o tema ácido-base. Mais especificamente em http://www.mocho.pt/Ciencias/Quimica/simulacoes/acido_base/ é possível encontrar apontadores para simulações sobre os conceitos ácido, base, pH e reações ácido-base (simulações S1, S2 e S4).

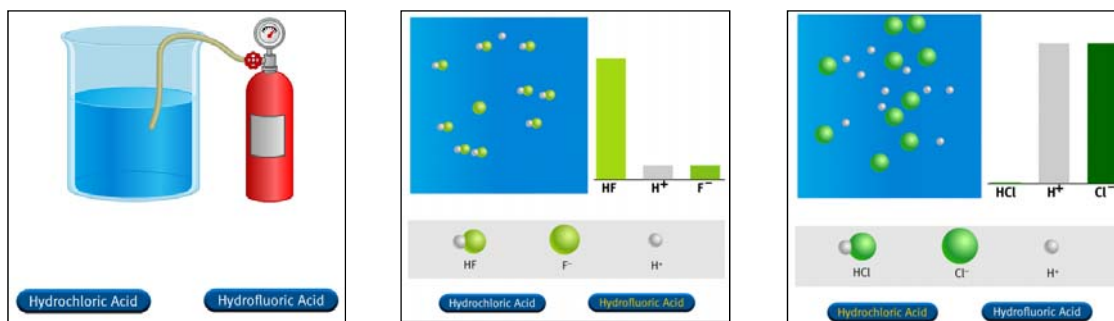
Simulação 1 (S1) — Bases fortes e bases fracas¹⁴

Simulação que demonstra a diferença entre bases fortes e bases fracas com visualização microscópica e gráfica.



Simulação 2 (S2) — Ácidos fortes e ácidos fracos¹⁵

Animação onde se demonstra a diferença entre ácidos fortes e ácidos fracos com visualização microscópica e gráfica.

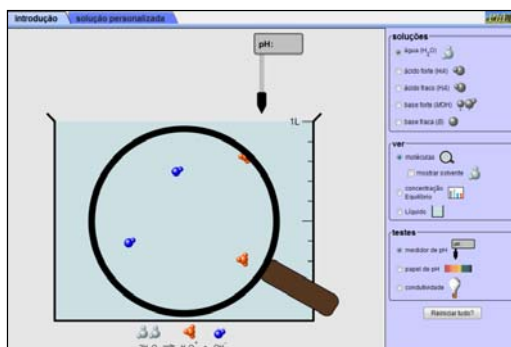


¹⁴ A simulação S1 pode ser consultada em: http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_7e_esp/acm2s2_1.swf

¹⁵ A simulação S2 pode ser consultada em: http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_2e/acid_ionization.swf

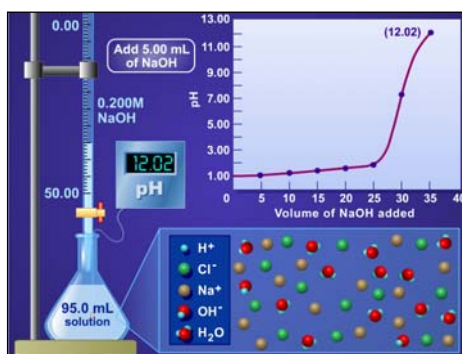
Simulação 3 (S3) — Soluções ácido-base¹⁶

Simulação que permite a visualização microscópica de ácidos fortes e fracos. Virtualmente é possível mergulhar o papel ou o medidor de pH na solução para medir o pH, ou usar elétrodos para medir a condutividade e visualizar como a concentração e a força afetam o pH.



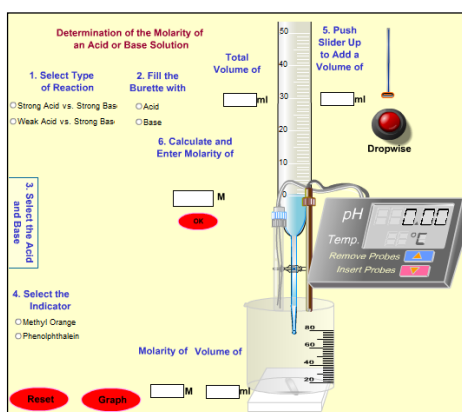
Simulação 4 (S4) — Titulação ácido-base¹⁷

Animação onde se simula uma titulação ácido-base, com visualização simultânea da curva de pH e visão microscópica da estrutura molecular.



Simulação 5 (S5) — Titulação ácido-base¹⁸

Simulação computacional de titulações ácido base, pelo método colorimétrico e potenciométrico.



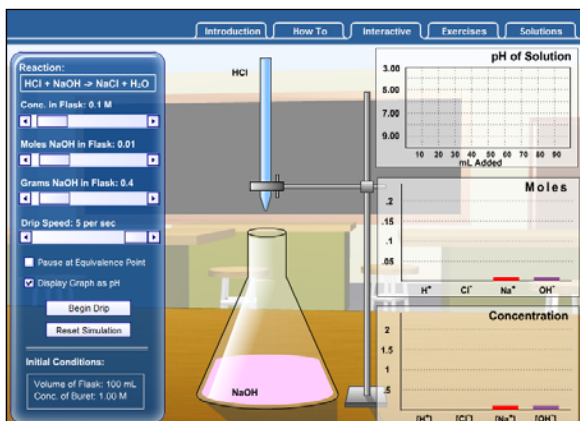
¹⁶ A simulação S3 pode ser consultada em:
http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/acid-base-solutions

¹⁷ A simulação S4 pode ser consultada em:
http://auth.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_7e_esp/crm3s5_5.swf

¹⁸ A simulação S5 pode ser consultada em:
http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/stoichiometry/a_b_phtitr.html

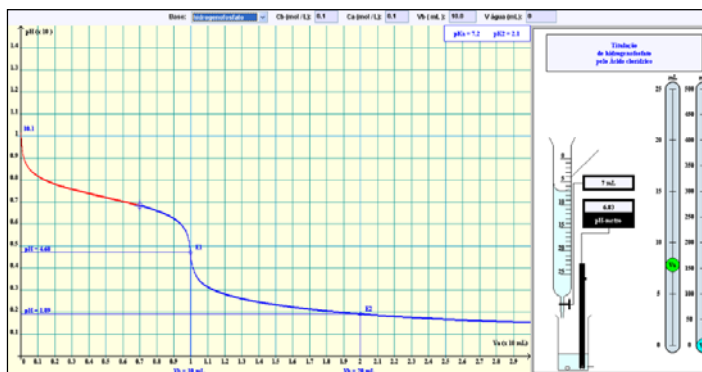
Simulação 6 (S6) — Titulação ácido-base¹⁹

Simulação computacional de uma titulação ácido-base, pelos métodos colorimétrico e potenciométrico.



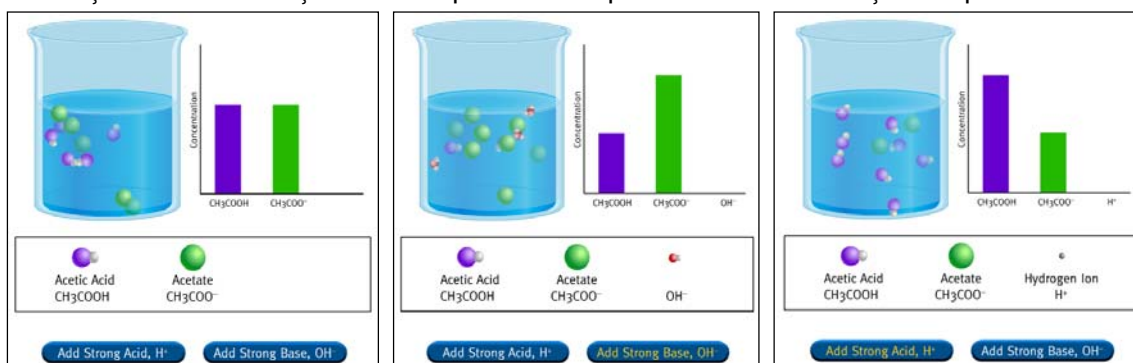
Simulação 7 (S7) — pH - Curva de titulação²⁰

Simulação de titulações que permite usar um significativo número de ácidos a serem titulados (ou bases a serem tituladas).



Simulação 8 (S8) — Soluções tampão²¹

Simulação com visualização microscópica dos componentes de uma solução tampão.



¹⁹ A simulação S6 pode ser consultada em:
http://glencoe.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0035715985/117354/Titration_Nav.swf::Titration%20Simulation

²⁰ A simulação S7 pode ser consultada em:
<http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/dosage/phmetre/dosage.htm>
 (Tradução em português disponível na <http://www.casadasciencias.org/>)

²¹ A simulação S8 pode ser consultada em:
http://auth.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_7e_esp/acm3s4_15.swf

A exploração adequada da simulação 3 contribui para um elevado grau de aprendizagem, comparativamente à simulação 1 e 2. A simulação 3 permite:

- a compreensão da força de um ácido e de uma base;
- visualização e entendimento da concentração de uma solução;
- descrever em palavras e imagens (gráficos ou estruturas moleculares) o que significa uma solução concentrada de um ácido fraco (ou base) ou solução concentrada de um ácido forte (ou base) ou outras combinações;
- investigar combinações diferentes de força/concentrações que resultem em valores de pH iguais; e
- descrever como aparelhos/materiais comuns (medidor de pH, condutividade, papel indicador) ajudam a identificar se uma solução é um ácido ou base e forte ou fraco e concentrado ou diluído.

O manual escolar *Química 11* (Barros *et al.*, 2013:136;137;150) recomenda a exploração das simulações 1, 2 e 4. As referidas simulações são de acesso fácil e graficamente muito bem elaboradas. Constituem uma boa opção como atividade pré-laboratorial à atividade laboratorial AL 2.3 Neutralização: uma reação ácido-base. A simulação 5 é uma animação em *Flash*[®] integrada numa página *web* que permite ao utilizador simular uma titulação, ou se preferir realizar uma reação ácido base determinando a molaridade da solução colocada na bureta. Da autoria de Tom Greenbowe, Coordenador do Departamento de Química da Universidade do Iowa, a animação é interativa, exigindo do utilizador que siga os passos nela indicados. A simulação está bastante completa, tendo em consideração os seus vários predicados: permite selecionar várias soluções de ácidos ou bases; efetuar a titulação ácido-base pelos métodos colorimétrico e potenciométrico; medição do pH (através da introdução dos elétrodos); e no final da titulação, permite selecionar a visualização do respetivo gráfico.

Como desvantagens, não apresenta guião de exploração e visão microscópica. A simulação 6 também é muito interessante e está bem detalhada, fundamentada e apelativa em termos visuais. Para além da visualização macroscópica, permite a visualização microscópica e análise gráfica simultânea do pH da solução, quantidade química e concentração dos vários componentes da solução. Contudo, refere-se apenas à reação de neutralização do HCl com o NaOH. Podem-se observar várias curvas de titulação na simulação 7. O utilizador pode controlar o volume da amostra a titular e o do titulante. Ao fazê-lo de forma dinâmica, a curva de titulação (inicialmente a azul) vai sendo desenhada (a vermelho) permitindo saber a cada instante o valor do volume e do pH. Na simulação 8 é possível visualizar a alteração da estrutura molecular que ocorre após adição de um ácido forte ou de uma base forte, e respetivas concentrações representadas num gráfico. De acordo com o descrito em cada simulação, são vários os pontos fortes e as limitações, sempre presentes e inevitáveis das simulações.

Pela pesquisa e análise de várias simulações, verifica-se que a maioria das simulações existentes é específica, centrando-se em aspetos particulares do ácido-base. Deste modo,

seria bastante útil conjugar a utilização das várias simulações por meio da construção de recursos mais completos, que introduzissem os aspetos mais positivos e procurassem minimizar ou anular a presença de alguns negativos. Uma das maiores lacunas associada a muitos dos recursos analisados é a ausência de informação complementar, bem como a falta de identificação das limitações e pressupostos.

Seguidamente, apresenta-se a tabela resumo da classificação de cada simulação que obedece aos seguintes critérios: × Não satisfaz; √ Satisfaz; √√ Satisfaz bastante.

Tabela 7 - Comparação das simulações analisadas.

Simulação	Parâmetros						Observações
	Tempo de acesso/utilização	Interatividade	Facilidade de utilização	Qualidade gráfica	Documentação associada	Contributo para a aprendizagem	
S1	√√	√	√√	√√	×	√	— Visão microscópica e gráfica. — Explicação oral, em inglês, dos fenómenos observados.
S2	√√	√	√√	√√	×	√	— Visão microscópica e gráfica. — Explicação oral, em inglês, dos fenómenos observados.
S3	√√	√√	√√	√√	√	√√	— Visão simultânea macroscópica, microscópica e gráfica. — Apresenta muitas opções ao utilizador. — Possibilidade de fazer o <i>download</i> da aplicação.
S4	√√	√	√√	√√	×	√√	— Visão simultânea macroscópica, microscópica e gráfica. — Explicação oral, em inglês, dos fenómenos observados.
S5	√	√√	√√	√√	×	√√	— Visão macroscópica e gráfica. — Apresenta muitas opções ao utilizador.
S6	√	√√	√√	√√	√	√√	— Visão simultânea macroscópica e gráfica. — Apresenta algumas opções ao utilizador. — Explicação oral, em inglês, dos fenómenos observados.
S7	√	√√	√√	√	√	√	— Visão simultânea macroscópica e gráfica. — Apresenta algumas opções ao utilizador.
S8	√√	√	√√	√√	×	√	— Visão microscópica e gráfica. — Explicação oral, em inglês, dos fenómenos observados.

As experiências no sentido da maximização da utilização de *software* educativo, no âmbito de um pragmatismo pedagógico, demonstraram a necessidade de guiar minimamente os alunos na exploração dos recursos digitais. Os alunos manifestam uma tendência para se dirigirem apressadamente para as aplicações sem subtraírem o desejável proveito da tecnologia. A simples colocação dos alunos, individualmente ou em grupo, frente a programas educativos, revela que os primeiros tendem a dispersar-se pela reprodução de cliques muitas

vezes aleatórios, sem objetivos, sem apelos à reflexão que pode permitir a construção do conhecimento e a consolidação reflexiva da aprendizagem.

São vários os graus de aprendizagem que as simulações *on-line* relacionadas com o tema ácido-base apresentam. Umhas apresentam uma representação microscópica do sistema, chegando mesmo a proporcionar representações moleculares mais elaboradas, simulando o movimento constante e a variação que resulta nas quantidades relativas, com o estabelecimento do equilíbrio ou determinada perturbação efetuada. Considera-se muito importante a visão microscópica dos sistemas, tendo em consideração as dificuldades da Química para estabelecer uma relação profícua entre os mundos macroscópico e microscópico.

Outros recursos centram-se em simular macroscopicamente a evolução do sistema, representando titulações, medições de pH, alteração de cor de um indicador, entre outras. Por sua vez, algumas simulações envolvem simultaneamente os vários tipos de conteúdos, apresentando também tratamento de dados da respetiva simulação, representações gráficas e exercícios de aplicação interativos. Uma das maiores lacunas associada a muitos dos recursos analisados é a ausência de informação complementar, bem como a identificação das limitações e pressupostos. Tal como já foi referido, a simulação, por si só, não responde a dúvidas que possam surgir aos alunos e nem mesmo à sua curiosidade. No entanto, a associação de informação complementar a uma simulação, a possibilidade de orientar a sua utilização e o seu enquadramento com outros recursos disponíveis, poderão tornar mais ativa a participação dos alunos, bem como responder mais amplamente às suas incertezas e interrogações.

Pode fazer-se uma pequena abordagem a dois tipos de recursos que funcionam como materiais de apoio na aplicação de uma simulação computacional: os roteiros de exploração e as *WebQuests*. Perante um programa educativo os alunos tendem a "cliquear" desordenadamente, muitas vezes sem o rumo necessário e sem apelos à reflexão, que permitem a estruturação do conhecimento e a consolidação da aprendizagem (Paiva e Costa, 2005). Os roteiros funcionam como guias para a consulta de aplicações, integrando diversas tarefas, como a resposta a questões, registo de dados e reflexões. A própria palavra roteiro tem uma conotação behaviorista (Paiva e Costa, 2005). No entanto, sem desvalorizar as mais-valias do construtivismo, referidas em outros argumentos já apresentados, os roteiros podem ser importantes no enquadramento do aluno perante os «perigos dispersivos a que alguma obsessão de aprendizagem construída pode levar» (ibidem). Paiva e Costa (ibidem) apresentam um conjunto de predicados que os roteiros têm que ter: alcançar o equilíbrio entre a liberdade construtivista e uma orientação mínima; ligar de forma interdependente apontamentos operacionais com outros de cariz reflexivo; *print-screens* que auxiliem a transição entre o *software* educativo e o roteiro de exploração; estimular o debate; uma complexidade crescente; uma apresentação em papel ou em formato digital; flexibilidade, adaptando-se a perfis distintos de alunos (composto por perguntas opcionais e instruções,

propondo aos alunos que acompanhem a exploração com registos pessoais, em papel ou no computador).

Alguns componentes podem ser introduzidos para associar ao roteiro um pendore mais construtivista, como: perguntas mais abertas no final, colocação de desafios e pesquisas adicionais na *internet* relacionadas com o tema. Deve abrir espaços para permitir registos de forma que os alunos possam abordar mais atentamente sobre os temas²². Considera-se também fundamental referir neste ponto o papel das *WebQuests* como atividades de pesquisa orientada, onde parte ou toda a informação com que os alunos interagem, tem origem em recursos disponibilizados na *internet*, sendo possível o seu enriquecimento através de videoconferência (Dodge, 1997). O professor Bernie Dodge começou a desenvolver a estratégia *WebQuest* por volta de 1995, na Universidade de San Diego, para permitir aos professores a integração dos conteúdos da *web* no ensino (March, 1998). Dodge (1995) criou o site *The WebQuest Page*, cujo endereço eletrónico é <http://webquest.org/>. Através deste endereço permite-se o acesso a um conjunto alargado de recursos. É possível identificar dois tipos de *WebQuests*: de curta duração, de cariz disciplinar, que tem como objetivo a aquisição e integração de conhecimento; e de longa duração, com cariz interdisciplinar, que visa a extensão e refinamento do conhecimento (Dodge, 1997). De forma a potenciar a utilização do tempo de pesquisa na *internet*, tendo em consideração uma tarefa estabelecida, uma *WebQuest* deve ter as seguintes características (Dodge, 1997): *a*) apresentar uma introdução que esclarece sobre o tema e fornece informação para uma aproximação introdutória; *b*) propor uma tarefa viável e interessante; *c*) apresentar um leque de fontes de informação fundamentais para concluir as tarefas; *d*) a descrição do processo pelo qual os alunos têm que passar de modo a completarem a tarefa. Este processo deve ser constituído por passos muito bem definidos; *e*) apoio na orientação acerca do modo como deverá ser organizada a informação adquirida; *f*) uma conclusão que recorde os estudantes sobre o essencial do que aprenderam e um possível encorajamento para estender a experiência a outros domínios.

Para além destas, as *WebQuests* podem apresentar atividades de grupo, integrar elementos motivacionais (por exemplo, que coloquem o aluno num papel desafiador) e podem ser interdisciplinares (Dodge, 1997). O perfil motivacional subjacente a estas tarefas tem sido apresentado de uma forma prática por Dodge (2002) e March (2003), a partir do modelo ARCS de Keller (1987): 1. Atenção; 2. Relevância; 3. Confiança; e 4. Satisfação. Neste sentido, uma *WebQuest* bem estruturada deve estar enquadrada por estas quatro componentes propostas (Costa, 2006): ser uma atividade que desperte a atenção dos alunos; seja constituída por um assunto relevante e próximo dos seus interesses; que transmita confiança no apoio proporcionado; e gere satisfação com a certeza de missão cumprida com sucesso.

²² Vários roteiros de exploração para programas e simulações em Química podem ser consultados em <http://www.mocho.pt/> (Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra), especificamente no subdiretório: http://www.mocho.pt/Ensino/recursos/Roteiros_de_Exploracao/quimica/.

3.3. As atividades práticas como didática no ensino da Química

Quando se aborda a questão do empirismo na educação, foca-se a absorção do conhecimento externo. Neste sentido, as fontes do conhecimento são as informações recolhidas a partir do meio exterior pelos sentidos, pelo que há que assegurar que as pessoas para além da capacidade inata para aprenderem, possam ter acesso a experiências para que esta se desenvolva. O empirismo era entendido como uma corrente que defendia um ensino pela imitação, em que as atividades escolares se baseavam principalmente em lógicas facilitadoras da memorização, como a repetição e a cópia. Entende-se então que a perspetiva educativa do empirismo defendia que a informação seria transformada em conhecimento, a partir do momento em que fosse integrada nos hábitos do indivíduo. Atualmente percebe-se uma outra forma de perspetivar o empirismo na educação, entendendo-o como processo de experimentação, ou seja, de ação em vez da receção passiva presente nos exercícios de imitação e memorização. A aprendizagem tem deixado de ser considerada um processo passivo, para se afirmar como uma dinâmica pró-ativa, incentivando para uma ligação direta entre ensino e aprendizagem. Por exemplo, Simões (2007:34) distingue educar de aprender, considerando que aprender visa a modificação dos comportamentos independentemente do sentido. Ao contrário, educar, significa sempre mudar para melhor, em direção aos valores humanos. As experiências, quando ultrapassam os simples exercícios de reprodução dos saberes, podem realmente desenvolver a aprendizagem e a educação.

O empirismo centrava-se essencialmente no saber, sendo este o foco da experiência, mas como se percebe da perspetiva de Simões (2007), é crucial saber ser, ultrapassando os limites do saber, puro e simples, no sentido da humanidade e da formação total: «educar é aprender a ser mais homem, aprender a ser melhor» (2007:36). Segundo Locke (cit. por Simões, *ibidem*), o fundamental da educação não são os saberes mas as disposições que se adquirem: «a cultura pode ainda ser entendida, não como um conjunto de saberes, mas como uma relação do sujeito com o saber» (Simões, 2007:37). As experiências empíricas, para além do empirismo, ultrapassam a limitada interiorização de cultura, que segundo Simões (*idem*:38) não assegura a moralidade, a competência prática e o saber-fazer.

Segundo Jerome S. Bruner (1999:50), na última década as experiências pedagógicas têm contribuído para a afirmação das capacidades cognitivas e intelectuais, como forma de obter recompensa, isto é, indicador de eficácia - quando aquele que está a aprender reconhece o poder cumulativo da aprendizagem. Neste sentido, o mesmo autor (*idem*, 54) defende que as práticas educativas devem partir de quatro pressupostos, dos quais sobressai claramente a necessidade de introduzir na educação princípios de reciprocidade. O empirismo e as experiências surgem de algum tempo aos dias de hoje como estratégias para a afirmação de um (novo) modelo educativo, assente:

- numa conceção de conhecimento que ultrapassa um sistema dogmático de educação;
- numa conceção com base em diferentes referências;
- nas formas de executar, associadas com a produção e as técnicas necessárias ao funcionamento da sociedade;

- em valores e interesses que apontam para a capacidade dos objetos, das ideias ou das pessoas para satisfazer necessidades e concretizar objetivos;
- no significado global, entendido como o sentido da atividade humana.

Como sublinha Miguel Guerra (2002:154), na escola realizam-se diversas aprendizagens não regulamentadas, sendo a educação principalmente «um fenómeno de comunicação», através do qual se constrói um projeto viável empenhado no futuro (Morgado, 1999). A aprendizagem de novas respostas exige o estabelecimento de relações, na «escola como espaço social» (Sanches *et al.*, 2009), uma vez que segundo Bruner (2000) só através de uma participação plena na cultura é que a mente se realiza, num processo nem sempre linear de «transferências positivas», sob «influência comportamental» e o «uso do reforço», no sentido da «modificação do comportamento» com «consistência», recorrendo à «técnica das aproximações sucessivas» (Sprinthall e Sprinthall, 1993:256 - 264).

Na perspetiva do empirismo o indivíduo tem um papel insignificante na elaboração e aquisição do conhecimento num processo formal de educação, sendo-lhe assim limitada a sua participação plena na cultura. Perante as ações pedagógicas do empirismo tradicional, marcado pela ausência de questionamento dos conteúdos trabalhados, pelas aulas expositivas e pela falta de interação entre professor e aluno, é fundamental enfrentar aquilo que Marçal Grilo (2000) apelida de «desafios da educação». Estes «desafios» exigem novas experiências tendo em conta as características das realidades e contextos, como sublinha Marçal Grilo (*idem*, 50): «(...) importa que a escola saiba assumir este papel polivalente de estrutura, cujos meios e formas de atuação são estabelecidos em função de objetivos educacionais e sociais.».

3.3.1. Regência — Volumetria de ácido-base e Atividade Laboratorial 2.3 - Neutralização: uma reação ácido-base

No 3.º período do Ano Letivo de 2012/2013 lecionou-se uma regência de Química, da disciplina de Física e Química A, a uma turma do 11.º ano do Ensino Secundário. A regência teve como conteúdos a Volumetria de ácido-base e a realização da Atividade Laboratorial AL 2.3 Neutralização: uma reação de ácido-base, de acordo com o plano de aula apresentado no Anexo 6. Os conteúdos explorados dizem respeito à Unidade 2: Da Atmosfera ao Oceano: Soluções da Terra e para a Terra, na qual está inserido o tema ácido-base. Com o objetivo de avaliar os conhecimentos dos alunos sobre o tema ácido-base, antes do início da Unidade 2 da componente de Química, foi entregue um questionário pré-teste (Anexo 11) aos 20 alunos do 11.º Ano, turma da Orientadora Pedagógica, no âmbito da disciplina de Física e Química, da Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras. Posteriormente, no final da subunidade 2.3.1. Acidificação da chuva, também foi entregue um questionário pós-teste (Anexo 10) com as mesmas perguntas do pré-teste, acrescido de um grupo de questões para aferir a avaliação dos alunos no que respeita ao interesse gerado pela atividades desenvolvidas nas aulas da disciplina de Física e Química. A reflexão sobre as respostas às questões deste grupo adicional

do pós-teste é feita no ponto 3.2. sobre as tecnologias de informação e comunicação no ensino das Ciências.

A aplicação destes dois momentos de análise, *ex-ante* e *ex-post*, teve como objetivo avaliar os conhecimentos dos alunos do 11.º ano sobre o tema ácido-base. O pré-teste funcionou como teste de diagnóstico, anterior ao desenvolvimento de conteúdos e experiências práticas, enquanto o pós-teste possibilitou a avaliação das aprendizagens, aquisição e aplicação dos conhecimentos. O número de alunos que respondeu corretamente à primeira questão do questionário (1. O que entende por ácidos?), aumentou do pré-teste para o pós-teste (tabela 8).

Tabela 8 - Número de alunos do 11.º ano que respondeu à questão 1. O que entende por ácidos?, no pré-teste e no pós-teste.

	Número de alunos	
	Pré-teste	Pós-teste
Responderam corretamente	15	18
Responderam incorretamente	2	1
Não responderam	3	1

Na segunda questão do questionário (2. O que entende por bases?) aumentou de forma totalmente igual o número de respostas corretas do pré-teste para o pós-teste (tabela 9).

Tabela 9 - Número de alunos do 11.º ano que respondeu corretamente à questão 2. O que entende por bases?, no pré-teste e no pós-teste.

	Número de alunos	
	Pré-teste	Pós-teste
Responderam corretamente	15	18
Responderam incorretamente	2	1
Não responderam	3	1

Verificou-se que os alunos do 11.º ano responderam de forma diferente no pré-teste e no pós-teste, dado o desenvolvimento de conteúdos que foi feito sobre as reações ácido-base. De acordo com os programas curriculares, apenas no 11.º ano se introduzem os conceitos de ácido forte/fraco e base forte/fraca, concentração de uma espécie ácida ou básica numa solução aquosa e variação do pH com a temperatura. Deste modo, enquanto que:

- no pré-teste os alunos se limitavam a identificar ácidos como substâncias que têm $\text{pH} < 7$ e bases, substâncias com $\text{pH} > 7$;
- após a lecionação dos conteúdos previstos para as reações ácido-base, alguns já respondem de forma mais elaborada, referindo que ácido é uma espécie doadora e base uma espécie recetora de protões (8 alunos), e ácidos originam H_3O^+ e bases originam OH^- quando reagem com água (1 aluno);
- por sua vez 3 alunos referem que ácido é toda a substância que em solução aquosa, a concentração de H_3O^+ é superior à concentração de OH^- e que base é toda a substância que em solução aquosa, a concentração de OH^- é superior à concentração de H_3O^+ .

Em relação à questão 3 dos questionários, os resultados obtidos permitem concluir que houve uma pequena mudança conceptual na identificação do carácter ácido ou básico das soluções apresentadas. Após análise e tratamento dos dados, verificou-se que no pré-teste 65,8% dos alunos responderam corretamente e no pós-teste 68,3%, o que traduz um aumento pouco significativo de respostas corretas. Este fato poderá dever-se a que no 11.º ano desenvolvem-se os conceitos científicos envolvidos nas reações ácido-base e não apenas a identificação de soluções ácidas, básicas e neutras. Como era espetável, de acordo com os dados da tabela 10, o sumo de limão e o vinagre foram as soluções identificadas corretamente e de modo significativo, logo no pré-teste. Os alunos não responderam corretamente em maior número, na classificação do leite e da *Aspirina*®. Classificam, na maioria, o leite e a *Aspirina*® com carácter químico básico. Por sua vez, a alteração concetual mais significativa, do pré-teste para o pós-teste, verificou-se na classificação que os alunos fizeram da *Coca-Cola*®. O número de respostas corretas diminuiu do pré-teste para o pós-teste, na classificação do sumo de limão, *Aspirina*® e pasta dentífrica. É de salientar que não responderam 2 alunos no pós-teste, à classificação do sumo de limão, *Aspirina*®, água destilada, pasta dentífrica e 1 aluno à classificação da lixívia, leite, sumo de laranja, *Sonazol*®.

Tabela 10 - Número de alunos do 11.º ano que respondeu corretamente à questão 3. no pré-teste e no pós-teste.

	Número de alunos de respondeu corretamente	
	Pré-teste	Pós-teste
Lixívia	13	17
<i>Coca-Cola</i> ®	15	20
Sumo de limão	20	18
Limpa-vidros	15	15
Leite	2	3
Vinagre	17	18
Maçã	9	10
<i>Aspirina</i> ®	8	3
Sumo de laranja	13	16
Água destilada	16	17
Pasta dentífrica	17	13
<i>Sonazol</i> ®	13	14

Na questão 4 (Com um indicador ácido-base pode-se determinar se uma solução...), de resposta aberta, não existem grandes diferenças entre o pré-teste e o pós-teste. No pré-teste, 2 alunos responderam incorretamente, 10 responderam “é básica ou ácida” e 8 alunos responderam corretamente “é básica, ácida ou neutra”. No pós-teste, apenas 1 aluno respondeu de forma incorreta, escrevendo fenolftaleína, o que indica a tendência que os alunos têm em não ler devidamente as questões, pois referiu um indicador ácido-base em vez de responder ao que era pedido. Por sua vez, 12 responderam “é básica ou ácida” e 7 alunos responderam corretamente “é básica, ácida ou neutra”. Através da questão 5, por sua vez,

procurou-se identificar a relação que os alunos conseguem estabelecer entre a acidez de uma solução e o valor do pH.

Tabela 11 - Número de alunos do 11.º ano que respondeu corretamente às alíneas da questão 5. no pré-teste e no pós-teste.

	Número de alunos de respondeu corretamente	
	Pré-teste	Pós-teste
5.1. Com um medidor de pH pode-se identificar o grau de acidez de uma solução aquosa.	20	20
5.2. Quando se coloca num copo de água algumas gotas de limão e noutro o sumo de um limão inteiro, obtêm-se duas soluções ácidas, mas a segunda é mais ácida do que a primeira. O valor de pH é inferior na segunda solução.	12	13
5.3. Quando o estômago fica ainda mais ácido sentimos aquilo que se denomina por “azia”. Para a reduzir algumas pessoas necessitam tomar um medicamento que contenha na sua constituição substâncias alcalinas ou básicas.	20	20
5.4. Uma substância com pH abaixo de 7 é ácida.	20	20
5.5. Uma substância com pH acima de 7 é básica.	20	20

Pela análise da tabela anterior verifica-se que todos os alunos responderam corretamente às questões no pré-teste e pós-teste, à exceção da questão 5.2., em que apenas 12 alunos responderam corretamente no pré-teste e 13 alunos no pós-teste. Este facto poderá dever-se à interpretação incorreta da mesma e/ou dificuldade por parte dos alunos em estabelecer a relação entre acidez de uma solução e o valor de pH. Como se refere no desenvolvimento do ponto 3.3.2.1. sobre a atividade intitulada *A magia da Química e das Palavras*, o questionário pós-teste foi alterado e nas questões 5.2. e 5.3. colocou-se um espaço para a apresentação da justificação para a opção selecionada. Na justificação à opção escolhida na *questão 5.2*, 5 alunos não responderam e 3 justificam erradamente. Por sua vez, na justificação à opção escolhida na *questão 5.3*, 7 alunos não responderam e apenas 1 justifica a sua opção incorretamente, todos os outros justificam corretamente a opção selecionada indicando que ocorreu uma reação de neutralização.

No global, as justificações dadas pelos alunos refletem os conhecimentos dos mesmos sobre a relação entre a acidez de uma solução e o valor de pH, e simultaneamente que percebem o porquê da ingestão de medicamentos que contenham na sua constituição substâncias alcalinas ou básicas. Como se refere no ponto de desenvolvimento sobre as conceções alternativas relacionadas com ácidos e bases, observaram-se na prática letiva as conceções alternativas dos alunos relacionadas com o tema ácido-base. As conceções observadas na prática letiva foram: “uma reação de um ácido com uma base origina sempre soluções neutras”; “o valor de pH de uma solução é independente da temperatura”; e “a escala de pH não tem valores menores do que zero nem maiores do que catorze”.

O pré-teste e o pós-teste tiveram um grupo de questões para identificar a existência de conceções alternativas nos alunos do 11.º ano. O grupo de questões foi elaborado com

base em conceitos alternativos já identificados em estudos prévios. Os objetivos focaram a análise sobre os conhecimentos dos alunos para perceber se estes possuem concepções alternativas e se conseguem associar o conhecimento empírico aos conceitos científicos, ou seja, se o vocabulário usado no quotidiano entra em conflito com os termos científicos. Cada uma das afirmações apresentadas na estrutura da questão 6 foi colocada com um objetivo específico associado, com o objetivo de conhecer as concepções dos alunos. Os resultados obtidos através dos instrumentos de observação, para as afirmações da questão 6, encontram-se resumidos na tabela seguinte.

Tabela 12 - Percentagem de respostas erradas dos alunos às alíneas da questão 6. no pré-teste e no pós-teste.

	Objetivos	% de respostas erradas	
		Pré-teste	Pós-teste
6.1. O sabor dos ácidos é amargo e apimentado.	Pretende-se avaliar se os alunos pensam que todos os ácidos são amargos e apimentados pelo facto de alguns ácidos que se podem ingerir (ácido acético presente no vinagre ou ácido cítrico dos limões), apresentarem características ácidas.	70,0%	60,0%
6.2. Todas as substâncias com cheiros fortes são ácidas.	Inquirir se os alunos associam o cheiro forte só a ácidos ou também a bases e outras substâncias químicas.	30,0%	10,0%
6.3. Todos os ácidos são fortes e “poderosos”.	Averiguar se os alunos têm a noção de que diferentes ácidos têm características diferentes.	30,0%	10,0%
6.4. As substâncias ácidas não podem ser ingeridas.	Avaliar se os alunos sabem que algumas substâncias com carácter ácido podem ser consumidas.	5,0%	10,0%
6.5. As substâncias que provocam queimaduras são todas ácidas.	Averiguar se os alunos pensam que só os ácidos provocam queimaduras.	30,0%	20,0%
6.6. Os frutos são alcalinos.	Avaliar se os alunos sabem que os frutos podem ter características ácidas ou básicas.	30,0%	35,0%
6.7. Os ácidos fortes originam soluções de pH mais elevado do que ácidos fracos.	Verificar se os alunos associam corretamente a escala de pH às características do ácido.	5,0%	20,0%
6.8. Todos os ácidos fortes são ácidos concentrados.	Diagnosticar se os alunos confundem ácidos fortes com soluções concentradas.	65,0%	55,0%
6.9. Todos os ácidos e bases são perigosos e fazem mal.	Verificar se os alunos sabem que algumas substâncias com carácter ácido ou básico podem ser manuseadas sem qualquer perigo e que muitas até se encontram nos alimentos.	5,0%	5,0%
6.10. A reação de um ácido com uma base origina sempre soluções neutras.	Analisar se os alunos têm a noção de que nem sempre a adição de um ácido a uma base origina uma solução com pH=7.	25,0%	20,0%
6.11. Soluções aquosas de sais não têm valor de pH.	Diagnosticar se os alunos têm a noção de que as soluções aquosas de sais têm valores de pH.	30,0%	25,0%

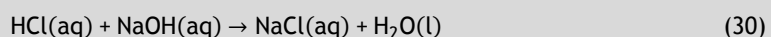
Pela análise dos resultados obtidos, verifica-se que antes e após a lecionação do tema ácido-base continuam a existir concepções alternativas. Sendo de salientar que as respostas erradas aumentaram nas alíneas 6.6. e 6.7. Embora as percentagens não sejam significativas, este fato poderá dever-se à interpretação incorreta da afirmação, nomeadamente na alínea 6.7. As alíneas em que verificou uma maior percentagem de respostas erradas foram: a 6.1. (60%), seguida da 6.8. (55%) e 6.6. (35%). A alínea 6.8. é constituída por uma concepção alternativa muito comum nos alunos, pois facilmente associam erradamente conceitos científicos a termos utilizados na linguagem do quotidiano. Por exemplo, consideram que concentrado significa forte. Pela lecionação e observação das aulas sobre o tema ácido-base, verificou-se que há uma certa dificuldade de alguns alunos em assimilar, por mais que tenha sido detalhado e esclarecido, que quando se refere concentrado e diluído, estes termos referem-se à concentração de uma espécie ácida ou básica numa solução aquosa, por sua vez, os termos forte e fraco referem-se à extensão da reação de ionização/dissociação, tanto para ácidos como para bases. As alíneas que apresentaram uma evolução positiva mais significativa (20%) no pós-teste, foram as alíneas 6.2. e 6.3. Salienta-se em relação à concepção alternativa a aferir através da alínea 6.10. (Uma reação de um ácido com uma base origina sempre soluções neutras), com 25% das respostas corretas no pré-teste e 20% no pós-teste, que durante a regência ministrada sobre o tema ácido-base um dos alunos afirmou perentoriamente que como se tratava de uma reação de neutralização a solução resultante seria neutra. Daqui se denota a incorreta utilização e associação dos termos.

Explicou-se que o termo neutralização não significa que a solução resultante seja neutra, apesar de uma reação de neutralização ser uma reação entre um ácido e uma base cujo resultado é um sal e água. No ponto de equivalência, todo o ácido reage com toda a base existente, ou seja, as quantidades químicas do ácido e da base encontram-se nas quantidades estequiométricas. Contudo, dependendo da força relativa de cada espécie envolvida na reação, os sais formados podem ser neutros, ácidos ou básicos.

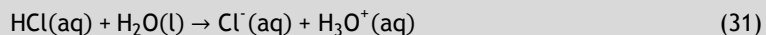
Como já foi referido, no 3.º período do Ano Letivo 2012/2013 lecionou-se uma regência de Química, da disciplina de Física e Química A, a uma turma do 11.º ano do Ensino Secundário. Inicialmente a aula a ministrar tinha como objetivo a realização da Atividade Laboratorial AL 2.3 — Neutralização: uma reação de ácido-base. Contudo, no dia anterior à aula assistida não foi ministrada uma aula prevista de 90 minutos, que tinha como objetivo fazer a introdução à Volumetria de ácido-base. Deste modo, teve de se alterar o plano de aula (Anexo VI), nomeadamente o desenvolvimento das atividades, de acordo com os conteúdos programáticos já ministrados e tendo especial atenção aos pré-requisitos necessários à realização da atividade laboratorial, de forma a cumprir os objetivos curriculares. De seguida descreve-se a regência que teve como base o plano de aula apresentado no anexo VI e analisam-se, em simultâneo, os conteúdos científicos envolvidos.

Depois da acomodação dos alunos e registo do sumário no quadro, deu-se continuação à aula relembrando as reações de neutralização, referindo a sua importância no tratamento físico-químico de resíduos perigosos. Foi sublinhado que a nível industrial se utiliza um tanque

onde são misturados resíduos e bases, de proveniências diversas, que se neutralizam mutuamente. Como medida de segurança testa-se sempre a presença de cianetos em todos os resíduos que são introduzidos no tanque, pois em meio ácido estes originam ácido cianídrico, um gás extremamente tóxico que mataria quem estivesse por perto. Apresentou-se também o exemplo muito comum das pastilhas digestivas que neutralizam o excesso de acidez no estômago. Na sessão letiva lembrou-se, como já tinha sido estudado no 8.º ano de escolaridade, que uma reação de neutralização é uma reação entre um ácido e uma base, originando sal e água. Deu-se como exemplo, a reação entre o ácido clorídrico e o hidróxido de sódio que origina cloreto de sódio e água.



Relembrou-se que os ácidos e as bases fortes estão completamente ionizados/dissociados em solução aquosa. Explicou-se que para HCl (ácido forte que se ioniza completamente) e NaOH (base forte que se dissocia completamente), as equações de ionização e de dissociação são, respetivamente:



Referiu-se que a mistura de quantidades estequiométricas de, HCl, ácido forte, e de NaOH, base forte, pode traduzir-se pela equação química:



Como se pode observar há partículas que: efetivamente reagem — $\text{H}_3\text{O}^{\oplus}$ e OH^{\ominus} ; são apenas iões espetadores, Cl^{\ominus} e Na^{\oplus} . Eliminando os iões espetadores tem-se:



Explicou-se que esta reação pode considerar-se praticamente completa, resultando uma solução de um sal neutro, o cloreto de sódio. Num passo seguinte foi destacado o facto de que uma reação ácido-base é, muitas vezes, utilizada no laboratório como ponto de partida para a determinação rigorosa da concentração desconhecida de uma solução (ácida ou alcalina) — neste caso designada titulação ácido-base. Solicitou-se aos alunos que abrissem o seu manual (Simões *et al.*, 2011b) na página 114 e que sublinhassem as condições para que uma reação química sirva de base a uma titulação (1.º conhecimento da reação química, única, rápida e completa; 2.º medição rigorosa de volumes e massas; 3.º deteção do ponto final da titulação).

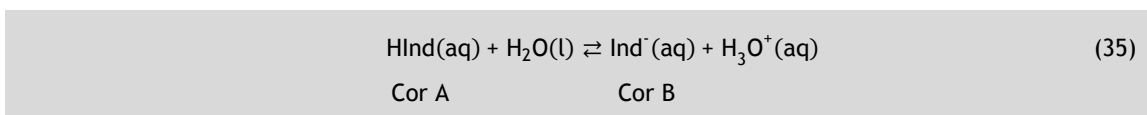
Foi sublinhado que uma das técnicas mais importantes em química analítica é a titulação. Esta técnica permite determinar a concentração através da reação completa com outra de concentração desconhecida. Explicou-se que a titulação se realiza pela adição de uma solução contida numa bureta, o titulante, a uma solução contida num balão de *erlenmeyer*, o titulado, até se atingir o ponto de equivalência. Na titulação ácido-base é

determinada a concentração de um ácido fazendo-o reagir com uma base de concentração conhecida, ou a concentração de uma base fazendo-a reagir com um ácido de concentração conhecida. De seguida, salientar que o ponto de equivalência é a altura em que o titulado reagiu completamente com o titulante. Numa reação ácido-base, o ponto de equivalência atinge-se quando as quantidades de ácido e base estão nas proporções estequiométricas da reação, evidenciadas pela respetiva equação química. Referiu-se que no caso particular da reação entre um monoácido e uma monobase, $n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$.

Posteriormente, foi explicado como se deteta o ponto de equivalência - à medida que se vai adicionando o titulante ao titulado, o pH da solução vai variando. Próximo do ponto de equivalência há uma variação brusca de pH, contudo, na prática, é muito difícil detetar exatamente o ponto de equivalência, sendo, por isso, detetado o ponto final através de uma variação brusca de uma propriedade física ou química do titulado. A deteção do ponto final pode ser realizada através de um: indicador colorimétrico de ácido-base — método colorimétrico; e de um medidor de pH — método potenciométrico.

O pH mede-se rigorosamente com os medidores de pH designados por pH metro (Dantas *et al.*, 2008). O traçado da curva de titulação permite determinar o ponto final da titulação sem recurso a qualquer indicador. Chama-se titulação potenciométrica, já que exige um medidor de pH. No caso do método colorimétrico, o ponto final da titulação é a altura em que há uma variação de uma propriedade física como a cor, ou seja, o indicador muda de cor. Se o indicador for bem escolhido, o ponto final da titulação estará muito próximo do ponto de equivalência. Contudo, é necessário ter uma atenção acrescida quando a titulação está próxima do ponto final. O titulante deve ser adicionado gota a gota, já que a mudança de cor do indicador deve ser provocada pela adição de um volume mínimo.

Um indicador colorimétrico de ácido-base é uma substância (ácido ou base orgânicos, fracos), em solução aquosa ou outra, cuja cor muda num intervalo de pH conhecido, ou seja, a cor da forma ácida é diferente da cor da forma básica conjugada. Comercialmente, os indicadores existem em fita ou na forma de solução. Também se pode medir aproximadamente o valor de pH com o chamado indicador universal, que é constituído por uma mistura de vários indicadores. Este indicador vai mudando sucessivamente de cor conforme o pH do meio. Se designarmos por HInd a forma genérica de um indicador, teremos:



Adicionando uma solução ácida, pelo princípio de *Le Châtelier*, a concentração dos iões H_3O^+ aumenta e o equilíbrio desloca-se no sentido inverso, aparecendo a cor A. Adicionando o indicador a uma solução básica, a concentração dos iões H_3O^+ diminui e o equilíbrio desloca-se no sentido direto, aparecendo a cor B. Contudo, para cada indicador ácido-base está definido um intervalo de valores de pH designado por zona de viragem, em que o indicador apresenta uma cor correspondente à mistura das cores ácida e alcalina. Apresenta-se de seguida uma tabela de indicadores ácido-base e respetivas zonas de viragem.

Indicador	pK_{ind}	Zona de viragem	Cor da forma ácida	Cor da forma alcalina
Azul de bromofenol	3,9	2,8-4,6	Amarela	Azul
Alaranjado de metilo	3,7	3,1-4,4	Vermelha	Amarela
Verde de bromocresol	4,7	3,8-5,4	Amarela	Azul
Vermelho de metilo	5,1	4,4-6,2	Vermelha	Amarela
Tornesol	6,4	5,0-8,0	Vermelha	Azul
Azul de bromotimol	6,9	6,0-7,6	Amarela	Azul
Fenolftaleína	9,1	8,3-10,0	Incolor	Carmim
Amarelo de alizarina	11,0	10,0-12,1	Amarela	Vermelha

Figura 14 - Indicadores ácido-base e respetivas zonas de viragem (Simões *et al.*, 2011b).

Posteriormente apresentou-se o diapositivo 3 do *PowerPoint*[®] preparado para a aula (Anexo VII). Descreveu-se a imagem representativa das cores que os indicadores: alaranjado de metilo, azul de bromotimol e fenolftaleína apresentam, em meio ácido e básico.

Salientou-se, uma vez mais que, rigorosamente, a mudança de cor não é perceptível no ponto de equivalência, mas apenas quando este já foi ultrapassado pela adição de um ligeiro excesso de titulante, sendo que, o que se determina experimentalmente é o ponto final. Através da explicação procurou-se facilitar a compreensão de que para se escolher o indicador mais adequado numa dada titulação ácido-base, tem de se saber o ponto de equivalência, o que é feito através de uma curva de titulação. Referiu-se que curva de titulação é um gráfico que traduz a variação do pH da solução titulada, à medida que se adicionam volumes conhecidos de solução titulante, sendo que a determinação do valor de pH é efetuada através de um medidor de pH. Apresentou-se o diapositivo 4, com animação, de modo a que as curvas de titulação aparecessem enquanto era efetuada, simultaneamente, a análise correspondente.

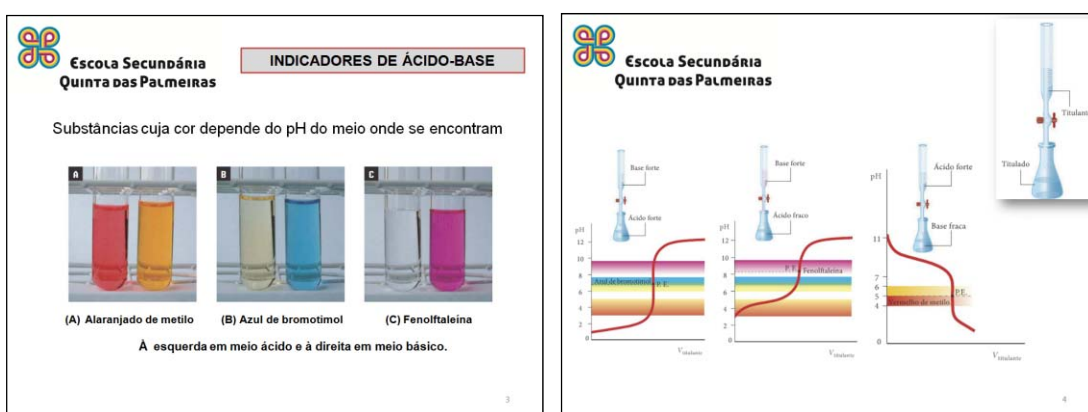
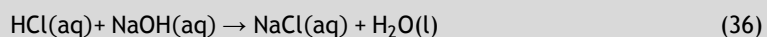


Figura 15 a) e b) - Diapositivos 3 e 4 do *PowerPoint*[®] apresentado na aula.

Iniciou-se a explicação com a curva da titulação de um ácido forte com uma base forte: no início o pH da solução de HCl é 1. À medida que se adiciona a solução de hidróxido de sódio, o pH vai aumentando. Lentamente, ao princípio, até que próximo do ponto de

equivalência há um salto muito brusco do pH (de 3 para 10). Na parte abrupta da curva, a zona de inflexão corresponde ao ponto de equivalência, 7 a 25 °C:



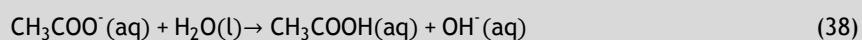
Foram expostos conteúdos, com o objetivo de potenciar a aprendizagem de que o indicador adequado é aquele cuja zona de viragem contém o ponto de equivalência. Contudo, em casos como este, pode escolher-se qualquer indicador cuja zona de viragem esteja contida na zona abrupta da curva da titulação. Concluiu-se com os alunos dois pontos essenciais (Dantas *et al.*, 2008): primeiro, quanto mais estreita a zona de viragem de um indicador, mais adequada a sua utilização; segundo, quanto mais abrupta a zona de salto do pH na curva de titulação, mais fácil se torna a escolha do indicador.

Depois de se atingir e refletir sobre esta conclusão, foi pedido aos alunos que consultassem o Quadro II da página 116 do manual, e escolhessem o indicador adequado (fenolftaleína, azul de bromotimol e alaranjado de metilo) para a curva de titulação analisada. Chegaram à conclusão que o azul de bromotimol seria o mais adequado, contudo qualquer um destes indicadores pode ser utilizado, dada a variação acentuada do pH junto do ponto de equivalência. A adição de uma ou duas gotas de titulante é suficiente para provocar a alteração da cor, permitindo assim, identificar o ponto final da titulação. Na fase posterior destacou-se que o termo neutralização não significa que a solução resultante seja neutra. Perante esta afirmação observou-se alguma perplexidade e surpresa nos alunos, que já detinham essa conceção alternativa. Daqui, surgiu a pergunta de modo a estimular o espírito crítico dos alunos: *Será que, à temperatura de 25°C, o pH no ponto de equivalência de uma titulação ácido-base é sempre igual a 7?* Salientou-se que isso só é verdade se a titulação for entre um ácido forte e uma base forte. Ou seja, na titulação de um ácido fraco ou na titulação de uma base fraca o pH no ponto de equivalência é diferente de 7. De seguida deram-se os seguintes exemplos, apresentando as curvas de titulação respetivas, já presentes no diapositivo 4:

— *Titulação de um ácido fraco com uma base forte* - Considerando, a titulação do ácido acético com o hidróxido de sódio:



No ponto de equivalência, a quantidade de hidróxido de sódio adicionado é igual à de ácido acético, a solução vai ter um caráter básico, uma vez que o anião acetato que se formou é uma base e o catião sódio é uma espécie neutra. Assim, o pH no ponto de equivalência é superior a 7.

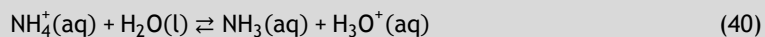


Concluiu-se com os alunos que, neste caso, apenas a fenolftaleína podia ser utilizada, como indicador ácido-base.

— *Titulação de uma base fraca com um ácido forte* - Considerando, a titulação do amoníaco com o ácido clorídrico:



Quando a quantidade de ácido clorídrico adicionado for igual à de amoníaco, isto é, no ponto de equivalência, a solução vai ter um caráter ácido, uma vez que o catião amónio que se formou é um ácido e o anião é uma espécie neutra. Neste caso, o pH no ponto de equivalência é inferior a 7.

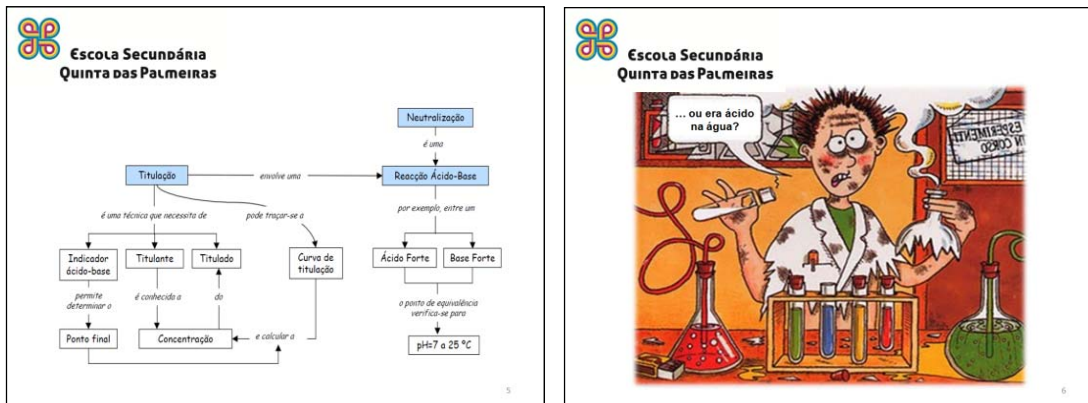


Através da análise da curva de titulação apresentada no diapositivo 4, concluiu-se com os alunos que apenas o alaranjado de metilo podia ser utilizada, como indicador ácido-base. Concluiu-se com os alunos que titular uma solução significa determinar a concentração de uma espécie dessa solução. Para isso, adiciona-se uma solução de concentração conhecida (solução padrão) de uma segunda espécie, que reage com a primeira, até as duas espécies ficarem nas quantidades estequiométricas (ponto de equivalência). A partir dos volumes das duas soluções e da concentração da segunda espécie, é possível determinar a concentração da primeira. Foram lembradas as características mais importantes de uma curva de titulação ácido-base: forma ascendente (titulado — ácido) ou descendente (titulado — base); variação brusca de pH nas proximidades do ponto de equivalência; pH = 7 no ponto de equivalência, se o ácido e a base forem ambos fortes; pH > 7 no ponto de equivalência, se o ácido for fraco e a base for forte; pH < 7 no ponto de equivalência, se o ácido for forte e a base for fraca.

Por fim, salientou-se mais uma vez que o ponto final de uma titulação é obtido usando indicadores ácido-base, em que a espécie ácida e a espécie básica têm cores diferentes. A zona de viragem (mudança de cor) do indicador deve estar contida na zona de variação brusca de pH na vizinhança do ponto de equivalência. Destacou-se o facto de que no 11.º ano apenas se efetuarem cálculos de pH em soluções de ácidos e bases fortes, ou em soluções com ionização/dissociação completa. Como conclusão, apresentou-se um esquema (diapositivo 5) que foi construído (com animação) através da colaboração dos alunos. Num passo posterior apresentou-se a Atividade Laboratorial AL 2.3 - Neutralização: uma reação ácido-base (Anexo XII). Referiu-se que a atividade laboratorial ia dividir-se em duas partes: numa primeira parte procede-se à titulação de uma solução de ácido clorídrico $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ com uma solução de concentração rigorosamente conhecida de NaOH $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$, determinando o ponto final da titulação pela mudança de cor do indicador; na segunda, o objetivo é visualizar a variação brusca do pH na curva de titulação obtida, usando um sensor de pH.

Apresentou-se o diapositivo 6 e explicou-se a representação contida na sua imagem, despertando a atenção para a seleção e manuseamento correto do material e reagentes de laboratório, em segurança. A imagem apresentada apelou a uma regra de laboratório que foi

tida em consideração no decorrer da atividade laboratorial, demonstrando também a apreensão (aquisição e aplicação) dos conteúdos ministrados.

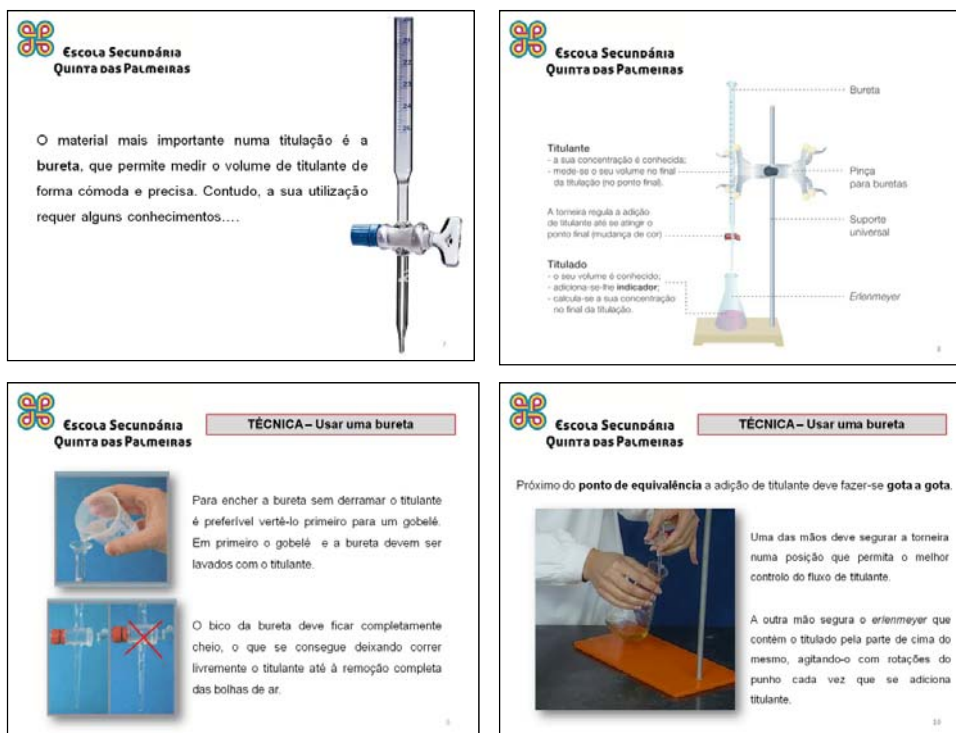


Figuras 16 a) e b) - Diapositivos 5 e 6 do PowerPoint® apresentado na aula.

O laboratório é um local de trabalho onde usualmente se fazem experiências com substâncias diversas, muitas delas inflamáveis ou nocivas se inaladas, ingeridas ou manuseadas sem precaução. Por isso, devem adotar-se alguns procedimentos básicos que a seguir se enumeram (Pereira e Camões, 2004): por sistema, use uma bata e óculos de proteção no laboratório; não prove ou cheire produtos químicos; antes de trabalhar com um dado reagente, leia cuidadosamente as informações contidas no rótulo do frasco. Se por acaso verificar que um dado frasco não apresenta rótulo ou que este se encontra ilegível ou deteriorado, avise o professor; preste a máxima atenção aos símbolos de prevenção inscritos nos rótulos dos reagentes. Procure manipular os reagentes de acordo com as precauções apropriadas; em caso de dúvida sobre como manipular um dado reagente, ou fazer qualquer operação, consulte o professor; evite tocar em objetos quentes com as mãos. Para isso existem pinças apropriadas que deve usar; nunca deixe uma chama acesa sem vigilância; nunca coloque um reagente inflamável ou volátil perto de uma fonte de calor; nunca coloque qualquer reagente na conduta de água, ou no recipiente do lixo, sem consultar o professor sobre o assunto; ao preparar uma solução a partir de ácidos concentrados, adicione o ácido à água e nunca o contrário. Esta precaução é absolutamente imprescindível no caso do ácido sulfúrico; no caso de manuseamento de ácidos concentrados, produtos voláteis ou nocivos, use de preferência a hotte do laboratório; mantenha na mesa de trabalho apenas os reagentes necessários; ao terminar o trabalho arrume e limpe a bancada; antes de iniciar qualquer trabalho procure informar-se sobre cuidados específicos a ter em conta com os reagentes que vai utilizar.

Uma vez que os produtos químicos podem envolver potenciais efeitos adversos para os seres humanos e para o meio ambiente, vários países e organizações regulamentaram a sua classificação (identificação das propriedades perigosas) e rotulagem. A introdução do Regulamento (CE) n.º 1272/2008, de 16 de Dezembro de 2008, do Parlamento Europeu e do Conselho, também conhecido como Regulamento CRE, relativo à Classificação, Rotulagem e

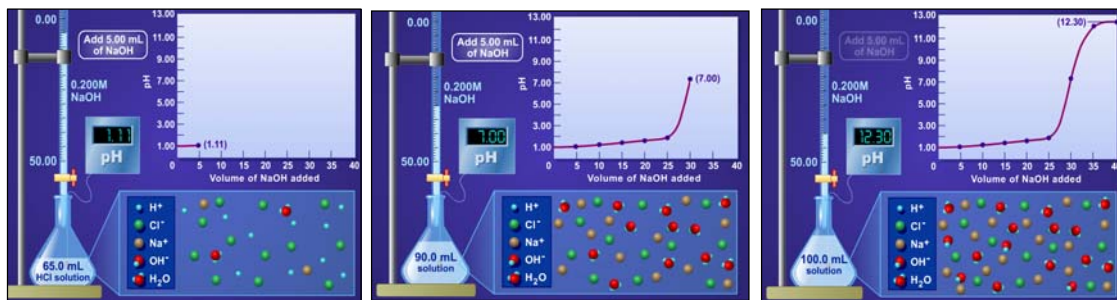
Embalagem de substâncias e misturas, trouxe alterações na forma de classificação dos perigos associados às substâncias químicas. O regulamento CRE introduziu uma nova forma de classificação das substâncias e misturas químicas e nova simbologia (pictogramas) de perigos com que deve figurar nas embalagens dos produtos químicos, assim como indica a obrigatoriedade da indicação de advertências de perigo, recomendações de prudência e a indicação da palavra-sinal na rotulagem de embalagens de substâncias e misturas químicas (Serra, 2012).



Figuras 17 a), b), c) e d) - Diapositivos 7, 8, 9 e 10 do *PowerPoint*[®] apresentado na aula.

Após a apresentação de procedimentos básicos ao nível da segurança no laboratório, implementou-se uma breve introdução à atividade laboratorial. Esta iniciou com a descrição da montagem do equipamento e procedimentos adequados numa titulação, dando ênfase à utilização correta da bureta, dado que a sua utilização indevida irá comprometer os resultados obtidos. Apresentaram-se os diapositivos 7, 8, 9 e 10. Por forma a estimular o espírito crítico dos alunos e com o objetivo de aprendizagem e visualização a nível microscópico de uma titulação, mostrou-se uma simulação (Simulação 4 do ponto 3.2.1.).

A simulação apresentada foi intitulada como *Titulação de HCl com NaOH*, e representa uma atividade laboratorial de titulação, em que se vai adicionando base ao ácido, com a visualização das moléculas envolvidas na reação, da adição de base, do valor de pH e da curva de titulação em simultâneo. A simulação tem uma explicação oral das etapas da titulação em língua inglesa.



Figuras 18 a), b) e c) - Imagens da simulação *Titulação de HCl com NaOH*.

Explicou-se a simulação referindo que uma solução de concentração conhecida, denominada solução padrão (NaOH — 0,02M) é gradualmente adicionada a uma solução de concentração desconhecida (HCl) até que a reação química entre as duas soluções esteja completa. Seguidamente, selecionou-se a opção *begin titration* para dar início à titulação. Observa-se que antes da adição de NaOH, o pH do ácido é 1,00. Adiciona-se, gradualmente, 5mL de NaOH e, observa-se a alteração no valor de pH e a alteração molecular. Quando se adiciona NaOH, o pH da solução aumenta lentamente no início. Perto do ponto de equivalência o pH começa a subir abruptamente e, no ponto de equivalência — pH = 7 (isto é, no ponto em que reagiram quantidades estequiométricas de ácido e base), o ácido reagiu completamente com a base, ou seja, foi neutralizado. A curva sobe quase verticalmente.

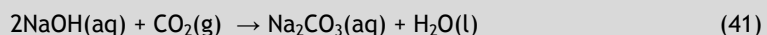
Uma conceção alternativa apresentada por um dos alunos, surgiu quando referiu que o eixo das ordenadas apresentado no simulador tinha como valor máximo de pH = 13, salientando que o valor máximo de pH é 14. Explicou-se que em geral, as escalas de pH apresentam uma variação entre 0 e 14, uma vez que na maior parte das situações o pH se situa no intervalo de 1 a 13. No entanto, as soluções muito ácidas podem ter um valor de pH inferior a 0 e as soluções muito alcalinas podem ter um valor de pH superior a 14.

Numa titulação ácido forte-base forte as concentrações de ião hidrogénio e de ião hidróxido no ponto de equivalência são muito baixas, pois os iões H^+ do ácido combinaram-se com os iões OH^- da base para produzir água. Por sua vez, os iões cloro (Cl^-) e sódio (Na^+) apenas estão presentes na solução, denominando-se de iões espetadores, uma vez que estes iões não afetam o pH da solução, o pH é neutro. Consequentemente, a adição de uma única gota de base pode causar um grande aumento na concentração de OH^- e, por conseguinte, no pH da solução. Para além do ponto de equivalência, a adição de NaOH provoca de novo um aumento lento do pH. Na parte final, há a escrita das equações representativas da reação entre o ácido forte e a base forte e uma pergunta de escolha múltipla para determinação do valor da concentração do ácido.

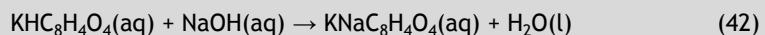
Como não foi dada a aula anterior à da atividade laboratorial, os alunos não tinham preparado a aula laboratorial, o que condicionou um pouco a sua autonomia e rentabilização do tempo necessário à execução técnica no laboratório com vista à obtenção de dados, e posterior tratamento e conclusões. É de salientar que, sendo esta a primeira e única abordagem às volumetrias, não se exigiu aos alunos a excelência no domínio da técnica. Para

os alunos que tenham, no 12.º ano, a opção de Química, terão a possibilidade de desenvolver a técnica de titulações.

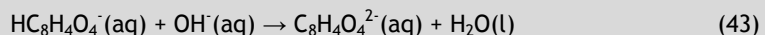
As soluções necessárias para o desenvolvimento da atividade laboratorial, solução-padrão de NaOH 0,1000 mol dm⁻³ e a solução aquosa de HCl 0,1 mol dm⁻³, foram preparadas previamente pela professora estagiária. Como já foi explicado, uma solução de concentração exatamente conhecida, denominada solução-padrão, é adicionada gradualmente a outra solução de concentração desconhecida, até que a reação química entre estas duas soluções esteja completa. O hidróxido de sódio é uma das bases frequentemente usadas no laboratório. No entanto, as soluções de hidróxido de sódio preparadas a partir do reagente sólido costumam estar contaminadas pelo dióxido de carbono da atmosfera:



Devido à dificuldade em obter hidróxido de sódio sólido numa forma pura, uma solução de hidróxido de sódio tem de ser aferida antes de poder ser usada em trabalhos analíticos exatos (Chang, 1998). Deste modo, aferiu-se a solução de hidróxido de sódio por titulação com uma solução de ácido de concentração exatamente conhecida. O ácido utilizado é um ácido monoprótico chamado hidrogenoftalato de potássio, cuja fórmula molecular é KHC₈H₄O₄. O hidrogenoftalato de potássio é um sólido branco e solúvel, que está comercialmente disponível numa forma altamente pura. A reação entre o hidrogenoftalato de potássio e o hidróxido de sódio é:



ou, em termos duma equação iónica efetiva,



Posteriormente foi fornecido aos alunos o protocolo da Atividade Laboratorial 2.3 — Neutralização: uma reação ácido-base (Anexo XII) a desenvolver na aula. Apresentaram-se as questões pré-laboratoriais, acompanhou-se a resolução das mesmas, tirando conclusões e estimulando a participação dos alunos. A questão que suscitou mais dúvidas foi a questão 9 do protocolo, dada a dificuldade sentida no que respeita à identificação do titulado e do titulante. Foi-lhes referido que é essencial, como em qualquer resolução de problemas, interpretar corretamente o enunciado, estruturar bem os dados que são fornecidos e resolver os mesmos por etapas.

Seguidamente explicou-se que quando é mencionado solução-padrão refere-se especificamente à solução de concentração rigorosamente conhecida, ou seja, o titulante que é colocado na bureta. Salientou-se que neste tipo de problemas tem de se definir bem o ponto de equivalência, que é a altura em que todo o ácido reage com a base, ou seja, as quantidades químicas do ácido e da base encontram-se nas quantidades estequiométricas. Lembrou-se que no caso das titulações ácido forte — base forte, o pH é igual a 7 mas apenas à temperatura de 25°C. Outro ponto ao qual se fez referência foi sobre a adição de

água ao titulado que não interfere na titulação porque a diluição não altera a quantidade de ácido ou base existente na amostra.

Após a conclusão das respostas às questões pré-laboratoriais informaram-se os alunos de que se ia dar início à primeira parte da atividade, solicitando que se deslocassem com uma atitude responsável para as bancadas do laboratório. Depois dos alunos vestirem as batas, e prepararem o seu material, acompanhou-se com os mesmos a interpretação do protocolo, no que respeita ao Procedimento 1 — Volumetria de ácido-base. Seguidamente, mostrou-se o material e reagentes e demonstrou-se o procedimento técnico aos alunos.



Figura 19 - Material e reagentes utilizados na atividade laboratorial.

As primeiras etapas do Procedimento 1 são: medir rigorosamente com uma pipeta, 3 tomas de 20,00 mL de solução de HCl para cada um dos três balões de *erlenmeyer* e adicionar 3 gotas do indicador a cada balão e 20 mL de água desionizada (com proveta).

Para selecionar o material de medição de volume mais adequado é necessário atender a aspetos como a capacidade, a facilidade de utilização, a incerteza da medida pretendida e a natureza do trabalho. O erro máximo de uma pipeta volumétrica é comparável ao da bureta de igual capacidade. A bureta tem, no entanto, a vantagem de permitir a medição de um volume qualquer, não inteiro em geral, o que só a pipeta graduada permite, embora com erro maior (Pombeiro, 1991). As provetas e os balões volumétricos medem o volume que se encontra no seu interior. Se o líquido for vertido para o exterior, então o volume escoado será inferior devido aos resíduos que aderiram às paredes (calibração dita *ln*) (Carvalho *et al.*, 2012). Tendo em conta os aspetos referidos, fez-se com os alunos a interpretação das primeiras etapas do Procedimento 1:

- “medir rigorosamente com uma pipeta, 3 tomas de 20,00 mL de solução de HCl” — significa que se deve utilizar uma pipeta volumétrica em detrimento de uma graduada dado permitir efetuar medições mais rigorosas;
- “para cada um dos três balões de *erlenmeyer*” — dado que não é necessário medir volumes e o que se pretende é um utensílio que permita agitar energeticamente um líquido, utilizam-se balões de *erlenmeyer*;
- “adicionar 3 gotas do indicador a cada balão e 20 mL de água desionizada (com proveta)” — como a adição de água ao titulado não interfere na titulação, porque a diluição não altera a quantidade de hidróxido de potássio existente na amostra, utiliza-se uma proveta pois não é necessária uma medição exata.

Na utilização da pipeta esta deve estar devidamente limpa e seca. Para a maioria das aplicações em laboratório escolar é suficiente que a pipeta tenha sido passada por água destilada antes de secar. De modo a garantir que não há contaminações, a pipeta deve ser previamente enxaguada, com uma pequena porção do líquido que vai ser medido, pelo menos 3 vezes. Contudo deve imperar o bom senso, e cada caso deve ser avaliado quanto à necessidade deste procedimento, pois caso se trate de um líquido valioso ou perigoso, é inconveniente a realização do mesmo. Para medir líquidos com pipetas é necessária uma técnica específica de manipulação e para a execução da pipetagem é necessário recorrer a um enchedor manual, uma pompete ou outro macrocontrolador. Nem sempre é fácil a manipulação de pompetes por parte dos alunos. Mesmo após a aprendizagem e treino, ocorrem incidentes como sugar-se líquido para o interior da pompete. Por observação dos alunos a pipetar, verifica-se que a utilização do macrocontrolador do tipo pi-pump é mais intuitiva, mas é comum que os alunos menos atentos expulsem o líquido da pipeta usando o êmbolo em vez da válvula lateral, o que constitui um procedimento incorreto. No enchimento das pipetas, Carvalho *et al.* (2012) refere que, por vezes, é aplicada como regra específica de segurança, a proibição de pipetar com a boca, usando-a para sugar o líquido. Segundo estes autores, esta recomendação parecerá muito estranha para alunos que nunca observaram tal procedimento, considerando que chamar a atenção para esta regra pode ter o efeito perverso de sugerir que tal procedimento possa ser adotado em alguma circunstância.

Segundo Carvalho *et al.* (2012), os passos a seguir para medir com uma pipeta são: expulsar o ar do interior do macrocontrolador; adaptar o macrocontrolador à pipeta. As mãos devem segurar a pipeta pela parte superior e a pipeta deve ser introduzida no orifício de borracha sem forçar, caso contrário a pipeta pode partir; mergulhar a pipeta no líquido, sem tocar no fundo do recipiente; premir a válvula adequada para que o líquido suba na pipeta, até ficar acima da marca pretendida; retirar a pipeta do líquido mantendo-a dentro do recipiente, na vertical e colocar a escala à altura dos olhos; premir a válvula que faz descer o líquido até que este atinja a marca desejada; sem mover a pipeta, encostar o recipiente de recolha à pipeta de modo a que o líquido escorra pela parede; premir a válvula que permite a saída do líquido.

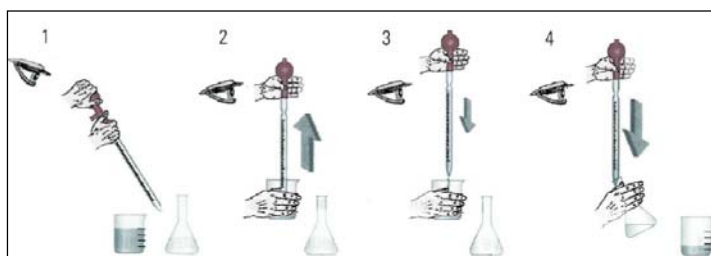


Figura 20 - Medição de um líquido com uma pipeta.

As pipetas medem o volume de líquido escoado para o exterior e já estão calibradas de forma que o líquido aderente às paredes não faça parte do volume medido. Por este motivo, não devem ser sopradas ou sacudidas para remover os últimos pingos (calibração dita *Ex*)

(Carvalho *et al.*, 2012). Este é um erro muito comum nos alunos, pois tentam a todo custo retirar todo o líquido contido na pipeta. Deste modo, após a observação deste procedimento por parte dos alunos, explicou-se que de um modo geral, terminado o vazamento do líquido de uma pipeta e após se ter encostado a extremidade inferior desta à parede molhada do recipiente de recolha, a porção de líquido que permanece aderente no interior da pipeta não deve ser removida, pois a sua graduação entra em consideração com o correspondente volume.

Explicou-se novamente o funcionamento da bureta e como deveria ser feita a sua lavagem. Antes da utilização da bureta esta deve ser lavada e a sua parede interna molhada até 2 ou 3 cm abaixo da extremidade superior, duas ou três vezes com a solução a usar, rodando-a como mostra a figura seguinte, sendo aquela escoada após cada lavagem. De seguida é cheia com a solução a usar, introduzida através de um funil, um pouco da qual se deixa sair por rotação rápida de torneira mantida aberta durante alguns segundos até não haver ar em toda a extensão da bureta, incluindo a parte inferior à torneira. Se algumas bolhas de ar persistirem, pode repetir-se a operação dando à bureta uma inclinação de 30° (Pombeiro, 1991:33).

Continuando com a explicação das etapas do Procedimento 1, referiu-se que a bureta é um instrumento simples utilizado para medir uma propriedade comum, o volume. A unidade de volume mais usual é o decímetro cúbico. O litro (símbolo l ou L) é uma designação alternativa a decímetro cúbico (dm^3), sendo usuais os prefixos SI para submúltiplos do litro, como mililitro (mL) ou microlitro (μL). O volume trata-se de uma propriedade macroscópica, cuja determinação é direta, sendo importante especificar a margem de erro associada à medida. Uma medida é o resultado de uma operação chamada medição, que se exprime através de um número, por vezes acompanhado de uma unidade e outras vezes sem unidade (grandeza adimensional).

Os resultados das medições exprimem-se na *notação científica*, cuja fórmula geral é $N \times 10^n$, em que $1 \leq N < 10$ e n é um *número inteiro*, positivo ou negativo. A *ordem de grandeza de um número*, expresso em notação científica, é a potência de 10 mais próxima desse número. Quando a medida de uma grandeza é expressa numa determinada unidade (SI) e o valor numérico for demasiado grande ou demasiado pequeno, é conveniente afetar o nome da unidade utilizada de prefixos adequados e que servem para designar certos múltiplos ou submúltiplos decimais da unidade SI. O Decreto-Lei n.º 238/94, de 19 de Setembro, regula o sistema de unidades de medidas legais usadas em Portugal (Simões *et al.*, 2011a). Qualquer medida experimental está sujeita a erro (diferença entre o valor verdadeiro e o valor medido), o qual é impossível eliminar totalmente. Os alunos do 11.º Ano foram já confrontados com a impossibilidade de medir exatamente uma grandeza no 10.º Ano com a realização da Atividade AL 1.1 — Medição em Química da Unidade 1 — Das Estrelas ao Átomo, ou seja, o reconhecimento que qualquer medição pode ser afetada por erros relacionados com o observador, com o instrumento de medida e outros fatores. Por outro lado, a escolha do instrumento a utilizar deve estar relacionada com a finalidade em vista, já

que nem todas têm o mesmo grau de exigência na exatidão e precisão. Para buretas de capacidade entre 25 e 50 mL, o erro máximo de leitura é, em geral, de cerca de $\pm 0,02$ mL (Pombeiro, 1991:35).

Relembrou-se, que se chama incerteza absoluta de leitura ao erro máximo razoável que se pode cometer ao ler uma escala (Pombeiro, 1991; Ventura *et al.*, 2009). Por convenção, a incerteza associada à escala de medida corresponde ao valor de metade da menor divisão da escala do aparelho ou o valor da sensibilidade nos instrumentos digitais (partindo do pressuposto que os aparelhos utilizados nessas medições têm escalas adequadas e que o operador usa os procedimentos corretos na sua utilização). Transmitiu-se aos alunos que a leitura do volume deve ser efetuada de modo a evitar erros de paralaxe como mostra a figura seguinte: «A superfície livre de um líquido contido num tubo, encurvada devido à tensão superficial, é chamada *menisco* (que significa “pequena lua”) e a sua posição ler-se-á de modo a evitar os chamados *erros de paralaxe*.» (Pombeiro, 1991:34).

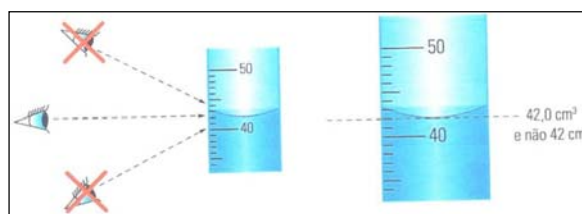


Figura 21 - Leitura do nível de um líquido.

Explicou-se aos alunos que no enchimento da bureta não deve haver a preocupação de ajustar inicialmente o nível do menisco ao zero da graduação, pois o erro da leitura não é diminuído por este fato, além de que tal procedimento acarreta desperdício de tempo. Na interpretação das etapas 6 e 8²³ do Procedimento 1 com os alunos, chamou-se à atenção dos mesmos sobre a necessidade de anotar o volume inicial e final de titulante na bureta, atendendo aos algarismos significativos, que são os únicos algarismos com significado de uma certa grandeza medida ou calculada. Em qualquer resultado de uma medição coerente com a escala, figuram os chamados algarismos significativos, que podem ser: dígitos exatos (concordantes com as divisões da escala), um dígito aproximado ou incerto (é não exato e corresponde a uma fração da menor divisão da escala, lida por estimativa). Existem regras de contagem dos algarismos significativos: o zero situado entre algarismos diferentes de zero é significativo; os zeros situados à esquerda do primeiro algarismo diferente de zero não são significativos; os zeros situados à direita da vírgula e a seguir a algarismos diferentes de zero são significativos.

Posteriormente demonstrou-se a técnica da titulação, salientando-se que durante a mesma, o *erlenmeyer* deve ser constantemente agitado, em movimento circular, com a mão direita, e a adição do líquido da bureta (titulante) é feita usando a mão esquerda, lentamente, gota a gota, de modo a impedir que demasiado líquido fique aderente à parede interior da bureta, e a permitir que haja homogeneização e que a reação química se dê completamente.

²³ A etapa 6 - Registrar o volume inicial de titulante na bureta, atendendo aos algarismos significativos. A etapa 8 - Registrar o volume final de titulante na bureta, atendendo aos algarismos significativos.

Relembrou-se os erros que afetam as medições, nomeadamente, os erros sistemáticos, geralmente cometidos pelo experimentador, com impacto no resultado da medição de um mesmo valor, sempre no mesmo sentido (por excesso ou por defeito), e os erros aleatórios ou acidentais, que são erros circunstanciais, imprevisíveis e, em geral, sem qualquer regularidade. Afetam a medição indiscriminadamente por excesso ou por defeito. Os erros sistemáticos afetam a exatidão das medidas, se tivermos medidas muito afastadas do valor verdadeiro, mas muito próximas umas das outras (grande precisão — poucos erros acidentais). Significa que há erros sistemáticos que fazem deslocar os valores das medidas no mesmo sentido. Os erros acidentais afetam a precisão das medidas. Com a dispersão das medidas, mais erros acidentais foram cometidos. Salientou-se que os erros sistemáticos mais comuns numa titulação dependem do operador e são devidos largamente à sua técnica deficiente e à sua inexperiência (os de operação) ou às deficiências pessoais (os pessoais). Por exemplo, a incapacidade de fácil distinção de cores, conduz, por exemplo, a erros de determinação do ponto final na titulação.

Aquando da interpretação do Procedimento 1, um aluno questionou sobre o porquê de se fazerem 3 ensaios. Foi explicado que quando se repetem várias medições da mesma grandeza em iguais condições e se obtêm diferentes valores para essa grandeza, revelam-se erros acidentais. Um modo de controlar este tipo de erros pode ser feito através de várias medições (pelo menos três), utilizando a média como resultado experimental e através do tratamento estatístico dos dados experimentais. Numa atividade experimental feita em laboratório é tão importante manusear os instrumentos e efetuar os procedimentos com correção, como efetuar o tratamento dos dados experimentais recolhidos. Estatisticamente, a média de um grande número de medidas dá uma melhor estimativa do valor real do que apenas uma medida. Supondo que os resultados das medições se representam por $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, sendo n o número de medições. Toma-se como valor mais provável da medida o valor médio \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (44)$$

Verifica-se que a maioria dos resultados das medições é diferente do valor médio. Então o desvio de uma medida, d_i , é definido como a diferença entre cada valor x_i e o valor médio:

$$d_i = x_i - \bar{x} \quad (45)$$

Toma-se como incerteza o módulo do maior dos desvios calculados, $|d_{\max}|$, ou seja, o desvio absoluto máximo. Esta incerteza é designada por incerteza absoluta de observação; se o seu valor for superior à incerteza absoluta de leitura, a medida resultante das várias medições é dada por:

$$x = \bar{x} \pm |d_{\max}| \quad (46)$$

ou seja, o intervalo para o valor da medida é $[\bar{x} - |d_{\max}|; \bar{x} + |d_{\max}|]$. Em todos os casos, deve tomar-se sempre a maior das incertezas absolutas (de leitura ou de observação) para o

resultado da medida (Ventura *et al.*, 2009). Os alunos executaram o protocolo referente ao Procedimento 1, como mostram as figuras seguintes, referente às várias etapas do mesmo.



Figuras 22 a), b) e c) - Explicação do procedimento 1 - a) e b), e leitura do nível do titulante contido na bureta - c).

O Procedimento 1 da Atividade Laboratorial promoveu o desenvolvimento da motricidade fina dos alunos bem como a prática no manuseamento dos instrumentos. Contudo, através do acompanhamento da técnica de titulação pelos grupos, foi possível verificar discrepâncias nos alunos no que respeita à destreza e facilidade na apreensão da técnica.

Muitas vezes para o desenvolvimento de competências são necessárias capacidades fundamentais como a concentração, a organização e a capacidade de análise, o que por vezes é difícil de encontrar e/ou desenvolver. Se, por um lado, se denota por parte de alguns alunos, que não representam de todo a maioria, a “pressa desenfreada” na obtenção de resultados, por outro, a autonomia e o dinamismo estão aquém do desejável.



Figuras 23 a), b) e c) - Adição do indicador ao titulado - a), e técnica de titulação - b) e c).

O Procedimento 2: Titulação ácido-base, usando um medidor de pH, não foi realizado na aula assistida uma vez que não houve tempo. De acordo com o plano de aula elaborado, para uma aula de 135 minutos, previa-se a realização da AL 2.3 — Neutralização: uma reação de ácido-base, contudo, como já foi referido teve de se introduzir a Volumetria de ácido-base. Simultaneamente, o programa curricular de Física e Química A do 11.º Ano define 2 aulas (90 minutos cada) para a realização da AL 2.3, pelo que se considera que a gestão da aula foi eficiente. A atividade laboratorial é um recurso didático que não pode ser simplesmente usado porque a ciência é uma atividade prática, contudo, quando bem usado pode ser um bom catalisador da educação em ciências, promovendo a melhoria da qualidade da aprendizagem.

As aulas seguintes passaram a ser novamente de observação, onde foi entregue a Ficha de Trabalho Ácido-base. Considera-se pela observação da resolução da ficha de trabalho e pela conclusão da AL 2.3, nomeadamente, na execução do Procedimento 2 e na resposta às questões pós-laboratoriais, que os objetivos curriculares foram atingidos. Conclui-se que ministrar uma aula com a utilização de vários recursos didáticos, desde que de forma adequada e pertinente, potencia favoravelmente a aprendizagem, não só na interpretação de conceitos que não são visíveis a nível macroscópico, como na apreensão de técnicas laboratoriais e conceitos teóricos capazes de melhorar a nossa compreensão do mundo.

3.3.2. Atividades extracurriculares

3.3.2.1. Atividade — *A magia da química e das palavras*

No âmbito das atividades extracurriculares desenvolvidas pelo núcleo de estágio de Física e Química, foi dinamizada a atividade *A magia da química e das palavras*, ao longo da Semana da Leitura — *Há livros que nos sabem a mar*, 11 a 15 de março de 2013. Esta atividade teve como grande objetivo sensibilizar os alunos para a importância da leitura e para o significado de conceitos básicos ao nível científico. Esta foi composta pela realização de experiências que preconizaram a desconstrução de ideias do senso comum, acompanhadas da leitura de poemas de vários autores. Nas experiências, onde participaram alunos do 9.º ano (3 turmas) e 8.º ano (1 turma) de escolaridade, foram explorados os conceitos de reações ácido-base.

Iniciou-se a atividade referindo que a comunidade científica global declarou 2013 o *Ano Internacional de Cooperação ao Acesso a Água* da *Organização das Nações Unidas (ONU)*, reconhecendo a importância da gestão e utilização pacífica dos recursos hídricos. Mostraram-se duas flores com coloração diferente e explicou-se o porquê do fenómeno observado. O caule de uma flor branca absorve a água que contém um corante alimentar. A água irriga toda a planta até atingir as pétalas, como a água está carregada de pigmentos coloridos, estes migram com a água até ficarem depositados nas pétalas, deixando-as coloridas.



Figura 24 - Flores imersas em água com corante azul e vermelho que apresentam a coloração respetiva.

Seguidamente, sob o tema ácido-base em referência, fez-se a interligação da explicação anterior com a colocação da seguinte questão para debate: *Sabiam que as hortências apresentam uma cor específica de acordo com o pH do solo?* Sublinhou-se o valor do pH como um dos conceitos químicos mais interessantes pela importância das suas inúmeras aplicações

no dia-a-dia, sempre que é fundamental ter em conta o carácter ácido (acidez) ou alcalino (alcalinidade) de um produto numa dada situação. Referiu-se que é no controlo de qualidade da água e das suas soluções que o conceito de pH tem uma das suas mais relevantes aplicações, em virtude da importância da água, para os processos químicos ou biológicos que nelas têm lugar: na alimentação e na saúde dos humanos e animais; no ambiente; em diversas indústrias químicas, biotecnológicas e farmacêuticas; na agricultura, piscicultura e indústrias relacionadas.

Expôs-se o facto de que para alterar a cor das hortênsias é preciso modificar o pH do solo, isto é, tornar o solo mais ácido ou básico. Estas flores são boas indicadoras da acidez do solo. Para uma hortênsia ficar azul devemos aumentar a acidez do solo. Se se pretendem flores rosas deve-se reduzir a acidez do solo. Referiu-se que as antocianinas são os pigmentos responsáveis por uma grande variedade de cores das flores, folhas e frutos, sendo que estes pigmentos mudam de cor com o pH. De forma a provocar a curiosidade e o espírito crítico dos alunos, apresentou-se uma solução que continha indicador de couve-roxa como sendo uma poção mágica, que um dos alunos tinha preparado e com a qual iria fazer uma magia.



Figuras 25 a) e b) - Experiência do indicador de couve-roxa.

A maior parte dos alunos desconhecia a experiência apresentada, o que facilitou o proporcionar de um efeito surpresa. Colocaram-se três copos com soluções de hidróxido de sódio, bicarbonato de sódio e vinagre, distribuídas por cada um destes. Apresentaram-se as mesmas como sendo apenas água. Foi visível a surpresa dos alunos aquando da adição do indicador de couve-roxa, verificando a alteração em simultâneo da cor da solução dos copos. Os alunos começaram por afirmar que as soluções não eram iguais. Explicou-se que tinha sido usado um indicador caseiro de couve-roxa: como é que tinha sido preparado; a escala de pH correspondente; as soluções que se encontravam em cada um dos copos; e o seu carácter químico no que respeita à basicidade ou acidez. Com esta atividade os alunos puderam verificar que o mesmo indicador adquire cores diferentes na presença de soluções ácidas, básicas e neutras. E, simultaneamente, que indicadores diferentes na presença da mesma solução apresentam também colorações diferentes.



Figura 26 a) e b) - Experiência do indicador de couve-roxa - a), e análise do valor de pH de diferentes águas usando um medidor de pH de bolso - b).

Referiu-se que o pH pode ser determinado diretamente usando um medidor de pH ou indiretamente através de outros indicadores ácido-base, identificados de imediato pelos alunos, nomeadamente a fenolftaleína e o azul de tornesol. De acordo com as Orientações Curriculares do 3.º Ciclo do Ensino Básico, no tema organizador Sustentabilidade na Terra (8.º ano de escolaridade), é indicado que a partir de soluções do dia-a-dia (por exemplo, sumo de limão, vinagre, limpa-vidros amoniacal) devem ser realizadas experiências usando vários indicadores para caracterizar soluções ácidas e básicas. Por sua vez, os medidores de pH utilizados na medição do pH de diferentes águas (água do aquário da escola, água destilada, água mineral e água gaseificada) representaram uma situação nova para os alunos. Estes tiveram a oportunidade de medir com o medidor de pH de bolso, o valor de pH das águas fornecidas, sublinhando da experiência que o pH da água gaseificada era inferior ao da água mineral. Na interpretação dos resultados referiram que:

- *“Ambas as águas eram ácidas”, “A água gaseificada é muito mais ácida que a água mineral”*. Os alunos que deram estas respostas apenas compararam os valores obtidos para o pH das duas águas e classificaram-nas apenas como mais ou menos ácidas;
- *“A água gaseificada é mais ácida que a água mineral. É mais ácida porque tem gás carbónico”*. Aqueles que deram esta resposta, para além de compararem os valores de pH, tentaram explicar a razão dessa diferença. Observaram os rótulos das garrafas fornecidas, água mineral e água gaseificada e verificaram que a água gaseificada continha gás carbónico e a água mineral não, concluindo assim que é a presença deste que faz com que o pH seja diferente nas duas águas.

A atividade foi acompanhada de uma apresentação *Powerpoint®*, onde se foram apresentando várias imagens ilustrativas sobre os temas em análise, assim como poemas relacionados com os mesmos. De salientar a leitura do poema de António Gedeão, intitulado *Lágrima de Preta*, de onde foi possível subtrair conteúdos importantes sobre ácidos-base, para a formação científica, assim como outros ligados com a formação sociocultural, multicultural, etnológica e etnográfica, para a formação holística do aluno. Sobressaiu assim o perfil híbrido e transdisciplinar deste tipo de atividade, que visa o desenvolvimento integral do aluno, nas suas diferentes dimensões.

Lágrima de preta

*Encontrei uma preta
que estava a chorar,
pedi-lhe uma lágrima
para a analisar.
Recolhi a lágrima
com todo o cuidado
num tubo de ensaio
bem esterilizado.
Olhei-a de um lado,
do outro e de frente:
tinha um ar de gota
muito transparente.*

*Mandei vir os ácidos,
as bases e os sais,
as drogas usadas
em casos que tais.
Ensaiei a frio,
experimentei ao lume,
de todas as vezes
deu-me o que é costume:
Nem sinais de negro,
nem vestígios de ódio.
Água (quase tudo)
e cloreto de sódio.*

António Gedeão, in *Máquina de fogo*

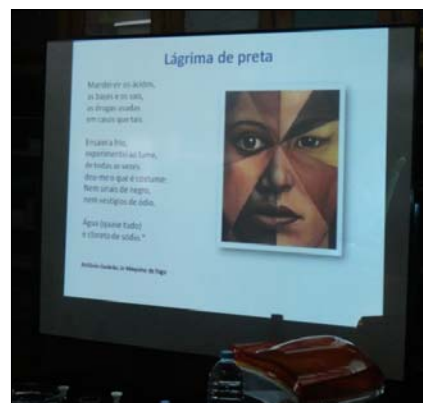


Figura 27 - Poema *Lágrima de preta* e respetivo diapositivo apresentado na atividade.

Analisaram-se de forma sucinta alguns valores comuns de pH para várias substâncias, dando-se ênfase à água pura, água do mar, água das piscinas e chuva ácida. Referiram-se causas e consequências associadas a valores diferentes dos esperados, por exemplo, a destruição do património provocada pelas chuvas ácidas. De seguida, dado o tema da semana da leitura, *Há livros que nos sabem a mar*, abordou-se o exemplo dos corais, jóia viva do mar. Explicou-se que os corais possuem um esqueleto formado por iões carbonato, presentes na água do mar. A concentração desse ião depende diretamente do pH básico da água. Quanto mais ácido o mar ficar, menos iões de carbonato os corais terão para formar o seu esqueleto, podendo levar ao desaparecimento destes seres vivos. Salientou-se que com o desaparecimento dos corais, a cadeia alimentar ficará comprometida, prejudicando assim os seres vivos que ali habitam. Sensibilizaram-se os alunos para a problemática da emissão do CO_2 , não só pelo aquecimento global, mas também pelos corais e outros seres vivos. Aqui é possível identificar estratégias pedagógicas que foram implementadas sob o princípio segundo o qual os alunos aprendem melhor ao realizarem tarefas associadas aos conteúdos a ensinar.

Salientou-se que a ação dos ácidos e das chuvas ácidas sobre as esculturas em calcário e em mármore pode ser traduzida por uma reação de ácido-base, em que um dos produtos é o dióxido de carbono (CO_2). Uma das experiências através da qual é fácil demonstrar este processo (ação dos ácidos sobre os carbonatos), é aquela em que se pode observar o ataque ácido à casca de um ovo (carbonato de cálcio). Neste sentido, realizou-se a experiência intitulada *Ovo saltitão*, que consistiu em fazer saltar um ovo cru numa mesa e remover a sua casca sem o partir. Explicou-se que o ovo cru tinha sido imerso em vinagre dois dias antes, afirmando que a casca do primeiro é constituída por um composto químico chamado carbonato de cálcio, enquanto o segundo é uma solução diluída de ácido acético. Na presente experiência, o ácido acético reage com o carbonato de cálcio contido na casca do ovo, originando como produto de reação o dióxido de carbono. A reação dá-se mais depressa nos instantes iniciais porque os reagentes estão na sua máxima concentração. No final da experiência, o ovo sem casca permanece íntegro. Isso é devido à existência de uma

membrana que não reage com o vinagre. No entanto, esta membrana tem a capacidade de permitir a migração do vinagre do exterior para o interior do ovo. O mesmo não se pode afirmar em relação à gema e à clara.



Figuras 28 a), b) e c) - Experiência o Ovo Saltitão.

As atividades desenvolvidas foram extremamente simples, utilizando-se materiais do dia-a-dia. Estas podem ser repetidas em casa, sem grandes problemas de segurança associados, revelando um enorme potencial na construção do conhecimento por parte dos alunos. Esta experiência permitiu relembrar conteúdos como as noções de ácido e de base, indicadores ácido-base, escala de pH e a diminuição da acidez de uma solução. Como já foi referido, as atividades foram realizadas após a lecionação de alguns conceitos de ácido-base, nomeadamente a definição simplificada de ácido e base, a escala de pH e a noção de indicador ácido-base, lecionados no 8.º ano.

Com o objetivo de avaliar os conhecimentos dos alunos sobre o tema ácido-base e apreender a importância que atribuem às experiências sobre este, foram entregues dois questionários aos alunos, um no início (pré-teste, *ex-ante* - Anexo XIII) e outro no final (pós-teste, *ex-post* - Anexo XIV). Antes da atividade foi entregue um questionário pré-teste (em anexo) com o objetivo de aferir os conhecimentos dos alunos sobre o tema ácido-base. No final da atividade também foi entregue um questionário pós-teste (em anexo) composto pelas mesmas perguntas do pré-teste, complementado com mais um grupo de outras questões para aferir a avaliação que os alunos fizeram sobre a atividade dinamizada. Responderam aos questionários 55 alunos, sendo 43 alunos do 9.º ano e 12 alunos do 8.º ano de escolaridade. A avaliação nestes dois momentos teve como objetivo avaliar a pertinência da realização de atividades extracurriculares como: espaço de aprendizagem dos conhecimentos lecionados; instrumento de apreensão das interdependências e ligações entre fenómenos do mundo em que os alunos se encontram muitas vezes integrados mas não inseridos; mecanismo potenciador do espírito crítico, da curiosidade científica e reflexividade.

O número de alunos que respondeu corretamente à primeira questão do questionário (1. O que entende por ácidos?) aumentou consideravelmente do pré-teste para o pós-teste (tabela 13), o que só por si demonstra o potencial do ensino experimental para a aquisição e aplicação de conhecimentos.

Tabela 13 - Número de alunos do 8.º e 9.º ano que respondeu à questão 1. O que entende por ácidos?, no pré-teste e no pós-teste.

	Número de alunos	
	Pré-teste	Pós-teste
Responderam corretamente	44	54
Responderam incorretamente	9	1
Não responderam	2	0

Verificou-se que dois alunos do 8.º ano completaram as suas respostas no pré-teste, referindo que: *“Os ácidos têm sabor azedo e reagem com bases”*. No que respeita ao pós-teste, apenas um aluno indicou que ácidos são substâncias com pH baixo, não referindo o valor da escala. Dois alunos deram exemplos como o vinagre, o limão e a *Coca-Cola*®. Na segunda questão do questionário (2. O que entende por bases?), as respostas também aumentaram consideravelmente do pré-teste para o pós-teste (tabela 14).

Tabela 14 - Número de alunos do 8.º e 9.º ano que respondeu à questão 1. O que entende por bases?, no pré-teste e no pós-teste.

	Número de alunos	
	Pré-teste	Pós-teste
Responderam corretamente	42	54
Responderam incorretamente	10	1
Não responderam	3	0

Verificou-se que um aluno do 8.º ano referiu no pré-teste que: *“As bases são substâncias que escorregam ao tato e reagem com os ácidos”*. Embora as respostas mais completas não tenham sido significativas, verifica-se que alguns alunos do 8.º ano já as conseguem estruturar. Este facto poderá dever-se ao facto do tema ácido-base ser abordado pela primeira vez no 8.º ano. No que diz respeito ao pós-teste, apenas um aluno indicou que ácidos são substâncias com pH alto, não referindo o valor da escala. Três alunos deram exemplos como o *Sonaso!*®, a lixívia e a pasta de dentes.

Na questão 3 do questionário, os resultados obtidos permitem concluir que houve uma mudança concetual na identificação do carácter ácido ou básico das soluções apresentadas. Após análise e tratamento dos dados, verificou-se que no pré-teste 65% dos alunos responderam corretamente e no pós-teste 77,7%, o que corresponde a um aumento de 12,7% de respostas corretas.

Tabela 15 - Número de alunos do 8.º e 9.º ano que respondeu corretamente à questão 3. no pré-teste e no pós-teste.

	Número de alunos de respondeu corretamente	
	Pré-teste	Pós-teste
Lixívia	44	51
<i>Coca-Cola</i> ®	44	55
Sumo de limão	53	53
Limpa-vidros	35	52
Leite	5	11
Vinagre	53	54
Maçã	29	35
<i>Aspirina</i> ®	12	12
Sumo de laranja	43	45
Água destilada	41	52
Pasta dentífrica	40	50
<i>Sonazol</i> ®	30	43

Como era espetável, de acordo com os dados da tabela 15, o sumo de limão, o sumo de laranja e o vinagre foram as soluções identificadas corretamente e de modo significativo, logo no pré-teste. Os alunos não responderam corretamente em maior número, na classificação do leite e da *Aspirina*®. Classificaram, na maioria, o leite com caráter químico neutro e a *Aspirina*® com caráter químico básico. Por sua vez, a alteração concetual mais significativa, do pré-teste para o pós-teste, verificou-se na classificação que os alunos fizeram para o *Sonazol*® e o limpa-vidros. Estes resultados comprovam que as atividades fora do contexto de sala de aula podem e devem ser usadas como instrumento de promoção da mudança concetual no aluno. Com esta mudança concetual é possível apreender indicadores sobre o interesse e esforço, aferindo o sucesso de estratégias pedagógicas formais, informais e não-formais. O interesse representa o aspeto interno da experiência que mobiliza o aluno, e o esforço é o aspeto externo pelo qual se pode observar a situação funcional resultante.

Na questão 4, numa pergunta aberta, em que se questionou os alunos sobre o que é possível determinar com um indicador ácido-base, recolheram-se as respostas apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 16 - Número e respetivas respostas dadas pelos alunos do 8.º e 9.º ano à questão 4. do pré-teste e do pós-teste.

	Pré-teste	Pós-teste
Não responderam à questão	10	3
É básica ou ácida	13	14
É ácida ou básica, através da mudança de cor do indicador	1	—
É básica, ácida ou neutra	31	38

Através da questão 5, por sua vez, procurou-se identificar a relação que os alunos conseguem estabelecer entre a acidez de uma solução e o valor do pH:

Tabela 17 - Número de alunos do 8.º e 9.º ano que respondeu corretamente às alíneas da questão 5. no pré-teste e no pós-teste.

	Número de alunos que respondeu corretamente	
	Pré-teste	Pós-teste
5.1. Com um medidor de pH pode-se identificar o grau de acidez de uma solução aquosa.	54	55
5.2. Quando se coloca num copo de água algumas gotas de limão e noutro o sumo de um limão inteiro, obtêm-se duas soluções ácidas, mas a segunda é mais ácida do que a primeira. O valor de pH é inferior na segunda solução.	28	35
5.3. Quando o estômago fica ainda mais ácido sentimos aquilo que se denomina por “azia”. Para a reduzir algumas pessoas necessitam tomar um medicamento que contenha na sua constituição substâncias alcalinas ou básicas.	54	55
5.4. Uma substância com pH abaixo de 7 é ácida.	46	54
5.5. Uma substância com pH acima de 7 é básica.	46	53

Pela análise da tabela anterior verifica-se que não existem diferenças significativas nas respostas, entre o pré-teste e o pós-teste. A questão 5.2 foi aquela em que se recolheram menos respostas corretas, facto que poderá dever-se à sua interpretação deficiente e/ou dificuldade em estabelecer a relação entre acidez de uma solução e o valor de pH. Das respostas à questão 5.4 pode entender-se o facto da maior parte dos alunos definirem o carácter químico da *Aspirina*® como básico, uma vez que tendem a associar aos medicamentos o mesmo carácter químico de uma forma geral. Num próximo exercício de observação sugere-se que as questões 5.2 e 5.3 sejam acompanhadas de justificação da opção escolhida, de modo a garantir que os resultados consigam refletir os conhecimentos dos alunos sobre a relação entre a acidez de uma solução e o valor de pH, assim como informação sobre se estes entendem o porquê da necessidade de ingestão de medicamentos que contenham na sua constituição substâncias alcalinas ou básicas.

Verificou-se globalmente uma mudança conceptual por parte dos alunos, tendo sido por isso importante conhecer as suas ideias prévias através do pré-teste, pois é a partir destas que se pode interpretar a sua evolução, avaliando a sua capacidade para refletir reflexivamente sobre as suas ideias, estabelecer a sua reorganização e reconstruir significados. No sentido de avaliar a atividade a partir da perspectiva dos alunos, no questionário pós-teste foram colocadas as seguintes questões:

- uma em que se pediu aos alunos que classificassem a atividade quanto ao seu grau de interesse. Foi utilizada uma escala de resposta psicométrica, escala tipo Likert. Ao posicionarem-se na escala, especificaram o interesse ou desinteresse encontrado na atividade — *A atividade foi interessante (Discordo: 1; Moderadamente em desacordo:*

2; *Moderadamente de acordo*: 3; *Muito de acordo*: 4; *Concordo totalmente*: 5). Pela análise do gráfico 3, construído a partir das respostas, verifica-se que a maior parte dos alunos (83,6%), classificou a atividade como interessante. Sendo que, 10,9%, 6 alunos não responderam à questão, 40,0%, 22 alunos concordaram com a afirmação de que a atividade foi interessante, e 43,6%, 24 alunos concordam totalmente com esta mesma afirmação;

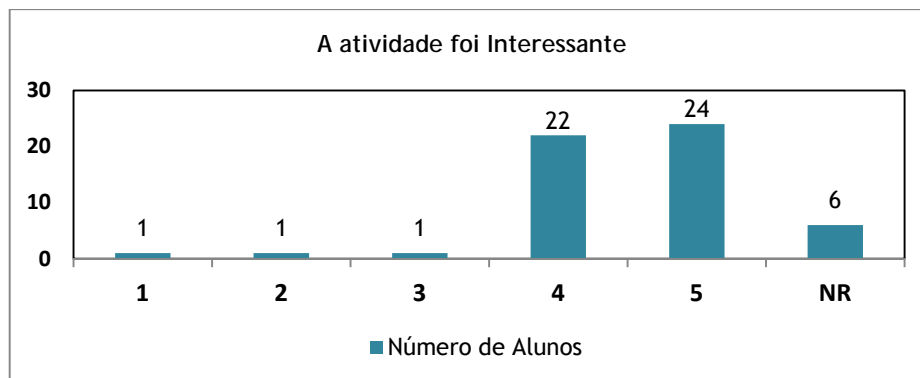


Gráfico 3 - Classificação dos alunos do 8.º e 9.º ano quanto ao grau de interesse da atividade (1 - Discordo a 5 - Concordo totalmente).

- outra, em que se pediu, numa questão aberta, que identificassem aquilo que aprenderam. As respostas foram agrupadas de forma a sistematizá-las, permitindo apreender aquilo que em traços gerais os alunos consideram que aprenderam. Decorrente da análise das respostas dadas pelos alunos à questão 2 da componente da avaliação da atividade, do pós-teste (tabela 18), constata-se que globalmente os alunos consideram ter aprofundado e adquirido novos conhecimentos, o que corrobora com a perspetiva estruturada em outros pontos da reflexão sobre *Recursos educativos na exploração do tema ácido-base e o desenvolvimento da curiosidade científica*;
- e ainda uma outra, também aberta, em que se permitiu aos alunos que identificassem aquilo de que mais gostaram na atividade *A magia da química e das palavras*. Dos 55 alunos que responderam ao questionário pós-teste, 11 não responderam a esta questão 3 (tabela 19). Da análise dos resultados, reconhecem-se dois eixos no despertar da atração dos alunos. Um deles tem a ver com o facto da experiência mais destacada ter sido aquela que é manifestamente mais simples. Surpreendentemente estimulou de forma significativa a interação com os alunos. Conclui-se que não é necessário algo muito elaborado e “protocolado” para que se consigam despertar interesses e estabelecer fios condutores entre os conteúdos teóricos, teórico-práticos e práticos, e situações de aplicabilidade quotidiana com vista à apreensão de conceitos e desenvolvimento de competências. A educação científica deve começar por despertar a curiosidade do aluno — e do cidadão em geral — para os fenómenos e factos que o rodeiam, realçando a sua importância para o funcionamento do ecossistema. Outro dos eixos a destacar, e não menos importante, encontra-se no

fato dos alunos, participantes voluntários na experiências, manifestarem o seu gosto por esta participação. Daqui se entende a importância pedagógica do envolvimento do aluno no processo de ensino-aprendizagem, garantindo uma relação profícua entre as dinâmicas deste binómio. O fazer e saber-fazer, desenvolvido através de uma participação ativa, ultrapassa a tendência perniciososa para a sedimentação de uma atitude apenas observacional passiva por parte dos alunos. As atividades, os recursos e o professor têm um papel fundamental na dinamização deste tipo de participação, na certeza que da simples observação não resulta um verdadeiro conhecimento. A confirmar esta perspetiva estão as respostas dos alunos. Uma grande parte destes refere que aquilo que mais gostou foi *ver experiências*. Este *ver* ultrapassa a simples posição passiva como espectador, pois consideram que mesmo para isto terá que se participar. Só assim se *vê* e exploram conteúdos.

Tabela 18 - Respostas dos alunos relativamente à questão 2 da componente da avaliação da atividade, do pós-teste (O que aprendi...).

O que aprendi	Número de alunos
1. Reações químicas	14
2. NR (Não Respondeu)	6
3. Factos novos	4
4. Magia com a química	4
5. Aquilo que já conhecia	4
6. A perceber melhor o pH	3
7. A entender o pH e as soluções	3
8. Reações químicas, soluções ácidas ou básicas	3
9. O que é ácido-base	1
10. Utilizar indicadores de pH	1
11. Formas de detetar um ácido ou base	1
12. Grau de acidez de substâncias	1
13. O carácter químico das soluções	1
14. Aprofundar conhecimentos	1
15. A acidez das substâncias	1
16. O pH e as soluções	1
17. Tudo sobre soluções	1
18. Que podemos fazer um indicador ácido-base de couve roxa	1
19. Diferenciar soluções básicas daquelas que são ácidas	1
20. O que significa equilíbrios químicos e a realização de experiências	1
21. Que a pasta dentífrica é básica	1
22. Nada	1

Tabela 19 - Respostas dos alunos relativamente à questão 3 da componente da avaliação da atividade, do pós-teste (Gostei mais de...).

O que gostei	Número de alunos
1. Ver experiências	18
2. Experiência do ovo	10
3. NR (Não Respondeu)	11
4. Tudo	9
5. Ir fazer uma experiência/ajudar	7

3.3.2.2. Atividades desenvolvidas no *Clube de Física e Química*

O Grupo Disciplinar de Ciências Físico-Químicas da Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras organiza um projeto educativo, no sentido de aumentar a eficácia da ação pedagógica, promovendo sempre a interação entre a escola e a comunidade. Neste sentido, deu-se continuidade ao Clube de Física e Química, que teve como objetivos:

- promover a compreensão e exploração de conteúdos científicos no âmbito da física e da química;
- motivar e sensibilizar os jovens para as disciplinas científicas, e também para a história e para a arte em geral, permitindo-lhes uma integração transversal de diferentes aprendizagens, a par do desenvolvimento de novas competências;
- incrementar o gosto pela realização de atividades experimentais;
- desenvolver competências comunicacionais, dinamizando a realização de pequenos textos de divulgação científica;
- adquirir informações científicas básicas necessárias à participação efetiva numa sociedade tecnológica.

O Clube foi formado por 6 alunos do 10.º ano, com idades entre os 14 e 15 anos (média de idades = 14,5 anos), 5 do sexo feminino e 1 do sexo masculino, que voluntariamente aceitaram o desafio de forma empenhada e sempre com o desejo de aprender mais. Foram várias as atividades desenvolvidas no âmbito da Física e da Química, indicadas na tabela seguinte.

Tabela 20 - Atividades desenvolvidas no Clube de Física e Química.

Atividades desenvolvidas no Clube de Física e Química
Resolução de fichas de trabalho e esclarecimento de dúvidas sobre a matéria dada nas aulas.
Realização da atividade — Como purificar água poluída? O que acontece aos lençóis de água quando deitamos para os terrenos água poluída? (Experiências didáticas e PowerPoint®)
Realização da atividade — Aditivos Alimentares — Dia da Alimentação (PowerPoint®). Experiência sobre o tema a <i>Química dos cereais do pequeno-almoço</i> .
Apresentação em PowerPoint® sobre <i>Reações Nucleares e Aplicações da Energia Nuclear</i> . Pesquisa bibliográfica na internet sobre a radioatividade e realização de um trabalho prático com os alunos no <i>Centro Tecnológico da Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras</i> .
Construção de espetroscópios e visualização de espetros de diferentes elementos químicos provocando uma descarga elétrica em ampolas que contêm substâncias elementares gasosas.
Participação na palestra <i>Radiações Ionizantes, Riscos e Aplicações</i> , organizada pelo núcleo de estágio de Física e Química.
Criação da árvore de Natal de Química, com material de laboratório, água e corantes alimentares.
Participação no concurso Química Natalícia, dinamizado pelo núcleo de estágio de Física e Química em colaboração com a biblioteca escolar da Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras. Elaboração de mensagens de Natal em diferentes línguas através da simbologia dos elementos químicos.
Realização da experiência de Becquerel no âmbito do projeto <i>Radiação Ambiente</i> .
Realização da experiência de deteção de partículas alfa com detetores CR-39, no âmbito do projeto <i>Radiação Ambiente</i> .
Segurança no Laboratório (PowerPoint®). Elaboração do relatório da experiência de Becquerel e deteção de partículas alfa com detetores CR-39 (projeto <i>Radiação Ambiente</i>).
Visita aos laboratórios de química da <i>Universidade da Beira Interior</i> . Realização de uma atividade prática num laboratório de química da <i>Universidade da Beira Interior</i> de acordo com o protocolo — Preparação de soluções.
Realização de uma atividade prática no laboratório de química da <i>Universidade da Beira Interior</i> de acordo com o protocolo — Diluição de soluções.
Realização da atividade <i>A magia da Química e das Palavras</i> na biblioteca da escola.
Preparação da animação a apresentar no <i>6.º Encontro Nacional Radiação Ambiente</i> referente às atividades de física desenvolvidas pelo núcleo de estágio de Física e Química.
Visita ao <i>Centro de Óptica da Universidade da Beira Interior</i> e análise dos detetores CR-39, referentes ao projeto <i>Radiação Ambiente</i> . Visita aos laboratórios de optometria e contactologia da <i>Universidade da Beira Interior</i> .
Elaboração do PowerPoint® descritivo das atividades desenvolvidas no <i>Projeto Radiação Ambiente</i> .
Preparação do <i>6.º Encontro Nacional de Radiação Ambiente</i> na <i>Escola Secundária Quinta das Palmeiras</i> .
Planificação das atividades e elaboração de materiais para a <i>V Festa da Primavera</i> na <i>Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras</i> .

No que respeita ao tema ácido-base, reproduziu-se no Clube a atividade *A magia da Química e das Palavras*, descrita no ponto 3.3.2.1. do presente relatório de estágio, que decorreu ao longo da *Semana da Leitura* e a experiência sobre as *Causas das chuvas ácidas*.

Demonstrou-se que é possível fabricar um indicador caseiro para detetar o carácter ácido, básico ou neutro das soluções (figuras 29 a), b) e c)). Foi explicado que a couve-roxa contém antocianinas em grande abundância, uma classe de compostos naturais corados que podem atuar como indicadores de ácido-base. As antocianinas extraem-se ao cortar-se a couve-roxa e juntar-se água quente. De seguida fez-se o procedimento de identificação do carácter químico das soluções, de acordo com o descrito na atividade *A magia da Química e das Palavras*.

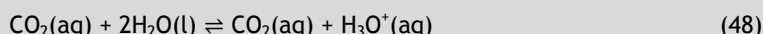


Figuras 29 a), b) e c) - Atividade - Indicador de couve-roxa, realizada no Clube de Física e Química

O meio ambiente é muitas vezes utilizado como tema de estudo para o ensino da Química. Este tema é de grande interesse e permite ao aluno conhecer e entender as transformações que ocorrem à sua volta, apoiando processos de socialização no sentido de educar como cidadão ativo e responsável. Também neste sentido foi proposto aos alunos um conjunto de atividades laboratoriais, onde tiveram a oportunidade de constatar que o pH da água mineral e da água gaseificada é diferente, assim como identificar as causas e efeitos das chuvas ácidas. Em primeiro lugar, observaram os rótulos de uma água mineral e de uma água gaseificada e determinaram o valor de pH de cada uma. Os alunos observaram que o pH da água gaseificada era inferior ao da água mineral, concluindo que é a presença do gás carbônico na água gaseificada que faz com que o pH seja diferente nas duas águas. Concluiu-se, com os alunos, que a acidificação da água da chuva é um processo natural, podendo ser provocada de forma artificial. É o que acontece nas águas gaseificadas em que o dióxido de carbono em água é dissolvido sob pressão. Pode conseguir-se o mesmo efeito soprando simplesmente através de uma palhinha mergulhada num copo de água. O CO_2 que expiramos surge sob a forma de bolhas e torna ácida a água do copo.

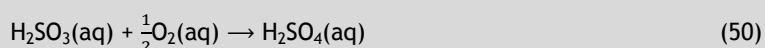
A terceira atividade baseou-se no reconhecimento de que a chuva “normal” apresenta características ácidas, uma vez que, atualmente, possui um valor de pH que se situa nos 5,6. Aliás, é mais rigoroso falar em “chuvas mais ácidas” do que, simplesmente, em “chuvas ácidas”.

Num momento seguinte abordaram-se os efeitos e as causas das chuvas ácidas. Explicou-se que a água da chuva “normal”, após contato com a atmosfera dissolve gases da atmosfera, como por exemplo o dióxido de carbono, que influencia o pH da água da chuva “normal”. Foi sublinhado que esta situação pode ser interpretada através das seguintes reações químicas, que traduzem a interação do dióxido de carbono com a água:



Quanto maior for a concentração de dióxido de carbono, mais a última reação evolui no sentido direto, o que conduz a um aumento da concentração de H_3O^+ e, conseqüentemente, à diminuição do pH. A chuva ácida pode apresentar um valor de pH compreendido entre 2 e 5. O problema ambiental não é a acidez da chuva, mas o fato de ela ser mais ácida do que o normal, em virtude de algumas atividades humanas que originam grande libertação e gases para a atmosfera.

Após várias investigações, foi confirmado que o dióxido de enxofre (SO₂), os óxidos de azoto (NO_x) e a matéria particulada são os principais causadores da deposição ácida (húmida e seca), embora o dióxido de carbono também contribua para a diminuição do pH das águas. Caso os alunos do Clube frequentassem o 11.º ano, dado que o tema ácido-base é dado com este grau de aprofundamento nesse ano, era de todo pertinente questionar os mesmos: *e como se convertem os óxidos de enxofre e de azoto em ácidos?* Teria que se explicar que o aumento da acidez atmosférica ocorre quando há formação de ácidos por dissolução dos óxidos na água da atmosfera. A transferência para a superfície ocorre deste modo por precipitação em forma de chuva, nevoeiro ou neve, ou seja, *deposição húmida*. Contudo, os óxidos de azoto e enxofre podem reagir com outras substâncias da atmosfera para formar compostos que se depositam sob a forma de matéria particulada, como o NH₄HSO₄. Também o contato direto dos óxidos de enxofre e azoto com superfícies (águas, solos, edificações, entre outros) provoca a acidificação. A deposição de compostos ácidos sob a forma não aquosa toma o nome de *deposição seca*. De seguida teria que se apresentar um dos mecanismos responsáveis por este processo:



O ácido nítrico (HNO₃) é o resultado de algumas reações químicas atmosféricas, tais como:



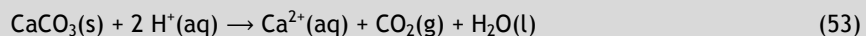
Neste caso, poder-se-ia solicitar um trabalho de pesquisa aos alunos sobre a temática: *Como controlar e corrigir as chuvas ácidas*, tendo como mote o ditado popular “*mais vale prevenir que remediar*”. Prosseguiu-se com o desenvolvimento do tema referindo que as combustões, sendo tão importantes como fonte de energia, também podem ser uma fonte de poluição atmosférica ou mesmo de destruição de vida e de bens, como sucede com os incêndios. As combustões podem conduzir a excessos de dióxido de carbono na atmosfera - efeito de estufa - e à produção de gases poluentes, como os óxidos de enxofre, os óxidos de azoto e óxidos altamente tóxicos como o monóxido de carbono. Em particular, os óxidos de enxofre e os óxidos de azoto, resultantes da queima do carvão, do petróleo e dos seus derivados (gasolina, por exemplo) são responsáveis pelo aumento da acidez das chuvas - chuvas ácidas.



Figura 30 - Atividade - Comprovar que da combustão do enxofre resulta dióxido de enxofre solúvel na água cujas soluções são ácidas.

No passo seguinte iniciou-se a atividade experimental propriamente dita: *comprovar que da combustão do enxofre resulta dióxido de enxofre solúvel na água sujas soluções são ácidas*. Esta atividade possibilitou aos alunos verificar a influência do dióxido de enxofre no pH da água destilada. Foi colocado um pouco de enxofre numa colher de combustão e aqueceu-se o enxofre à chama da lamparina até iniciar a combustão. Introduziu-se a colher com o enxofre a arder no copo de combustão, sem tocar na água e tapou-se o mesmo. Quando acabou de arder, retirou-se a colher e adicionaram-se algumas gotas de tintura de tornesol e observou-se que o indicador mudou de cor. A cor vermelha apresentada pelo indicador indica que a solução estava ácida, dado que o tornesol é um indicador que muda de cor para vermelho em soluções ácidas, e azul em soluções básicas.

Para verificar o que acontece com os monumentos feitos de calcário, quando expostos por vários anos a chuvas ácidas, os alunos colocaram dois ovos, um em água destilada e outro em vinagre e registaram as observações após uma semana. Passado uma semana, verificaram que apenas o ovo que estava em vinagre sofreu a degradação da sua casca (carbonato de cálcio). Referiu-se que atualmente as empresas de mobiliário em pedra aplicam revestimentos protetores na maioria das suas peças, principalmente se estas estiverem destinadas à utilização externa. Em Portugal a maioria destas pedras são calcárias, possuindo carbonatos que reagem com os ácidos, deteriorando a pedra e libertando dióxido de carbono, tratando-se de uma reação ácido-base. Por exemplo, na pedra mármore, que é constituída essencialmente por carbonato de cálcio, ocorre a reação:



Além das ações de prevenção global para diminuir a acidez, que mobilizam ou deveriam mobilizar toda a sociedade, os responsáveis por muitos monumentos e museus protegem as esculturas exteriores com vernizes que são películas sintéticas, resistentes ao ácido, que retardam a degradação. O tema ácido-base poderia ter sido muito mais explorado com os alunos se estes frequentassem o 11.º ano de escolaridade. Dados os objetivos do Clube, não seria de todo pertinente desenvolver atividades que necessitassem de uma exposição teórica longa, de forma a fazer o enquadramento das atividades a realizar. Simultaneamente, as inúmeras atividades no âmbito de outros temas propostos, e os pedidos de esclarecimento de dúvidas para preparação dos testes ao longo do ano, não permitiram explorar mais o tema ácido-base. Contudo, deixam-se sugestões de materiais a consultar e atividades consideradas importantes, a realizar num próximo Clube, relativas ao tema ácido-base. No site do Portal de Ensino das Ciências e de Cultura Científica - Mocho (<http://www.mocho.pt/> acedido a 21/05/2013), existe uma série de apontadores relativos ao tema ácido base:

- chuva ácida;
http://www.mocho.pt/Ciencias/ambiente/chuva_acida/
- atividades sobre o tema ácido-base;
http://www.mocho.pt/Ciencias/Quimica/acido_base/

Das atividades propostas no site e respetivos apontadores, destacam-se:

- determinação da acidez do leite. Esta atividade tem como por objetivo a determinação da qualidade do leite de acordo com a acidez, utilizando como unidade de medida graus Dornic,
<http://www.cdcc.sc.usp.br/quimica/experimentos/leite.html>;
- teor de ácido acetilsalicílico em comprimidos. A experiência tem como objetivo determinar o teor, em massa, de ácido acetilsalicílico em comprimidos de analgésicos como *Melhora*[®], *Aspirina*[®], *AAS*[®], entre outros,
<http://www.cdcc.sc.usp.br/quimica/experimentos/aas.html>;
- o autor Victor Gil propõe projetos experimentais, diretamente ligados ao novo programa e em relação estreita com o manual de estudo do aluno. No seguinte site são descritas algumas experiências, que os alunos podem realizar no laboratório,
http://nautilus.fis.uc.pt/wwwqui/laboratorio/fichas/lab_toc.html. Das Fichas de Laboratório apresentadas e relacionadas com o tema ácido-base, considera-se pertinente a sua realização:
 - a) Ficha 3 — *Imagine que é um/a técnico/a de laboratório químico...* Objetivo - Determinar a concentração de uma solução de ácido clorídrico que se encontra num frasco de que se perdeu o rótulo indicativo da concentração. Alternativas apresentadas: determinar a acidez total de um vinho (em alternativa também, sumo de limão, maçã e laranja); confirmar a percentagem de ácido acético indicada no rótulo de uma embalagem de vinagre; distinguir os hidróxidos de sódio e de potássio por titulação com um ácido;
 - b) Ficha 11 — *Imagine que é um/a aluno/a de uma Faculdade de Medicina...* Objetivo - Conhecer melhor a principal substância responsável pela acidez do suco gástrico — ácido clorídrico — comparando o seu comportamento em água e num solvente orgânico;
 - c) Ficha 12 — *Imagine que é um/a químico/a a trabalhar para uma empresa do ramo alimentar...* Objetivo - Caíram os rótulos de dois frascos com as indicações $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$, $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$, e HCl , $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$. Colá-los, de novo, sem risco de troca.

3.3.2.3. Atividades desenvolvidas no Atelier de Atividades de Tempos Livres

No âmbito do trabalho desenvolvido pelas estagiárias de Física e Química na Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras, dinamizaram-se várias atividades no seu Atelier de Atividades de Tempos Livres (ATL). O facto do grupo de trabalho ser composto por crianças com idades diferentes e frequência de níveis distintos do 1.º ciclo, condicionou, por vezes, a abordagem a determinados conceitos e atividades. As crianças que participaram no ATL frequentavam o 2.º, 3.º e 4.º anos do primeiro ciclo, e a média de idade situava-se nos 8 anos.

Tentou-se que todos acompanhassem de forma ativa as atividades e, por sua vez, procurou-se também que as expectativas dos alunos mais velhos não fossem defraudadas. No atelier de tempos livres abre-se espaço para uma reconfiguração do conceito aprender e de escola, como instituição. Antes, nesta a criança era perspetivada como um recetor vazio sempre que se desenvolvia um conceito científico do currículo escolar, enquanto o professor teria apenas como função transferir conhecimento para a sua mente. Aprender era então apenas deixar entrar de uma forma atenta o conhecimento transmitido pelo professor, memorizando os conteúdos de cada lição sob orientação de um compêndio. Neste sentido, a utilização de uma linguagem e estratégias particulares ou a simples leitura do livro seriam indiferentes para se conseguir transmitir conhecimento. Esta perspetiva simplista e unidirecional do processo de ensino-aprendizagem reduz a aprendizagem à memorização, esquecendo a importância da compreensão e o facto de que a criança constrói perspetivas próprias sobre o mundo físico natural que as rodeia. Esta realidade, com um significado provavelmente crescente, reflete o facto das crianças e jovens transportarem em si uma grande quantidade de imagens, informação e conhecimentos resultantes da sua interação com diferentes agentes de socialização. Esta última fornece-lhes conteúdos para que sejam capazes de interpretar o significado de representações sociais. Daí a relevância de que a educação científica se reveste, no sentido de ajudar os alunos a «reconhecer conflitos e inconsistências no seu pensamento», uma vez que estes apoiam a «construção de conhecimentos, mais coerentes» (Carvalho *et al.*, 2012:36).

Carvalho *et al.* (idem,37), no âmbito da apresentação dos objetivos do ensino das ciências, defende que a educação científica tem que começar por despertar a curiosidade, destacando a importância daquilo que à primeira vista parece vulgar. Os mesmos autores apoiam assim a perspetiva segundo a qual se defende que a educação científica deve começar o mais cedo possível, no 1.º ciclo ou até no ensino pré-escolar, aproveitando a curiosidade natural da criança e a sua tendência de procura de atividades com objetos concretos (ibidem). Observem-se duas situações comuns no ensino das ciências²⁴, que apelam para outras formas de implementar exercícios didáticos neste:

Situação 1

Durante o meu ensino secundário nunca entendi nada acerca da Lei de Arquimedes e no entanto terei repetido vezes sem conta que "um corpo mergulhado no seio de um líquido, fica sujeito à ação de uma força vertical, dirigida de baixo para cima, de valor igual ao peso do volume de líquido deslocado". Perceberam? A ideia de "seio de um líquido" fazia-me muita confusão. Então o líquido tinha seios? E esta coisa de "peso de volume de líquido deslocado"? Um verdadeiro quebra-cabeças! Estávamos no equivalente ao 9.º ano de hoje. Mas acabávamos por perceber que "saber" era simplesmente dizer aquilo direitinho de cor, e o que parecia ser um quebra-cabeças deixava de o ser.

Situação 2

Mesmo na tabuada, que toda a gente deve saber de cor, não se pode dispensar a compreensão por parte do aluno de que quando diz $8 \times 5 = 40$, está a referir-se a uma soma de 5 parcelas iguais, de valor igual a 8. Lembro-me bem de que a tabuada era memorizada como uma música que se entoava em coro, sem essa compreensão.

²⁴ As duas situações transcritas foram retiradas de um blog possível de aceder através da ligação: <http://geniociencia.blogspot.pt/2008/10/o-vulco-um-monte-pegar-fogo.html>.

Com o objetivo de inverter a tendência perniciosa destas estratégias educativas, procurou-se no espaço do ATL criar espaços onde fosse desenvolvido o ensino experimental das ciências, favorecendo a compreensão de fenómenos. Ao longo deste projeto sobre os *Recursos educativos na exploração do tema ácido-base e o desenvolvimento da curiosidade científica*, foram desenvolvidas várias atividades no âmbito da Química e da Física, de acordo com Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências²⁵, seguindo-se sempre que possível os guiões didáticos propostos pelo mesmo.

Como guia recorreu-se aos princípios do Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências (PFEEC) para Professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico, desenvolvido ao longo de quatro anos letivos, entre 2006 e 2010 (Despacho n.º 2143/2007, de 9 de Fevereiro e Despacho n.º 701/2009, de 9 de Janeiro), que tinha como objetivo aumentar os níveis de literacia científica dos alunos portugueses, através do desenvolvimento das competências profissionais dos professores do 1.º ciclo, nesta área curricular. Sob a coordenação científica e pedagógica de uma Comissão Técnico-Consultiva de Acompanhamento, o programa desenvolveu-se através do estabelecimento de protocolos entre o Ministério da Educação e uma rede nacional de instituições de ensino superior, com responsabilidade na formação de professores de 1.º ciclo. O PFEEC teve como principais objetivos:

- aprofundar a compreensão dos professores do 1.º CEB sobre a relevância de uma adequada educação em ciências para todos, de forma a mobilizá-los para uma intervenção inovadora no ensino das ciências nas escolas;
- promover a (re)construção do conhecimento didático do conteúdo, com ênfase no ensino das ciências de base experimental nos primeiros anos de escolaridade, tendo em consideração a investigação em didática das ciências, bem como as atuais Orientações Curriculares para o Ensino Básico das Ciências Físicas e Naturais;
- dinamizar a exploração de situações didáticas para o ensino das ciências de base experimental no 1.º CEB, através do aprofundamento e/ou reconstrução de conhecimento científico e curricular.

Como se percebe destes objetivos, reconhece-se a necessidade da educação em ciências, através de uma intervenção inovadora de base experimental enquadrada por aprofundamento do conhecimento didático sobre os conteúdos. A tabela seguinte mostra o número de professores-formandos que concluíram a formação em cada ano de implementação do Programa, bem como o número de escolas e alunos abrangidos. A evolução destes números demonstra a dimensão daqueles que se envolvem e são envolvidos no ensino experimental das ciências, mas também o reconhecimento da importância deste para a formação integral do cidadão.

²⁵ As informações sobre o Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências para Professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico foram retiradas da seguinte ligação na internet: <http://www.dgicd.min-edu.pt/outrosprojetos/index.php?s=directorio&pid=93#i>.

Tabela 21 - Número de professores-formandos que concluíram a formação em cada ano de implementação do Programa, bem como o número de escolas e alunos abrangidos.

Ano Letivo	N.º professores e formandos	N.º de escolas	N.º de alunos
2006/2007	986	581	17.472
2007/2008	2.961	1.495	53.986
2008/2009	2.940	1.471	53.732
2009/2010	1.215	698	24.169
Total	5.141	4.245	149.359

Destaca-se deste Programa a produção de guiões didáticos, reconhecendo-se que constituem um elemento fulcral da formação, uma vez que constituíram os trabalhos experimentais a implementar pelos professores-formandos, durante as sessões de formação e as atividades letivas com os seus alunos do 1.º ciclo. Seguindo os princípios e lógicas deste Programa, desenvolveram-se várias atividades no âmbito do Atelier de Atividades de Tempos Livres da Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras, que se descrevem na tabela 22.

Tabela 22 - Atividades desenvolvidas no Atelier de Atividades de Tempos Livres.

Balão Brincalhão	Compreender que há várias experiências que envolvem reações químicas, neste caso, a reação deu-se entre o ácido acético (vinagre) e o bicarbonato de sódio e um dos produtos da reação é o chamado dióxido de carbono, o CO ₂ . Identificar que o gás ficou retido no balão, e por isso o mesmo enche.
Dia da Alimentação — Preparação de gomas saudáveis	Comemorar o Dia da Alimentação, 16 de Outubro. A atividade desenvolvida promoveu a cozinha como laboratório, onde as crianças prepararam gomas saudáveis. A atividade junto das crianças do 1.º ciclo visou também a consciencialização sobre questões da nutrição e alimentação, assim como o estabelecimento da associação com a química sempre presente no quotidiano.
Limites de solubilidade de um material noutro	Verificar com as crianças do 1.º ciclo, a existência de um limite de solubilidade de um material num dado solvente, ou seja, que um soluto não se dissolve infinitamente num determinado volume de solvente.
Preparação de tintas e pintura de figuras alusivas ao Natal	Preparar tintas a partir de materiais de uso corrente como o giz de cor, e comemorar a época natalícia através da pintura de figuras alusivas ao Natal, com as tintas preparadas.
O comportamento de objetos na água — <i>Flutua ou afunda</i>	Explicar alguns fenómenos observados com base nas propriedades dos materiais e reconhecer materiais que flutuam e não flutuam.
Fatores que influenciam o comportamento de um objeto na água — <i>Como fazer afundar uma lata de metal</i>	Contribuir para que as crianças possam alcançar as seguintes aprendizagens: objetos iguais com a mesma massa e diferente volume podem ter comportamentos diferentes no mesmo líquido; compreender o que é um ensaio controlado.
Preparação de um indicador de couve-roxa e identificação de soluções ácidas, neutras e básicas	Abordagem ao tema ácido-base, introduzindo o conceito de pH e as noções de acidez e de basicidade, e a sua aplicação no quotidiano às crianças do 1.º ciclo do ensino básico.
Como fazer um vulcão?	Entender o que são reações químicas e como acontecem, e o que são reagentes e produtos. Identificar o ácido e a base utilizadas na experiência.

Das atividades desenvolvidas, dinamizaram-se três que estão relacionadas com o tema ácido-base, nomeadamente: o *balão brincalhão* (Anexo XV); *preparação de um indicador de couve-roxa e identificação de soluções ácidas, neutras e básicas* (Anexo XVI); e *como fazer um vulcão* (Anexo XVII). A atividade *preparação de um indicador de couve-roxa e identificação de soluções ácidas, neutras e básicas* (Anexo XVI), permitiu abordar o tema ácido-base, introduzindo o conceito de pH e as noções de acidez e de basicidade, focando a sua aplicabilidade no quotidiano. Numa primeira abordagem, perguntou-se às crianças do 1.º ciclo se sabiam o que era um ácido e uma base. A maior parte destas respondeu que não sabia, contudo surgiram respostas referentes aos ácidos, como: “Um ácido é uma coisa a que ninguém resiste”; “Ácido é qualquer coisa que sabe mal!”; “É um alimento ácido, o limão”.



Figuras 31 a) e b) - Atividade - Preparação de um indicador de couve-roxa e identificação de soluções ácidas, neutras e básicas.

Explicou-se então que os químicos classificam as substâncias de acordo com as suas propriedades e uma das classificações possíveis, consiste em agrupar as substâncias em ácidos ou bases. De seguida, explicou-se que os químicos usam indicadores para investigar se uma solução é ácida ou básica. As crianças perguntaram: “O que são indicadores?”. Respondeu-se que os indicadores são compostos químicos que adquirem cores diferentes quando estão na presença de soluções ácidas, neutras ou básicas. Transmitiu-se então que na experiência a realizar, iriam utilizar a couve-roxa para saber se uma substância é ácida ou básica, seguindo o procedimento do protocolo foi mostrado e explicado o modo de preparação deste indicador. No procedimento seguinte, as crianças identificaram as soluções como ácidas, neutras ou básicas, de acordo com a cor que apresentavam após a adição do indicador e após a análise da escala de pH do indicador de couve-roxa. No decorrer da experiência a maior parte das crianças mostrou surpresa e admiração pelos diferentes comportamentos observados, dado que a alteração de cor era entendida como um fenómeno apelidado de “mágico”.

Na etapa seguinte, com o objetivo de observar o carácter químico de soluções usadas no dia-a-dia, as crianças identificaram algumas apresentadas como ácidas ou básicas, antes de fazerem a experiência com o indicador. O sumo de limão, preparado pelas crianças, foi a solução que todas identificaram e acertaram. Isto deve-se à associação imediata da acidez ao sabor amargo do limão. Após e durante a experiência era visível a perplexidade perante os conhecimentos transmitidos e adquiridos, assim como a satisfação com a

realização/participação na mesma. Considera-se que o objetivo associado à atividade foi alcançado.

Outras atividades, *Balão brincalhão* e *Como fazer um vulcão* foram realizadas com o objetivo de demonstrar uma reação química. Explicou-se que há vários séculos o homem convive com uma grande variedade de materiais encontrados na natureza, podendo estes sofrer transformações físicas e/ou químicas. Quando um material sofre uma transformação onde há alteração dos seus componentes, afirma-se que este sofreu uma transformação química (reação química). Caso contrário trata-se de uma transformação física. Numa transformação química, as substâncias que sofrem transformação são apelidadas de reagentes e as que resultam desta transformação são chamadas de produtos. De um modo geral, pode identificar-se a ocorrência de uma transformação química através de alterações que podem ocorrer no sistema, tais como: mudança de cor; libertação de gás (efervescência); formação de um sólido (precipitado); aparecimento de chama ou luminosidade; e alteração de temperatura.



Figuras 32 a), b) e c) - Atividade - Balão Brincalhão.

Na atividade intitulada *Balão brincalhão brincalhão* (Anexo XV) utilizou-se uma luva de latex em vez do balão, colocou-se o bicarbonato de sódio dentro da luva através de um funil e, de seguida, colocou-se vinagre dentro de um copo. A luva foi posicionada sobre a boca do copo e virou-se de modo a que o bicarbonato caísse dentro do copo. Um pouco depois foi observado o enchimento da luva. Foi perceptível a admiração das crianças face ao que estavam a observar. Explicou-se que quando o bicarbonato de sódio entra em contato com o vinagre, o ácido acético reage com este. Um dos produtos da reação é um gás muito conhecido, chamado dióxido de carbono (CO_2). É por isso que se observou efervescência. O gás ficou retido na luva, e por isso a luva enche. Foi sublinhado que a reação química que ocorre para encher a luva também acontece quando o bicarbonato é utilizado nas massas de bolo e pães. Ocorre uma reação quando o bicarbonato entra em contato com o calor do forno, fazendo o bolo ou o pão crescer. Esta experiência poderia ser feita utilizando um comprimido antiácido estomacal efervescente, em vez do bicarbonato de sódio. A maior parte dos medicamentos antiácidos para o alívio da azia, possui na sua constituição bicarbonato de sódio (hidrogenocarbonato de sódio). Este ião, HCO_3^- (aq), ao reagir com os iões H^+ (aq) do ácido

clorídrico em excesso no estômago, origina o ácido carbônico instável que se decompõe em $\text{CO}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

Quando se realizou a atividade *Como fazer um vulcão brincalhão* (Anexo XV), já tinha sido feita a atividade sobre a *preparação de um indicador de couve-roxa e identificação de soluções ácidas, neutras e básicas*, o que potenciou a interligação com os novos conhecimentos. A atividade *Como fazer um vulcão* pode ser dinamizada promovendo a transdisciplinaridade, pois antes da sua realização poderia ter sido desenvolvida uma outra na disciplina de Biologia, subordinada ao tema *Vulcões*, assim como em Educação Visual e Tecnológica poderia ter sido construído um vulcão em materiais como cartolina, cartão e/ou gesso. Como este exercício de transdisciplinaridade não foi possível, uma das crianças responsabilizou-se por conceber um vulcão em cartão, tendo todas as crianças participado de forma muito ativa na experiência, como aliás foi sempre caraterístico do grupo.



Figuras 33 a) e b) - Atividade - Como fazer um vulcão? Material necessário à realização da atividade - a) e adição de bicarbonato de sódio - b).



Figuras 34 a) e b) - Atividade - Como fazer um vulcão? Adição do detergente - a) e agitação da mistura - b).

Foi distribuído o protocolo da atividade e esta foi iniciada com a colocação da seguinte questão-problema: “O que vai acontecer quando se mistura o vinagre com o bicarbonato de sódio?”. De imediato ouviu-se uma resposta: “Uma reação química!”. De seguida solicitou-se que identificassem os materiais a utilizar na experiência, no que respeita ao caráter ácido ou básico. O vinagre foi imediatamente identificado como ácido e o bicarbonato de sódio como base. Começaram por colocar o bicarbonato, e de seguida o

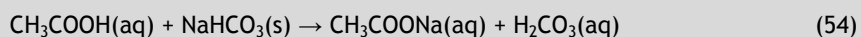
corante e o detergente. Posteriormente, agitou-se a mistura e tapou-se o *erlenmeyer* com o referido vulcão. Chegou-se à etapa mais desejada, observando o vulcão a entrar em erupção. Adicionou-se o vinagre à mistura e segundos depois era explícita a satisfação das crianças pela reação construída, entendida e observada.



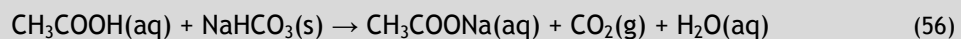
Figuras 35 a) e b) - Atividade - Como fazer um vulcão? “Vulcão em erupção” - a) e grupo de trabalho - b).

No final realizou-se um exercício de reflexão e recapitulação das fases da experiência com reações químicas. O vinagre é um ácido e ao misturar-se com o bicarbonato que é uma base, forma uma nova substância: o dióxido de carbono, ou seja, obtém-se um gás (bolhinhas que se formaram) responsável pela simulação da erupção. Os milhares de bolhinhas que se formam são muito leves e, por isso, a mistura faz efervescência. A erupção das bolhas é semelhante à lava que jorra de um vulcão. De seguida foi referido que se recorreu ao detergente apenas para criar mais espuma e o corante para que a espuma se parecesse com lava. No entanto, embora na experiência se tenha usado corante vermelho, a simulação de lava não ficou com a cor pretendida, adquirindo uma tonalidade rosa.

As explicações científicas para a reação podem ir desde um nível muito básico ao mais complexo. A partir de uma experiência simples e muito motivadora em termos visuais, pode promover-se a transdisciplinaridade, a aquisição/aplicação de conceitos/conhecimentos científicos, o desenvolvimento das capacidades para conhecer a realidade e os seus fenómenos, aprofundando-se a explicação de acordo com a faixa etária dos alunos com que se está a trabalhar. Trata-se de uma excelente experiência para uma feira de ciências, por exemplo. Caso a faixa etária dos destinatários fosse superior (nível secundário), poderia começar-se por explicar que o bicarbonato de sódio apresenta a fórmula química NaHCO_3 . O vinagre é uma combinação de água com 5% de ácido acético. Como os dois componentes apresentam substâncias químicas, quando combinados, ocorre uma reação. A mistura do vinagre com o bicarbonato de sódio gera um produto chamado ácido carbónico. Este ácido é muito instável e imediatamente se decompõe em dióxido de carbono. Quando se adiciona vinagre ao bicarbonato, é o gás carbónico que origina as bolhas. A reação química que ocorre entre o bicarbonato de sódio e o ácido acético presente no vinagre é:



O ácido carbónico (H_2CO_3) é instável e decompõe-se de acordo com a reação:



É de referir que esta reação também está presente no sal de frutas, produto para aliviar a azia e a má digestão e na determinação de certos tipos de rochas, como as de calcário (CaCO_3). Salienta-se que neste caso, se uma rocha borbulhar gás (CO_2) ao derramar-se ácido sobre ela, há a confirmação de que possui o ião carbonato, e de que possivelmente seja de calcário.

4. Conclusões e reflexão crítica

Tal como as experiências proporcionadas no âmbito das práticas de ensino experimental, que embora classificadas como “magia”, de mágicas nada têm, também não há recursos que num passo de ilusionismo possam cativar de forma decisiva a atenção do aluno envolvendo-o naquilo que António Câmara (2009:48) apelida de «ensino por imersão», onde é possível o seu envolvimento em trabalhos práticos (*hands-on*) e análise crítica (*minds-on*). As várias estratégias pedagógicas utilizadas no sentido de sublinhar os *Recursos educativos na exploração do tema ácido-base e o desenvolvimento da curiosidade científica*, demonstram bem como a utilização exclusiva de modelos tradicionais pode não ensinar como destruir a criatividade, por oposição a um ensino mais flexível e individualizado, que capitaliza a curiosidade natural dos alunos, incentivando-os a elaborar questões e a operacionalizar estratégias para lhes dar resposta. Ao mesmo tempo com o envolvimento, quantitativo e qualitativo, de recursos educativos, podem enriquecer-se os fatores contextuais potenciadores da educação, em que os alunos são encorajados a colaborar entre si, assim como constantemente estimulados a analisar, sintetizar, criticar e criar.

Perante a afirmação da apelidada *geração blogue*, a mobilização das novas tecnologias revela-se uma exigência na educação, tal como a preparação do professor para as utilizar no sentido de maximizar os processos educativos que se farão natural e formalmente através destas. Um exemplo paradigmático do potencial educativo das tecnologias encontra-se nas possibilidades pedagógicas da utilização de simulações, que constituem um recurso inestimável por várias razões, para além daquelas que podem estar ligadas à inexistência de outros recursos como os laboratoriais. Alguns simuladores e animações permitem a visualização microscópica de conteúdos explorados, abstratos quando explicados apenas ao nível teórico, constituindo assim um pilar essencial na construção do conhecimento. O envolvimento de recursos crescentemente superiores pode estimular a criação de projetos considerados «peças essenciais do ensino por imersão», onde «a criatividade deve ser especialmente encorajada» (Câmara, 2009:52). Por oposição a um ensino por «infeção» (Simon cit. por Câmara, 2009:48), processado «através da disseminação de um enorme número de palavras, números e fórmulas por via oral e escrita», urge a criação de «programas de ensino por imersão» baseados «numa sequência de aulas inspiradoras», que «requerem sobretudo trabalhos de casa», «projetos e exames inovadores devidamente acompanhados pelo docente» (Câmara, 2009:49-50).

A PES de suporte a este relatório permitiu perceber que para além da importante componente científica na formação profissional do professor, é fundamental a sua componente pedagógica e didática, que estabeleça uma relação frutuosa entre a dimensão educativa, «tudo aquilo que dialeticamente possa favorecer ao indivíduo a realização de si» (Martins, 2006:189), e a dimensão educacional, «tudo aquilo que diz respeito à intervenção, à especificação do educativo» (ibidem). É desta interação entre o educativo e o educacional

que se constrói com recursos o processo do despertar da curiosidade científica do aluno, libertando-os dos bloqueios à criatividade.

As experiências de observação direta e participante realizadas na PES, permitiram perceber que as concepções alternativas identificadas na literatura e na prática, salientam a necessidade de criar novas estratégias e novos recursos para otimizar o ensino-aprendizagem de conceitos associados ao tema ácido-base. A consulta de vários manuais de Física e Química do 3.º ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário, possibilitou o entendimento de que a escolha de um manual nem sempre é fácil, destacando-se sobre esta dois pontos essenciais: primeiro, os manuais não são simples construtos que reproduzem de forma automática e direta os programas e orientações curriculares que a DGE produz, mas antes a interpretação que cada autor faz destas; segundo, é possível encontrar diferentes formas e dimensões de exploração em relação ao mesmo tema em livros diferentes. Esta realidade implica uma estratégia de avaliação coerente e objetiva na seleção dos livros a serem adotados como material de apoio, uma vez que este se reveste de um cariz instrumental, como apoio ao professor e uma ferramenta de aprendizagem para o aluno.

Nas PES procurou-se aplicar as melhores estratégias utilizando os recursos educativos adequados, promovendo a aprendizagem como um processo ativo de construção de significados, facilitando a atribuição de sentido ao que se pretendia que fosse apreendido e interiorizado de forma reflexiva. Na regência de Química de 10.º ano foi lecionado o tema *Efeito fotoelétrico*, recorrendo-se às TIC, nomeadamente uma simulação computacional sobre o tema. Foi também elaborado um guião exploratório que potenciou o estabelecimento da relação entre os aspetos práticos da experiência e os conhecimentos científicos subjacentes. Foi possível constatar que a utilização do simulador computacional tornou a aula dinâmica e participativa, contribuindo para um processo de construção do conhecimento facilitador da interpretação e operacionalização de conceitos. Os alunos puderam aqui consolidar e explorar os conteúdos previstos na aula, de uma forma não abstrata, uma vez que visualizaram a nível macroscópico o que se passa a nível microscópico, utilizando o controlo de variáveis. É de ressaltar que a utilização de simulações computacionais não melhora por si só a eficiência de uma aula, pois as mais-valias deste recurso didático dependem de vários fatores, entre estes, a qualidade da simulação computacional, o objetivo da sua utilização e o modo como é explorada. Aqui se identifica um argumento sobre a centralidade do papel do professor como acompanhante, defendido por António Câmara. As experiências no sentido da maximização da utilização de *software* educativo, no âmbito de um pragmatismo pedagógico, demonstraram a necessidade de guiar os alunos na exploração dos recursos digitais. A simples colocação destes, individualmente ou em grupo, frente a programas educativos, revela que os alunos tendem a dispersar-se pela reprodução de cliques muitas vezes aleatórios, sem objetivos, sem apelos à reflexão que pode permitir a construção do conhecimento e a consolidação reflexiva da aprendizagem.

Na regência de Física de 11.º ano, realizou-se a *Atividade Laboratorial 2.3 Comunicações por radiação eletromagnética* e explorou-se uma simulação computacional

sobre os fenômenos da reflexão, refração e reflexão total da luz. Foi perceptível um grande entusiasmo na manipulação do simulador e empenho em resolver as questões colocadas. A exploração da simulação também promoveu a transdisciplinaridade, facto que foi visível com a utilização do transferidor, que facilitou o desenvolvimento dos conteúdos. Da análise sobre a *Atividade Laboratorial 2.3 Comunicações por radiação eletromagnética* destaca-se a utilização dos recursos disponíveis no laboratório da escola e o recurso, mais uma vez, a uma simulação computacional. Considera-se que ambos os recursos se complementaram, apoiando a dinamização do processo ensino-aprendizagem. A associação de informação complementar a uma simulação, a possibilidade de orientar a sua utilização e o seu enquadramento com outros recursos disponíveis, tornam claramente mais ativa a participação dos alunos. Na regência de Química de 11.º ano realizou-se a volumetria de ácido-base da *Atividade Laboratorial 2.3 Neutralização: uma reação de ácido-base*.

A utilização de simulações computacionais continuou a apresentar vantagens para o processo de ensino-aprendizagem, perceptíveis, por exemplo, através das reações dos alunos muito positivas desencadeadas aquando da sua exploração. No discurso direto: “Esta simulação é gira, vê-se a curva de titulação à medida que é realizada a titulação”; “Vê-se o que acontece com a estrutura molecular com a adição contínua do NaOH”. A simulação foi utilizada como atividade pré-laboratorial, permitindo estabelecer relações entre a teoria e a atividade prática a realizar, fomentando a reflexão quando os alunos comparam as previsões iniciais com os resultados obtidos no laboratório. Da pesquisa e análise de várias simulações, verifica-se que a maioria das simulações existentes é específica, centrando-se em aspetos particulares do ácido-base. Deste modo, seria bastante útil conjugar a utilização das várias simulações por meio da construção de recursos mais completos, que introduzissem os aspetos mais positivos e procurassem minimizar ou anular a presença de alguns negativos. Uma das maiores lacunas associada a muitos dos recursos analisados é a ausência de informação complementar, bem como a falta de identificação das limitações e pressupostos.

Apesar da defesa da importância do papel das simulações computacionais, sempre que possível, a simulação não deverá substituir a experiência real, pois não permite a aquisição de competências e técnicas laboratoriais, e limita a possibilidade dos alunos serem confrontados com a riqueza heurística da experiência, por exemplo, dos erros experimentais. As regências desenvolvidas em laboratório e em salas de informática e/ou sala de aula com computador e projetor de vídeo, foram importantes para demonstrar que são complementares e que de forma cumulativa e reflexiva enriquecem o processo de ensino-aprendizagem. As atividades pedagógicas, com perfil educacional, permitiram identificar as virtualidades do acompanhamento das simulações com guiões ou tutoriais, compostos por questões que orientam a sua exploração. Permitiram o contato com várias estratégias de aplicação, ao mesmo tempo que podem constituir propostas de tarefas extra-aula. Todas as apresentações *PowerPoint*[®] e materiais considerados pertinentes para a aprendizagem e desenvolvimento da autonomia do aluno foram publicados *on-line* na plataforma *Moodle*[®] da escola, no espaço da respetiva disciplina. Deste modo, os alunos puderam completar e

aprofundar os conhecimentos ministrados, para além de lhes ser possível realizar exercícios de auto-avaliação sobre a aquisição e aplicação de conhecimentos. As tecnologias devidamente integradas e em sintonia com o currículo constituem um meio de renovação do ensino e das práticas pedagógicas.

Os testes *e-learning* constituem mecanismos que permitem aos alunos ter acesso a instrumentos de auto-avaliação, entendida como aprendizagem pelo reconhecimento do significado do conhecimento adquirido e aplicado, com os quais têm o *feedback* sobre o sucesso/insucesso do processo de ensino-aprendizagem, refletindo sobre o seu processo de crescimento/desenvolvimento, numa lógica de avaliação *on-going* e *ex-post*. Simultaneamente constitui um instrumento de avaliação do aluno por parte do professor, uma vez que pode com estes: ter acesso à informação sobre os alunos que efetuaram o teste; identificar o número de respostas erradas; reconhecer a pergunta que tem maior número de respostas erradas; definir prazos temporais para resolução do teste; desenvolver outras potencialidades subjacentes ao Moodle®, que o professor reconheça como pertinentes na sua aplicação.

A aplicação de pré-testes e pós-testes aos alunos do 11.º ano e aos alunos do 8.º e 9.º ano, constituiu, devido às limitações nas conclusões e generalizações (ameaças à validade interna e externa) inerentes ao estudo, apenas um simples indicador positivo a favor da utilização de recursos digitais, das atividades extra sala de aula e atividades práticas com os alunos. Contudo, para que estas vantagens se tornem uma realidade cada vez mais comum nas escolas, é fundamental uma mudança de mentalidades, atitudes e perspetivas dos vários intervenientes no processo educativo. O desinteresse pela ciência advém principalmente, da metodologia de ensino tradicional, baseada num modelo de ação didática de transmissão-receção e que prioriza a memorização de conceitos e regras, assim como a aplicação de equações e leis na resolução de problemas. Assim, se produz aquilo que James Adams (cit. por Câmara, 2009:52) apelida de bloqueios à criatividade: «percecionais», «emocionais», «culturais», «ambientais» e «intelectuais».

A aplicação de recursos educativos como as TIC na disciplina de Física e Química demonstra as suas mais-valias para a prática pedagógica, que em conjunto com as aulas experimentais, favorece a motivação dos alunos, torna as aulas mais dinâmicas e agradáveis e contribuiu para o processo de construção do conhecimento. Junto com estes recursos, torna-se premente a realização de atividades laboratoriais, não só pelo cumprimento das orientações do programa curricular como pelo desenvolvimento das competências inerentes ao contexto da atividade laboratorial. Embora as atividades laboratoriais sejam de grande importância para a compreensão dos acontecimentos associados às reações ácido-base a nível macroscópico, continuam a implicar uma abstração para compreender o que se passa a nível microscópico. Conclui-se que ministrar uma aula com a utilização de vários recursos didáticos, desde que de forma adequada e pertinente, potencia favoravelmente a aprendizagem, não só na interpretação de conceitos que não são visíveis a nível

macroscópico, como na apreensão de técnicas laboratoriais e conceitos teóricos capazes de melhorar a nossa compreensão do mundo.

A atividade extracurricular *A magia da Química e das Palavras* possibilitou desenvolver conteúdos científicos importantes sobre ácidos-base, assim como outros ligados com a formação sociocultural, multicultural, etnológica e etnográfica, potenciando a formação holística do aluno. Sobressaiu assim o perfil híbrido e transdisciplinar deste tipo de atividade, que visa o desenvolvimento do aluno. As atividades desenvolvidas foram extremamente simples, utilizando-se materiais do dia-a-dia. Estas revelaram um enorme potencial na construção do conhecimento, proporcionando uma mudança conceptual nos alunos, apoiando a sua reflexividade e reconstrução de significados. Com esta atividade verificou-se que o ensino da química pode inverter a tendência para a atomização dos conhecimentos, as dificuldades para ligar as componentes de um todo e os fenómenos/conteúdos simples e complexos. No *Clube de Física e Química* foram realizadas atividades sobre o tema ácido-base, observando-se através das respostas e das deduções dos alunos, que interiorizaram os conceitos aqui explorados. Deixaram-se sugestões de materiais a consultar e atividades consideradas importantes, a realizar num próximo Clube a constituir. No ATL procurou-se criar espaços onde fosse desenvolvido o ensino experimental das ciências, favorecendo a compreensão de fenómenos e sempre que possível, seguindo-se os guiões didáticos propostos pelo Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências.

A *curiosidade científica* tem que ser alimentada por recursos, no sentido de garantir alguns pressupostos fundamentais para o ensino experimental da Química: uma escolha criteriosa dos trabalhos e projetos, tendo em consideração os objetivos, relação custos/benefícios, segurança; uma contextualização adequada, impulsionadora da relevância prática e intelectual e do interesse pelo trabalho experimental; a análise das formas que favorecem o desenvolvimento dos processos, estruturando a preparação prévia e maximizando a participação ativa e a intervenção consciente do aluno. Se a cultura é o resultado da soma de tudo aquilo que é encorajado e desencorajado, é essencial envolver recursos educativos que estimulem a *curiosidade científica*, num percurso a caminho de uma cultura (também) científica crescentemente superior.

5. Referências bibliográficas

- Albano, António (2010), *Reindustrialização da Escola. O multimédia e a reorganização do espaço escolar*, Lisboa, Edições Colibri/Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa.
- Amaro, A. e Raimundo, T. (2012), *Química - Módulos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 - Nível 3 - Ensino Profissional*, Porto, Areal Editores.
- Arendt, Hannah (2001), *A condição humana*, Lisboa, Relógio D'Água.
- Barros, A. et al. (2009), *Química 11, Física e Química A - 11.º Ano*, Porto, Areal Editores.
- Beck, Ulrich (1992), *Risk society: towards a new modernity*, Londres, Sage
- Bruner, Jerome (1999), *Para uma teoria da educação*, Lisboa, Relógio D'Água.
- Bruner, Jerome (2000), *Cultura da educação*, Lisboa, Edições 70.
- Bybee, R. (1997a), *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*, Portsmouth, Heimann.
- Bybee, R. (1997b), «Toward an understanding of scientific literacy» in Gräber, W. e Bolte, C. (eds.), *Scientific Literacy. An International Symposium*, pp. 37 - 68.
- Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M. (2001), *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*, Lisboa, Ministério da Educação.
- Cachapuz, A., Sá-Chaves, I. e Paixão, F. (2002), *Saberes básicos de todos os cidadãos no séc. XXI*, Lisboa, Relatório Conselho Nacional de Educação
- Câmara, António (2009), *O futuro inventa-se*, Carnaxide Editora Objectiva.
- Carvalho, P. et al. (2012), *Ensino experimental das ciências. Um guia para professores do ensino secundário. Física e Química*, Porto, Universidade do Porto.
- Castells, Manuel (2004), *A galáxia internet. Reflexões sobre Internet, Negócios e Sociedade*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Castells, Manuel (2005), *A sociedade em rede*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Chang, R. (1998), *Química*, Lisboa, McGraw-Hill.
- Corrêa, C. et al. (2013), *Química no mundo real. Física e Química A - Química, 11.º Ano*, Porto, Porto Editora.
- Dantas, M. e Ramalho, M. (2008), *Jogo de partículas. Física e Química A. Química - 11.º ano*, Lisboa, Texto Editora.
- Debesse, Maurice (1999), *As etapas da educação*, Lisboa, Livros e Leituras.
- DeBoer, G. (2000). «Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform» in *Journal of Research in Science Teaching*, n.º 37, pp. 582 - 601.
- Departamento da Educação Básica (2001), *Currículo Nacional do Ensino Básico: Competências Gerais para o Ensino Básico*, Lisboa, Ministério da Educação.
- Dewey, John (2002), *A escola e a sociedade. A criança e o currículo*, Lisboa, Relógio D'água.

- Dodge, B. (1995). *The WebQuest Page*. Acedido a 4 de Abril de 2013, em: <http://webquest.org/>
- Dodge, B. (1997). *Some Thoughts About WebQuests*. Acedido a 4 de Abril de 2013, em: http://edweb.sdsu.edu/courses/edtec596/about_webquests.html
- Dodge, B. (2002). *WebQuest Taskonomy: A Taxonomy of Tasks*. Acedido a 4 de Abril de 2013, em: <http://webquest.sdsu.edu/taskonomy.html>
- Galvão, C. et al. (2001), *Orientações Curriculares 3.º Ciclo, Ciências Físicas e Naturais*, Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.
- Granieri, G. (2006), *Geração Blogue*, Lisboa, Editorial Presença.
- Grilo, Marçal (2000), *Desafios da educação*, Lisboa, Oficina do Livro.
- Gruen, Arno (1996), *A traição do eu*, Lisboa, Assírio e Alvim.
- Guerra, Miguel A. (2002), *Entre bastidores. O lado oculto da organização escolar*, Porto, Edições ASA.
- Jacquinet-Delaunay, Geneviève (2006), «As Ciências da Educação e as Ciências da Comunicação em Diálogo: a propósito dos media e das tecnologias educativas» in João Paraskeva e Lia Oliveira - org., *Currículo e Tecnologia Educativa*, Mangualde, Edições Pedagogo, pp. 123 - 141.
- Jares, Xesús (2007), *Pedagogia da convivência*, Porto, Profedições.
- Kachan, M. R. et al. (2006), «Do teachers ask students to read news in secondary science?: evidence from the canadian context» in *Science Education*, n.º 90, pp. 496 - 521.
- Keller, J. (1987), «Development and use of the ARCS model of motivational design» in *Journal of Instructional Development*, n.º 10, pp. 2 - 10.
- Kincheloe, Joe (2006), *Construtivismo crítico*, Mangualde, Edições Pedagogo.
- Laugksch, R. (2000), «Scientific literacy: A conceptual overview» in *Science Education*, n.º 84, pp. 71 - 94.
- Lopes, Adélia (1998), *O programa de ciências físico-químicas do 8.º ano de escolaridade e a sua recontextualização pelos professores: uma análise sociológica*, Tese de Mestrado da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - Departamento de Educação.
- Lopes, Adélia (1998), *O programa de ciências físico-químicas do 8.º ano de escolaridade e a sua recontextualização pelos professores: uma análise sociológica*, Tese de Mestrado da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - Departamento de Educação.
- Magalhães, J. e Lemos, A. (2008), *Livro do professor, Química A, Elementos, 11.º ano*, Lisboa: Santillana Constância.
- March, T. (2003), «The Learning Power of WebQuests» in *Educational Leadership*, n.º 61, pp. 42 - 47.
- Marques, Ramiro (2008), *A Cidadania na Escola*, Lisboa, Livros Horizonte.
- Martins, A. et al. (2002), *Livro branco da Física e da Química*, Aveiro, Sociedade Portuguesa da Física e Sociedade Portuguesa da Química - Editorial Minerva
- Martins, I. et al. (2003), *Programa de Física e Química A - 11.º ou 12.º Anos*, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.

- Martins, I. *et al.* (2004), Programa de Química - 12.º Ano, Ministério da Educação, Direção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular.
- Matos, M. e Sampaio, D. (2009), *Jovens com saúde. Diálogo com uma geração*, Lisboa, Texto Editores.
- Millar, R. e Osborne, J. (1998), *Beyond 2000: science education for the Future*, London, King's College London.
- Morais, Ana Maria e Isabel P. Neves (2007), «A teoria de Basil Bernstein» *in Estudos Sociológicos da Sala de Aula*, Centro de Investigação em Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pp. 1 - 30.
- Morais, C. e Paiva, J. C. (2007), «Simulação digital e actividades experimentais em Físico-Químicas. Estudo piloto sobre o impacto do recurso “Ponto de fusão e ponto de ebulição” no 7.º ano de escolaridade.» *in Sísifo. Revista de Ciências da Educação*, n.º 3, pp. 101 - 111.
- Morgado, José (1999), *A relação pedagógica*, Lisboa, Editorial Presença.
- Morin, Edgar (2000), *Os sete saberes necessários à educação do futuro*, São Paulo/Brasília, UNESCO/Cortez Editora.
- Nascimento, Teresa (1998), *Programas e a sua recontextualização pelos professores: uma análise sociológica no âmbito da disciplina de ciências físico-químicas do 9.º ano de escolaridade*, Tese de Mestrado da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - Departamento de Educação.
- OCDE (2003), *The PISA 2003 Assessment Framework - Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, Paris, OCDE.
- OCDE (2006), *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*, Paris, OCDE.
- Paiva, J. e Costa, L. (2005). *Roteiros de exploração - valorização pedagógica do software educativo de Química*. Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, pp. 96.
- Paiva, J. *et al.* (2004), *11 Q, Física e Química A, Química - Bloco 2, 11.º/12.º ano*, Lisboa, Texto Editores.
- Pedrosa M. A. e Mateus, A. (2001), «Educar em escolas abertas ao Mundo. Que cultura e que condições de exercício da cidadania?» *in O ensino experimental das Ciências - III. (Re)pensar o Ensino das Ciências*, Lisboa, Ministério da Educação, pp. 141 - 154.
- Pedrosa, M. e Henriques, M. (2003), «Encurtando distâncias entre escolas e cidadãos: Enredos ficcionais e educação em ciências» *in Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, n.º 2. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/> (Acedido em 15 de Janeiro de 2013).
- Pereira, Alda e Camões, Filomena (2004), *Ciências Físico-Químicas 10.º ano*, Lisboa, Texto Editores.
- Pinto, Manuel *et al.* (2000), *As pessoas que moram nos alunos. Ser jovem, hoje, na escola portuguesa*, Porto, Edições ASA.
- Pinto, Maria Isabel *et al.* (2004), «Aprender: Ontem e Hoje, Diferenças?» *in José Bravo Nico et al. (Orgs.), Aprender no Alentejo*, II Encontro Regional de Educação, Évora, Universidade de Évora - Departamento de Pedagogia e Educação, pp. 311 - 332.
- Pombeiro, A. (1991), *Técnicas e operações unitárias em Química laboratorial*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Pombo, Olga (2000), «Comunicação e construção do conhecimento» in *Revista de Educação*, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, vol. IX, n.º 1, pp. 5 - 25.

Postic, Marcel (2007), *A relação pedagógica*, Lisboa, Padrões Culturais Editora.

Ramos, Catarina (2010), *Factores que influenciaram a escolha das disciplinas de Física e Química: um estudo de caso no ensino secundário*, Dissertação de Mestrado em Educação - Especialização em Didáctica das Ciências, Universidade de Lisboa, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Rodrigues, A. e Martins, I. (2005), «Ambientes de ensino não formal de ciências: Impacte nas práticas de professores do 1.º ciclo do ensino básico» in *VII Congreso Internacional Investigación en la Didáctica de las Ciencias: Educación científica para la ciudadanía*, Universidade de Granada. Disponível em <http://ensciencias.uab.es/> (Acedido em 15 de Janeiro de 2013)

Sanches, M. F. - org. (2009), *A escola como espaço social. Leituras e olhares de professores e alunos*, Porto, Porto Editora.

Santos, E. e Valente, O. (1997), «O ensino da ciência/tecnologia/sociedade no currículo, nos manuais e nos media» in E. Santos *et al.*, *Ensino das ciências*, Lisboa, Instituto de Inovação Educacional, pp. 9 - 44.

Serra, I. *et al.* (2012), *A nova informação da classificação e rotulagem de substâncias químicas e misturas*, *Didática da Química*, Covilhã, Universidade da Beira Interior.

Serra, P. (2003), «Internet e interactividade» in Eduardo Camilo (Org.), *Internet e comunicação promocional. Informação e comunicação online II*, Covilhã, Universidade da Beira Interior, pp. 13 - 30.

Shamos, M. (1995), *The myth of scientific literacy*, Nova Jérquia, Rutgers University Press.

Simões, António (2007), «O que é a educação» in Fonseca, A. Castro *et al.* - Eds., *Psicologia da educação. Novos e velhos temas*, Coimbra, Almedina, pp. 31 - 52.

Simões, T. *et al.* (2008), *Química em contexto. Guia do professor. Química. Física e Química A - 10.º Ano*, Porto, Porto Editora.

Simões, T. *et al.* (2011a), *Química em contexto. Química. Física e Química A - 10.º Ano*, Porto, Porto Editora.

Simões, T. *et al.* (2011b), *Química em contexto. Química. Física e Química A - 11.º Ano*, Porto, Porto Editora.

Soria, J. M. (2007), *Educar en valores. Formar ciudadanos. Vieja y nueva educación*, Madrid, Biblioteca Nueva.

Sprinthall, N. A. e Sprinthall, R. C. (1993), *Psicologia educacional*, Lisboa, McGraw-Hill.

Toffler, Alvin e Heidi Toffler (2006), *A revolução da riqueza. Como será criada e como alterará as nossas vidas*, Lisboa, Actual Editora.

Touraine, A. e Khosrokhavar, F. (2001), *A procura de si. Diálogo sobre o sujeito*, Lisboa, Instituto Piaget.

Ventura, G. (2009), *10 FA, Física e Química A, Física, Bloco 1, 10.º/11.º Ano*, Lisboa, Texto Editores.

6. Anexos