



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**As Simulações Online como Estratégia de Ensino-
-Aprendizagem nas Aulas de Física e de Química**

Catarina Isabel Sanches Rafael

Orientação: Professor Doutor Henrique Agostinho
de Oliveira Moiteiro Vicente

Mestrado em Química em Contexto Escolar

Dissertação

Évora, 2013

Mestrado em Química em Contexto Escolar

Dissertação

**As Simulações Online como Estratégia de Ensino-Aprendizagem
nas Aulas de Física e de Química**

Catarina Isabel Sanches Rafael

Orientador:

Professor Doutor Henrique Agostinho de Oliveira Moiteiro Vicente

“Books will soon be obsolete in the schools. Scholars will soon be able to instruct through the eyes. It is possible to touch every branch of human Knowledge with motion picture”

Thomas A. Edison (1913)

AGRADECIMENTOS

A realização deste estudo só foi possível graças ao contributo de algumas pessoas, que me incentivaram a ultrapassar este desafio e apoiaram no decurso do seu desenvolvimento.

Em primeiro lugar, quero agradecer, sinceramente, ao Professor Doutor Henrique Vicente, na sua qualidade de orientador, o apoio, a motivação e a disponibilidade sempre evidenciada para o esclarecimento de dúvidas. Foram as suas críticas positivas e sugestões que permitiram a conclusão deste trabalho.

Ao meu marido e à minha filha, a quem agradeço a paciência, a compreensão e o incentivo sempre presente. Sem eles não teria concluído este estudo.

À minha mãe e irmãos, pelo apoio e pela partilha conseguidas.

Aos meus amigos, que com a sua amizade e disponibilidade me ajudaram a seguir em frente e me encorajaram e deram força para ultrapassar este obstáculo.

Um agradecimento à Direção do Colégio de Santa Doroteia e, em especial, à minha colega de trabalho, Maria Teresa Vitória, que contribuíram para a implementação deste projeto.

A todos vós o meu sincero Obrigada.

As Simulações Online como Estratégia de Ensino-Aprendizagem nas Aulas de Física e de Química

RESUMO

As simulações online constituem uma recente estratégia de ensino, podendo ser utilizadas como fonte de motivação dos alunos e, simultaneamente, como forma de estes alcançarem aprendizagens significativas.

Com este trabalho pretende-se fazer uma pesquisa das simulações disponíveis na internet, selecionar as mais interessantes e pertinentes, face aos programas em vigor nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas (3º ciclo do Ensino Básico) e de Física e Química A (Ensino Secundário). Pretendeu-se, igualmente, aferir a influência que uma abordagem recorrendo a simulações online teria na aprendizagem dos alunos, face às estratégias tradicionais de ensino.

Esta investigação envolveu duas turmas do 10º ano e duas do 11º ano, sendo que numa das turmas do 10º ano e do 11º ano os conteúdos foram lecionados com o recurso às simulações. Nas outras duas turmas, de controlo, foram lecionados os mesmos conteúdos recorrendo-se às metodologias tradicionais.

Palavras-Chave: Simulações Online; Aulas de Física e Química; Estratégias de Ensino-Aprendizagem

Online Simulations as a Strategy of Teaching and Learning in Physics and Chemistry Classes

ABSTRACT

Online simulations are a recent teaching strategy and can be an important source for motivating students and a way of achieving meaningful learning.

The purpose of this essay is to perform a research of the several simulations available on the internet and select the most interesting and relevant, taking into consideration the current scientific programs in the disciplines of Physical-Chemical Sciences (basic education) and Physics and Chemistry (secondary education). Additionally, it also aims to assess the influence that an approach using online simulations may have on student learning.

This research involved two classes of 10th grade and two classes of 11th grade. In one of the 10th grade classes and one of the 11th grade classes simulations were used in order to teach a scientific content of the applicable learning programs. In the two remaining classes, for control purposes, traditional methodologies were used in the teaching of the same subjects.

Keywords: Online Simulations; Physics and Chemistry Classes; Teaching and Learning Strategies

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Índice Geral.....	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Glossário.....	xvii
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 – Motivação para a realização deste estudo.....	1
1.2 – Objetivos a alcançar.....	2
1.3 – Metodologia do trabalho.....	3
1.4 – Estrutura da dissertação.....	4
Capítulo 2 – As Simulações Online no Processo de Ensino-Aprendizagem.....	7
2.1 – Aprendizagem multimédia.....	7
2.1.1 – Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia.....	9
2.1.2 – Comparação das teorias sobre a aprendizagem multimédia.....	15
2.1.3 – Fatores que determinam o panorama da aprendizagem.....	16
2.2 – Simulações computacionais.....	17
2.2.1 – Animações <i>versus</i> simulações.....	17
2.2.2 – Vantagens e limitações do recurso a simulações computacionais.....	20
2.2.3 – O papel do professor na implementação das simulações em aula.....	27
Capítulo 3 – Metodologia do Estudo.....	29
3.1 – Caracterização das turmas envolvidas no estudo.....	30
3.2 – Planificação das aulas das turmas experimentais e de controlo.....	31

3.2.1 – Planificação das aulas sobre o tema Efeito Fotoelétrico	31
3.2.2 – Planificação das aulas sobre Reagente Limitante e Reagente em Excesso..	36
Capítulo 4 – Seleção de Simulações Online de Física e de Química.....	45
4.1 – Programas curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico	45
4.2 – Programas da disciplina de Física e Química A.....	55
4.2.1 – Programa da disciplina de Física e Química A – 10º ano.....	56
4.2.2 – Programa da disciplina de Física e Química A – 11º ano.....	66
4.3 – Simulações selecionadas.....	76
4.3.1 – Simulações aplicáveis no 7º ano de escolaridade	77
4.3.2 – Simulações aplicáveis no 8º ano de escolaridade	79
4.3.3 – Simulações aplicáveis no 9º ano de escolaridade	81
4.3.4 – Simulações aplicáveis no 10º ano de escolaridade.....	85
4.3.5 – Simulações aplicáveis no 11º ano de escolaridade.....	88
Capítulo 5 – Impacto das Simulações Online nas Aulas de Física e Química.....	95
5.1 – Apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos com o 10º ano	95
5.2 – Apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos com o 11º ano	98
Capítulo 6 – Conclusões Finais e Perspetivas Futuras	103
6.1 – Conclusões finais.....	103
6.2 – Perspetivas futuras	105
Referências Bibliográficas.....	107
Anexo I – Transparências Utilizadas nas Turmas de Controlo.....	CXVII
I.1 – Transparências utilizadas na turma de controlo do 10º ano.....	CXVII
I.2 – Transparências utilizadas na turma de controlo do 11º ano.....	CXVIII
Anexo II – Diapositivos Utilizados nas Turmas Experimentais.....	CXXI
II.1 – Diapositivos utilizados na turma de experimental do 10º ano	CXXI
II.2 – Diapositivos utilizados na turma de experimental do 11º ano	CXXIV

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia ...	11
Figura 2 – Imagem capturada de uma mensagem multimédia sobre relâmpagos	14
Figura 3 – Fatores que definem o panorama da aprendizagem.....	16
Figura 4 – Imagem inicial do simulador do efeito fotoelétrico.....	34
Figura 5 – Imagem inicial do simulador Reagentes, Produtos e Reagente em Excesso, Loja de Sanduíches	39
Figura 6 – Imagem inicial do simulador Reagentes, Produtos e Reagente em Excesso, Reação Química.....	40
Figura 7 – Imagem inicial do simulador Reagentes, Produtos e Reagente em Excesso, Jogo	41
Figura 8 – Imagem do primeiro jogo do simulador Reagentes, Produtos e Reagente em Excesso, Jogo	41
Figura 9 – Integração dos quatro temas gerais que compõe o programa do 3º ciclo do Ensino Básico	49
Figura 10 – Percentagem de respostas corretas obtidas no questionário sobre o Efeito Fotoelétrico, aplicado nas turmas experimental e de controlo do 10º ano.....	96
Figura 11 – Percentagem de respostas corretas obtidas no questionário sobre Reagente Limitante e Reagente em Excesso, aplicado nas turmas experimental e de controlo do 11º ano	98

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – As cinco formas de representação na teoria cognitiva da aprendizagem multimédia aplicadas a uma mensagem multimédia sobre relâmpagos	14
Tabela 2 – Compilação de alguns estudos realizados sobre o uso das simulações computacionais como estratégia de ensino-aprendizagem nas áreas da Física, da Química e da Biologia.....	24
Tabela 3 – Planificação das aulas nas turmas experimental e de controlo do 10º ano de escolaridade sobre o tema Efeito Fotoelétrico	31
Tabela 4 – Planificação das aulas nas turmas experimental e de controlo do 11º ano de escolaridade sobre o tema Reagente Limitante e Reagente em Excesso.....	36
Tabela 5 – Programa de Física e Química A, referente ao 10º ano de escolaridade	57
Tabela 6 – Objeto de ensino do Módulo Inicial da componente de Química do 10º ano de escolaridade	57
Tabela 7 – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Química do 10º ano de escolaridade	59
Tabela 8 – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Química do 10º ano de escolaridade	61
Tabela 9 – Objeto de ensino do Módulo Inicial da componente de Física do 10º ano de escolaridade	62
Tabela 10 – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Física do 10º ano de escolaridade	64
Tabela 11 – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Física do 10º ano de escolaridade	66
Tabela 12 – Programa de Física e Química A, referente ao 11º ano de escolaridade.....	67
Tabela 13 – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Química do 11º ano de escolaridade	68
Tabela 14 – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Química do 11º ano de escolaridade	70

Tabela 15 – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Física do 11º ano de escolaridade	73
Tabela 16 – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Física do 11º ano de escolaridade	75
Tabela 17 – Número de respostas corretas obtidas no questionário sobre o Efeito Fotoelétrico, aplicado nas turmas experimental e de controlo do 10º ano.....	95
Tabela 18 – Classificações médias obtidas, no final do 3º período de 2012/2013, pelas turmas do 10º ano envolvidas neste estudo, numa escala de 0 a 20 valores.....	97
Tabela 19 – Classificações qualitativas obtidas à disciplina de Física e Química A, pela turma experimental, em percentagem, no final do ano letivo 2012/2013.....	97
Tabela 20 – Número de respostas corretas obtidas no questionário sobre Reagente Limitante e Reagente em Excesso, aplicado nas turmas experimental e de controlo do 11º ano.....	98
Tabela 21 – Classificações médias obtidas, no final do 3º período do ano letivo 2012/2013, pelas turmas do 11º ano envolvidas neste estudo, numa escala de 0 a 20 valores.....	99

GLOSSÁRIO

cdo – Comprimento de onda

CFCs – CloroFluoroCarbonetos

CFQ – Ciências Físico-Químicas

ESC – Experiências Simuladas em Computador

FQ A – Física e Química A

IV – Infravermelho

MCU – Movimento Circular Uniforme

MRU – Movimento Retilíneo e Uniforme

MRUA – Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado

MRUV – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

TCAM – Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

TP – Tabela Periódica

URL – Localizador Padrão de Recursos (o acrónimo resulta da terminologia inglesa
Uniform Resource Locator)

UV – Ultravioleta

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

As simulações online, também chamadas de *applets*, são simulações escritas na linguagem de programação java, que se encontram livremente disponíveis na web e podem funcionar sem qualquer instalação no computador. A única exigência para o utilizador é que este possua um *browser* adequado como, por exemplo, o *Netscape Navigator*, *Internet Explorer* ou *Hot Java*.

As simulações online são fundamentadas em pesquisas científicas e apresentam a vantagem de ser interativas, pois permitem utilizar um conjunto de elementos gráficos que possibilitam a interação fácil entre o utilizador e a simulação podendo, também, ligar-se a vários formatos de média, como texto, gráficos, animações e som. São, por isso, muito atrativas e permitem uma promoção de conhecimentos de forma mais descontraída e motivadora.

Pelas razões atrás apresentadas, o recurso a simulações online nas aulas de Física e de Química é uma estratégia cada vez mais adotada pelos professores, já que ilustram Leis e Teorias, auxiliando-os na explicação dos conteúdos e ajudando-os à promoção de aprendizagens significativas nos alunos.

1.1 – Motivação para a realização deste estudo

Nos últimos anos, com o intuito de diversificar as estratégias de ensino-aprendizagem e também de captar o interesse dos alunos pelos conteúdos de física e de química implementei, nas minhas aulas, as simulações online. Senti uma acentuada motivação, por parte dos alunos, que se tornaram mais participativos, procurando responder às questões que lhes eram propostas, encarando-as como um desafio aliciante, pedindo para repetir a simulação, alterando alguns parâmetros, para verificar o que acontece. Com a implementação desta nova estratégia reconheci que consegui, na realidade, despertar a atenção dos alunos para o estudo das temáticas abordadas, mesmo dos mais distraídos e desmotivados.

Considerando o resultado positivo, decidi continuar a usar as simulações online nas minhas aulas. Assim, comecei a pesquisar na internet as simulações disponíveis e que eram adequadas para os conteúdos científicos que pretendia lecionar. Apercebi-me, então, do elevado número de simulações disponíveis, da enorme variedade das mesmas e até mesmo com diferentes aplicabilidades em aula.

Inicialmente, recorria a simulações online apenas a título demonstrativo. Começava por introduzir a temática da aula e, após a exposição oral, usava uma simulação para ilustrar, de forma prática e atrativa, esse conteúdo. Com o conhecimento de outras simulações online, tive curiosidade em tentar usá-las como objeto de aprendizagens por descoberta. Preparei, então, guiões, para os alunos, com questões às quais os mesmos deveriam dar resposta. Os referidos guiões incluíam orientações de como obter as respetivas respostas através do recurso às simulações online. Estas aulas eram diferentes das usuais, pois decorriam na sala de informática, onde cada grupo de dois alunos tinha acesso a um computador com ligação à internet para efetuar a sua pesquisa e dar resposta às questões colocadas. O resultado foi igualmente positivo. Os alunos realizaram as tarefas descontraidamente, chegando, na sua maioria, às conclusões pretendidas.

No final do ano letivo, quando foi feito o balanço das atividades realizadas, os alunos, de uma forma geral, revelaram que as aulas com recurso às simulações online foram as suas preferidas, particularmente as decorridas na sala de informática, onde o trabalho foi realizado a pares.

Por acreditar que o recurso às simulações online constitui uma estratégia de ensino-aprendizagem útil e eficaz, adequada às aulas de Física e Química e que as mesmas fomentam o interesse e a curiosidade nos alunos, decidi desenvolver esta temática na presente dissertação de mestrado.

1.2 – Objetivos a alcançar

O presente trabalho tem como primeiro objetivo efetuar o levantamento de simulações online no âmbito da Física e da Química, que se adequem aos conteúdos programáticos

em vigor, referentes à disciplina de Ciências Físico-Químicas (CFQ) do 3º ciclo do Ensino Básico, que engloba os 7º, 8º e 9º anos de escolaridade e à disciplina de Física e Química A (FQ A) do Ensino Secundário do curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias do 10º e do 11º anos de escolaridade. Pretende-se realizar uma pesquisa profunda e rigorosa das simulações que se encontram disponíveis na internet e seriá-las de acordo com os conteúdos programáticos de cada nível escolar. A concretização deste objectivo materializa-se na criação de um “banco” de simulações para as diversas temáticas que possam ser usadas, nas aulas de FQ, como estratégia de ensino-aprendizagem.

O segundo objetivo passa por avaliar a influência que a abordagem de uma qualquer temática, recorrendo a simulações online, poderá ter na aprendizagem dos alunos face às estratégias de ensino tradicionais.

1.3 – Metodologia do trabalho

Como foi referido anteriormente, o presente trabalho visa a concretização de dois objetivos. No que concerne ao primeiro objetivo, a sua concretização implicou uma análise prévia e cuidada dos programas e metas curriculares em vigor, impostas pelo Ministério da Educação. Assim, foi feita uma análise dos objetivos a alcançar, das competências a promover nos alunos e das temáticas que deveriam ser lecionadas em cada ano de escolaridade. Posteriormente, seguiu-se a fase da pesquisa, onde se recorreu a alguns motores de pesquisa como o *Google Scholar*, *Google*, *b-on* e *Science Direct* para seleccionar simulações disponíveis online que se adaptassem aos conteúdos programáticos inerentes a cada ano de escolaridade. A seleção foi realizada tendo em conta os conteúdos que se pretendiam promover nos alunos, o seu rigor científico como estratégia de ensino-aprendizagem e, ainda, o interesse e as motivações que estas poderiam despertar nos estudantes.

Relativamente ao segundo objetivo, a sua materialização compreendeu a escolha de simulações online, a elaboração dos materiais de apoio e respectivos instrumentos de avaliação. Esta investigação envolveu duas turmas do 10º ano de escolaridade e duas turmas do 11º ano de escolaridade, sendo que numa das turmas do 10º ano e do 11º

ano, os conteúdos foram lecionados com o recurso às referidas simulações. Nas outras duas turmas, de controlo, foram lecionados os mesmos conteúdos científicos recorrendo-se às metodologias tradicionais. Para avaliar qual o impacto do tipo de abordagem proposto sobre a aprendizagem dos alunos, foram aplicados questionários, tanto nas duas turmas experimentais, como nas duas turmas de controlo. O projeto foi executado no Colégio de Santa Doroteia, em Lisboa, com a colaboração do Departamento de Física e de Química do mesmo.

1.4 – Estrutura da dissertação

A dissertação que agora se apresenta encontra-se organizada em seis capítulos, para além de duas secções, incluídas no final, destinadas à apresentação das referências bibliográficas e dos anexos.

O primeiro capítulo é o da introdução. Nele se fundamenta a pertinência e atualidade do tema em estudo e se explicitam as motivações pessoais que levaram à sua escolha.

No segundo capítulo enquadra-se, do ponto de vista teórico, o tema a estudar. Faz-se um levantamento de estudos realizados sobre as simulações computacionais como estratégia de ensino-aprendizagem, reflete-se sobre as vantagens do uso das mesmas no ensino e de que modo pode ser um recurso eficaz, no sentido de produzir aprendizagens significativas nos alunos. Abordam-se teorias sobre a aprendizagem multimédia explicitando-se, resumidamente, o modo como as aprendizagens são realizadas através de apresentações multimédia, nas quais se incluem as simulações computacionais.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia que foi seguida para dar cumprimento aos objetivos que são propostos neste estudo. Começa-se por explicar como foi realizada a pesquisa e como foi feita a seleção de simulações. Em seguida, caracterizam-se as turmas participantes neste estudo e, por fim, descrevem-se as aulas lecionadas, quer nas turmas experimentais, quer nas de controlo, sendo apresentadas as planificações das mesmas, os guiões das atividades inerentes à simulação (turma experimental), bem como o questionário aplicado.

No quarto e quinto capítulos apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos neste estudo. Atendendo ao facto de este trabalho ter duas componentes distintas optou-se por separar a apresentação e discussão dos resultados. Assim, no quarto capítulo começa-se por caracterizar os programas e as metas curriculares em vigor para a disciplina de CFQ (3º ciclo do Ensino Básico) e para a disciplina de FQ A (Ensino Secundário) apresentando-se, de seguida, a seleção das simulações computacionais, por ano de escolaridade e por temática curricular, bem como sugestões metodológicas para o uso das mesmas nas aulas de Física e Química. No quinto capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos a partir do projeto desenvolvido e que envolveu duas turmas experimentais e nas duas turmas de controlo, bem como algumas conclusões decorrentes da análise e discussão dos mesmos.

Por fim, no sexto e capítulo, são apresentadas as conclusões mais importantes que se obtiveram a partir do estudo realizado, assim como as implicações pedagógicas e as reflexões que nos pareceram oportunas e pertinentes. São ainda explicitadas as principais limitações e potencialidades do estudo realizado e avançadas algumas pistas para futuras investigações.

CAPÍTULO 2 – AS SIMULAÇÕES ONLINE NO PROCESSO DE ENSINO- -APRENDIZAGEM

As ferramentas tecnológicas têm um papel cada mais ativo e presente na educação, principalmente na área das Ciências. Em Portugal tem-se verificado um enorme investimento para equipar as escolas com computadores com ligação à internet, permitindo aos alunos e professores o recurso a novas estratégias de pesquisa e de ensino-aprendizagem. Martins *et al.* (2003a) referem que muitos autores defendem que o recurso ao computador, em particular programas interativos, como animações ou simulações, podem trazer melhorias consideráveis ao ensino tradicional.

As simulações online podem constituir uma estratégia de ensino muito atrativa e motivadora para os alunos. Neste capítulo são apresentados diversos estudos realizados sobre esta temática, apresentando-se as vantagens e limitações deste recurso educativo. Para compreender a eficácia das aplicações multimédia no ensino, torna-se importante conhecer o modo como os seres humanos processam a informação e como se realizam aprendizagens a longo prazo, pelo que se apresenta, também, a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia (TCAM).

2.1 – Aprendizagem multimédia

Multimédia é a combinação, controlada pelo computador, de pelo menos um tipo de média estático (e.g., texto, gráfico, fotografia), com pelo menos um tipo de média dinâmico (e.g., vídeo, animação, áudio). O termo multimédia refere-se a tecnologias cujo suporte é digital, permitindo, portanto, criar, manipular, armazenar e pesquisar conteúdos. Abrange diversas áreas da informática e privilegia o uso de sentidos como a visão, a audição e o tato (Chapman & Chapman, 2009; Fluckiger, 1995).

A divulgação de um objeto multimédia pode ser feita online, através da utilização de uma rede informática local ou da web. Estes objetos designam-se, vulgarmente, de

produtos multimédia digitais e podem ser definidos como a utilização diversificada de meios, tais como textos, gráficos, imagens, vídeos e áudio, que vão ser processados por computador podendo, posteriormente, ser armazenados ou transmitidos. As simulações online são um exemplo de um produto multimédia disponível na internet, cada vez mais usado como recurso de ensino-aprendizagem por professores e alunos.

Os objectos multimédia são hoje um dos mais eficazes recursos para garantir a percepção e o cúmulo do conhecimento, uma vez que estimulam mais sentidos que os médias simples. A partir do momento em que mais do que um dos sentidos do utilizador são estimulados, a sua capacidade de processamento e armazenamento da informação aumenta consideravelmente. A percentagem de eficácia da interação dos principais médias na percepção humana é de 55% no caso de ser visual, 38% se for vocal e 7% caso seja textual. Quando combinados, os média tendem a aumentar ainda mais essa percentagem (Chapman & Chapman, 2009; Fluckiger, 1995). Os recursos multimédia aproximam-se, em certa medida, da envolvente quotidiana das pessoas. Tal facto torna-os interativos e, conseqüentemente, mais reais.

Uma das hipóteses fundamentais subjacente aos estudos sobre aprendizagem multimédia é a de que as mensagens educacionais multimédia, concebidas a partir da forma como a mente humana funciona, têm mais probabilidades de levar a uma aprendizagem significativa do que as que não o são (Mayer, 2001).

O principal argumento centra-se no facto de as pessoas aprenderem melhor através de palavras e de imagens, do que somente através de palavras. Durante milhares de anos, as palavras constituíram o principal formato do ensino. Hoje em dia, os avanços tecnológicos estão a tornar as formas pictóricas de ensino mais acessíveis, nomeadamente através das extraordinárias capacidades gráficas dos computadores (Mayer, 2001). Entende-se, assim, por uma mensagem multimédia uma forma de comunicar usando palavras, que podem ser impressas (como as que estão neste momento perante o leitor) ou ditas (por exemplo, numa narração), e imagens, que podem ser estáticas (ilustrações ou fotografias) ou dinâmicas (animações ou *videoclips*) (Hoban *et al.*, 2011).

2.1.1 – Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia

A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia (TCAM) baseia-se em três princípios da Ciência Cognitiva relativos à Aprendizagem (Mayer, 2001):

- **Pressuposto dos Canais Duplos** – O sistema humano de processamento de informação inclui canais duplos para o processamento visual/pictórico e auditivo/verbal. O pressuposto do canal duplo é o de que os seres humanos têm canais distintos para o processamento de informação veiculada em termos visuais e auditivos. Quando a informação é apresentada aos olhos (e.g., ilustrações, animações, vídeos ou textos no ecrã), o ser humano começa por processar essa informação no canal visual. Quando a informação é apresentada aos ouvidos (e.g., uma narração ou sons não verbais), os seres humanos começam por processar essa informação no canal auditivo. Esta ideia dos duplos canais para processamento de informação está associada à Teoria de Dupla Codificação de Paivio (Clark & Paivio, 1991; Paivio, 1986) e à Teoria da Memória de Trabalho de Baddeley (Baddeley, 1986, 1999). Embora a informação entre no sistema de informação humano através de um canal, é possível a representação da mesma no outro canal. Por exemplo, o texto num ecrã pode começar por ser processado no canal visual uma vez que é apresentado aos olhos, mas um leitor experiente pode ser capaz de converter mentalmente as imagens em sons, que são processados pelo canal auditivo. Do mesmo modo, uma ilustração de um objeto ou acontecimento, como uma nuvem a elevar-se acima do ponto de congelamento, pode ser inicialmente processado no canal visual, mas o leitor pode também construir mentalmente a descrição verbal correspondente, no canal auditivo;
- **Pressuposto da Capacidade Limitada** – Cada um dos canais tem capacidade de processamento limitada. De acordo com este pressuposto os seres humanos estão limitados quanto à quantidade de informação que pode ser simultaneamente processada em cada canal. Quando é apresentada ao aprendiz uma ilustração ou uma animação, ele só consegue reter na memória de trabalho algumas imagens a cada momento, correspondentes a partes do material apresentado e não a uma cópia exata do mesmo. Esta conceção da capacidade limitada da consciência é

defendida na Teoria da Memória de Trabalho de Baddeley (Baddeley, 1986, 1999) e na Teoria da Carga Cognitiva de Chandler e Sweller (Chandler & Sweller, 1991; Sweller, 1999); e

- **Pressuposto do Processamento Ativo** – A aprendizagem ativa implica a execução de um conjunto coordenado de processos cognitivos durante essa mesma aprendizagem. Segundo este pressuposto os seres humanos tomam parte ativa no processamento cognitivo para construir uma representação mental coerente das suas experiências. Estes processamentos cognitivos ativos incluem prestar atenção, organizar as informações recebidas e integrá-las com outros conhecimentos. Deste modo, os seres humanos são processadores ativos na busca do sentido das apresentações multimédia.

A aprendizagem ativa ocorre quando o aprendiz aplica processos cognitivos às informações que recebe, para que o mesmo consiga que as informações façam sentido. O resultado da aprendizagem ativa é a construção de uma representação mental coerente, o que pode conseguir-se com algumas estruturas básicas como o processamento, a comparação, a generalização, a enumeração e a classificação (Chambliss & Calfee, 1998; Cook & Mayer, 1988).

A compreensão de uma mensagem multimédia inclui, muitas vezes, a construção de uma dessas estruturas do conhecimento. Este pressuposto sugere duas implicações importantes para o design multimédia. Por um lado os materiais apresentados devem ter uma estrutura coerente e, por outro lado, a mensagem deve dar uma orientação ao aprendiz sobre a forma de construir a estrutura. O conceito de design multimédia poderia, assim, resumir-se à tentativa de ajudar os aprendizes a construírem os seus modelos.

Mayer (1996, 2001) e Wittrock (1989) destacam três processos essenciais para a aprendizagem ativa:

- **Seleção do Material Relevante** – Ocorre quando o aprendiz presta atenção às palavras e imagens contidas nos recursos apresentados, transferindo-as do exterior para a “memória de trabalho” do sistema cognitivo;

- **Organização do Material Selecionado** – Passa pelo estabelecimento de relações estruturais entre os diferentes elementos, usando as estruturas básicas atrás referidas. Este processo também tem lugar na “memória de trabalho” do sistema cognitivo; e
- **Integração do Material com os Conhecimentos Existentes** – Envolve o estabelecimento de relações entre as informações recebidas e partes relevantes dos conhecimentos existentes. Isto implica ativar os dados que se encontram na “memória de longo prazo” e trazê-los para a “memória de trabalho”. Mayer (2001) apresentou o seguinte exemplo: *“numa mensagem multimédia sobre relâmpagos os aprendizes podem prestar atenção a certas palavras ou imagens, ordená-las numa sequência de causa e efeito e relacionar os diferentes passos com conhecimentos anteriores, nomeadamente com o princípio de que o ar quente se eleva”*;

O modelo cognitivo da aprendizagem multimédia está representado na Figura 1 e pretende ilustrar o sistema humano de processamento de informação.

Do lado esquerdo, as imagens e palavras chegam do mundo exterior através da apresentação multimédia, entrando na “memória sensorial”, através dos olhos e dos ouvidos. Por uma pequena fração de tempo, a memória sensorial permite que as imagens e o texto impresso sejam retidos na memória sensorial visual e que os sons ou palavras proferidas sejam retidos na memória sensorial auditiva. A seta que liga as *imagens* aos *olhos* corresponde ao registo de uma imagem pelos olhos; a seta entre as *palavras* e os *ouvidos* diz respeito ao registo do texto oral pelos ouvidos; por fim, a seta que liga as *palavras* aos *olhos* refere-se ao registo do texto impresso pelos olhos.

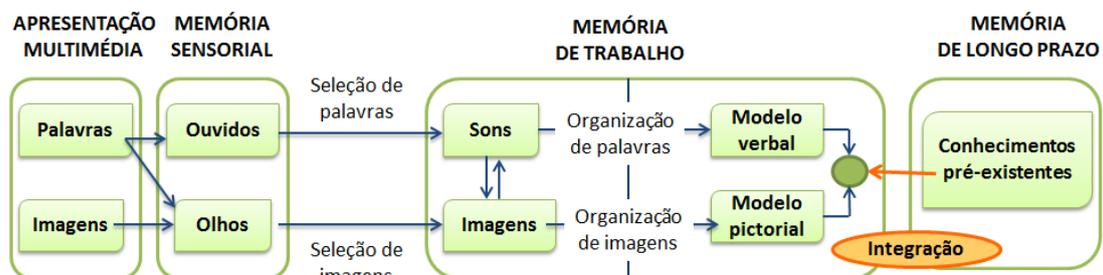


Figura 1 – Representação esquemática da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia.

Adaptada de (Mayer, 2001)

A memória de trabalho é utilizada para reter temporariamente conhecimentos na consciência ativa e para os manipular (Mayer, 2001). O lado esquerdo da memória de trabalho representa os materiais tal como entram, i.e., representações visuais das imagens e imagens sonoras das palavras. Baseia-se, por isso, em duas modalidades sensoriais, nomeadamente a visual e a auditiva. Do lado direito da memória de trabalho encontram-se representados os conhecimentos que nela são elaborados, i.e., os modelos pictóricos e verbais e a relação entre ambos. A seta entre *sons* e *imagens* representa a conversão mental de um som numa imagem visual. A seta que liga *imagens* a *sons* representa a conversão mental de uma imagem visual num som. O principal processamento cognitivo necessário à aprendizagem multimédia é representado pelas setas com as etiquetas *seleção de imagens*, *seleção de palavras*, *organização de imagens*, *organização de palavras* e *integração*, i.e., os Cinco Processos Cognitivos que serão posteriormente descritos.

Por último, a caixa da direita diz respeito à memória de longo prazo, que corresponde ao local onde se encontram armazenados os conhecimentos do aprendiz. Ao contrário da memória de trabalho, a memória a longo prazo consegue reter grandes quantidades de conhecimentos durante longos períodos de tempo mas, para pensar ativamente em materiais que se encontram na memória a longo prazo, é necessário trazê-los para a memória de trabalho, o que é denotado pela seta entre as duas memórias (Mayer, 2001).

Estes dois tipos de memória têm características bastante diferentes e, no entanto, funcionam em conjunto, complementando-se uma à outra. A memória de trabalho tem um papel mais ativo, pois é a responsável por qualquer processamento consciente, incluindo a aprendizagem. A memória de longo prazo é um repositório relativamente passivo de todos os conhecimentos e competências armazenadas em estruturas designadas por esquemas. A memória de longo prazo tem uma grande capacidade de armazenamento, ao contrário da memória de trabalho, que é muito mais limitada quanto à quantidade da informação que consegue gerir em cada momento (Mayer, 2001). Chase e Simon (1973) compararam o número de vezes que principiantes e jogadores experientes tinham de olhar para o tabuleiro de xadrez para conseguirem reproduzir a disposição das peças. O resultado revelou que os jogadores principiantes tinham de olhar mais vezes para o tabuleiro. A interpretação destes resultados pode fazer-se de acordo com Miller (1956) relativamente à caracterização da memória de trabalho. A capacidade virtual da memória

de trabalho depende dos conhecimentos prévios armazenados na memória de longo prazo. A competência de pessoas mais experientes baseia-se na sua capacidade de representarem, com eficácia, uma grande quantidade de informações complexas na sua memória de trabalho, devido aos padrões que impõem aos dados que recebem através dos esquemas pré-existentes armazenados na sua memória de longo prazo.

Como foi referido anteriormente, podem destacar-se cinco processos cognitivos durante a aprendizagem, segundo a TCAM, que permitem formular mensagens educacionais multimédia:

- **Escolha das palavras relevantes no texto ou narrativa apresentada** – O aprendiz presta atenção a palavras relevantes de uma mensagem multimédia para criar sons na memória de trabalho;
- **Escolha de imagens relevantes das ilustrações apresentadas** – O aprendiz presta atenção a imagens relevantes de uma mensagem multimédia para criar imagens na memória de trabalho;
- **Organização das palavras selecionadas numa representação verbal coerente** – O aprendiz estabelece ligações entre as palavras selecionadas para criar um modelo verbal coerente na memória de trabalho;
- **Organização das imagens selecionadas numa representação pictórica coerente** – O aprendiz estabelece ligações entre as imagens selecionadas para criar um modelo pictórico coerente na memória de trabalho; e
- **Integração das representações pictóricas e verbais com os conhecimentos anteriores** – O aprendiz estabelece ligações entre o modelo verbal, o modelo pictórico e os conhecimentos pré-existentes.

Na Tabela 1 estão descritas estas cinco fases, sendo dados exemplos de cada uma delas com base numa mensagem multimédia sobre relâmpagos, da qual se apresenta, na Figura 2, uma captura de imagem.

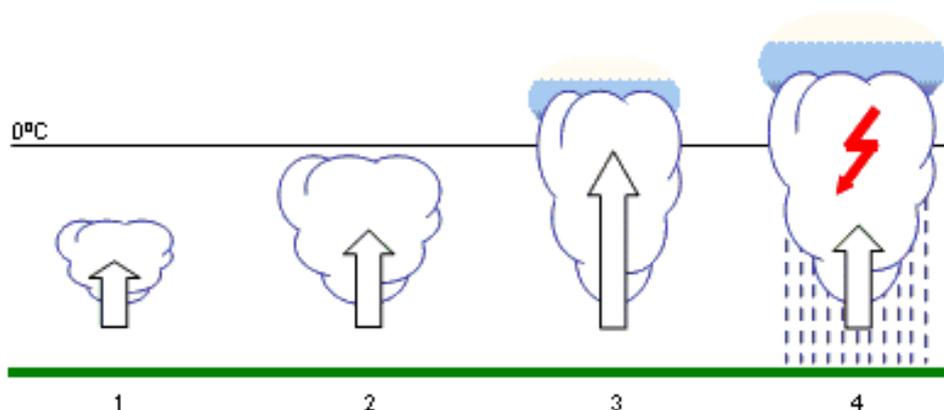


Figura 2 – Imagem capturada de uma mensagem multimédia sobre relâmpagos

Tabela 1 – As cinco formas de representação na teoria cognitiva da aprendizagem multimédia aplicadas a uma mensagem multimédia sobre relâmpagos

Tipo de conhecimento	Localização	Exemplo
<u>Palavras e imagens</u> (estímulos apresentados ao aprendiz)	Apresentação multimédia	Ondas sonoras das colunas do computador (O ar húmido quente) e as imagens que compõem a animação (Setas que indicam que o ar sobe)
<u>Representações acústicas e icónicas</u> (que se formam depois dos sons e imagens penetrarem nos ouvidos e olhos, respetivamente)	Memória sensorial	Sons e imagens recebidos, respetivamente, pelos ouvidos e olhos do aprendiz. (Desaparecem rapidamente a menos que o aprendiz lhes preste atenção)
<u>Sons e imagens</u> (que são selecionadas pelo aprendiz para posterior processamento na memória de trabalho)	Memória de trabalho	Sons selecionados (O ar quente eleva-se) e imagens selecionadas (Setas a apontar para cima). Estas frases e imagens selecionadas são essenciais, sendo as peças com que se constrói o conhecimento
<u>Modelos verbal e pictórico</u> (construídos pelo aprendiz, depois de organizar o material em representações verbais e pictóricas coerentes)	Memória de trabalho	Modelo mental da formação das nuvens (o aprendiz já integrou mentalmente as representações verbal e pictórica)
<u>Conhecimentos pré-existent</u> (enquadramento do processo de construção do conhecimento na memória de trabalho)	Memória de longo prazo	Esquema das diferenças de pressão atmosférica (depois de os novos conhecimentos serem construídos na memória de trabalho ficam armazenados na memória de longo prazo sob a forma de conhecimentos pré-existent, que serão utilizados como base de apoio na aquisição de novos conhecimentos)

2.1.2 – Comparação da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia com teorias relacionadas

A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia (TCAM) é compatível e até semelhante a outras teorias de design multimédia, como a Teoria da Carga Cognitiva de Sweller (Sweller, 1999, 2003) e o Modelo Integrado de Compreensão de Texto e Imagem de Schnotz e Bannert (Schnotz & Bannert, 2003).

À semelhança da TCAM, a Teoria da Carga Cognitiva de Sweller reconhece a existência de canais duplos, ou seja, de canais distintos para recursos auditivos e visuais. De acordo com Sweller (1999, 2003) só é possível reter um pequeno número de elementos na memória de trabalho. A Teoria da Carga Cognitiva parte das implicações da capacidade limitada da memória de trabalho para o desenho das instruções, centrando-se na forma como estas impõem uma carga cognitiva aos aprendizes. Não aborda, contudo, os diversos tipos de processamento da informação envolvidos na aprendizagem multimédia. Existem, ainda, outros aspetos em comum, tais como a arquitetura humana para o processamento de informação, que permite diversos tipos de representações, nomeadamente elementos do material apresentado que correspondem a palavras e imagens da apresentação multimédia; elementos da memória de trabalho que correspondem a modelos verbais e pictóricos dessa mesma memória; e esquemas da memória a longo prazo que correspondem aos conhecimentos nela existentes. Em síntese, ambas as teorias são bastante compatíveis, porém a Teoria da Carga Cognitiva de Sweller aprofunda mais o papel da capacidade limitada no desenho de instruções para a aprendizagem multimédia.

O modelo de Schnotz e Bannert (Schnotz & Bannert, 2003), à semelhança da TCAM, salienta a existência de dois canais mas, ao contrário desta, não põe em destaque a sua capacidade limitada. Os cinco processos cognitivos da TCAM estão, também, representados, embora com algumas diferenças a nível de conceitos destacando-se o processamento sub-semântico, que corresponde à seleção de palavras; a perceção, que corresponde à seleção de imagens; o processamento semântico, que corresponde à organização de palavras; e a construção/inspeção de modelos, que corresponde à integração.

Para além do que foi exposto anteriormente, o modelo de Schnotz e Bannert inclui quatro das cinco representações da TCAM, embora com algumas diferenças de conceptualização, nomeadamente texto e imagem/diagrama, que correspondem a palavras e imagens na apresentação multimédia; a representação superficial do texto e a imagem visual, que correspondem aos sons e imagens na memória de trabalho; a representação proposicional e o modelo mental, que correspondem ao modelo verbal e ao modelo pictórico; e a organização conceptual, que corresponde aos conhecimentos existentes na memória de longo prazo. Em suma, o modelo proposto por Schnotz e Bannert assenta nos mesmos princípios da TCAM mas incide, essencialmente, sobre a natureza das representações mentais na aprendizagem multimédia.

2.1.3 – Fatores que determinam o panorama da aprendizagem

Não existe nenhum método educacional que seja eficaz com todos os aprendizes e/ou com todos os conteúdos. A capacidade virtual da memória de trabalho para determinado conteúdo é muito maior em indivíduos que detenham experiência prévia relativamente a esse conteúdo. Por exemplo, Chase e Simon (1973) mostraram que os jogadores de xadrez mais experientes precisam de consultar menos vezes um tabuleiro com um jogo a meio devido aos esquemas armazenados na sua memória de longo prazo.

Clark e Mayer (2011) afirmam que existem três fatores principais que determinam o panorama da aprendizagem, i.e., o conhecimento anterior do aprendiz; o conteúdo e o objetivo da instrução; e os métodos educacionais (Figura 3).

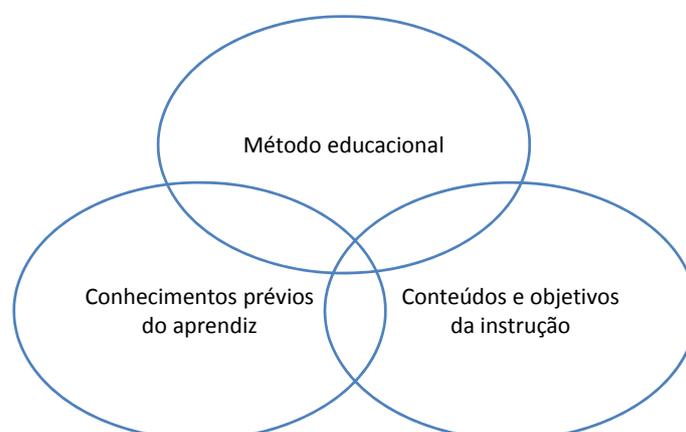


Figura 3 – Fatores que definem o panorama da aprendizagem. Adaptado de (Clark & Mayer, 2011)

O primeiro fator que determina o panorama da aprendizagem assenta nas diferenças entre os aprendizes, em particular, nos conhecimentos prévios dos mesmos. A capacidade virtual da memória de trabalho para a aprendizagem de um determinado conteúdo é maior em indivíduos com experiência prévia desse conteúdo. Em segundo lugar, o objetivo da instrução e os conteúdos a ele associados também são determinantes para a eficácia dos vários métodos educacionais. Por exemplo, os conteúdos mais complexos, que incluem vários elementos, para que sejam assimilados pelo aprendiz, necessitam de uma maior capacidade da memória de trabalho, comparativamente com os conteúdos mais simples, que são suscetíveis de serem processados isoladamente. Por fim, o terceiro fator é o método educacional, que interage com as diferenças individuais entre os aprendizes e com os objetivos da instrução. Quando o objetivo educacional obriga à aprendizagem de conteúdos com elevada interatividade entre elementos os métodos educacionais, que gerem a carga cognitiva, são muito relevantes para o processo de ensino-aprendizagem.

2.2 – Simulações computacionais

O uso de simulações computacionais desperta nos alunos a vontade de aprender, permitindo um ensino por descoberta. Isto acontece porque os simuladores permitem alterar vários parâmetros, despertando nos alunos a curiosidade e a vontade de aprender.

2.2.1 – Animações *versus* simulações

Moreno e Mayer (2002) definiram animação como *"um filme simulado que descreve o movimento de objetos desenhados (ou simulados)"*. Comparativamente com os recursos visuais estáticos, as animações apresentam a desvantagem de serem mais dispendiosas. Além disso, quando disponibilizadas através da internet, as animações requerem uma maior largura de banda.

Na aprendizagem multimédia, as animações são, muitas vezes, utilizadas para chamar a atenção e para apresentar conteúdos como, por exemplo, procedimentos e processos

que envolvam movimento. As animações podem, ainda, ser utilizadas para ilustrar princípios intangíveis, como o acréscimo do movimento molecular devido a um aumento de temperatura (Clark, 2008).

Clark (2008) investigou a eficiência das animações no processo de ensino-aprendizagem, tendo constatado que a utilização de uma série de diagramas estáticos pode conduzir mais eficazmente a aprendizagens do que o recurso a animações. Este resultado foi interpretado com base em três aspetos. Primeiro, porque um diagrama animado inclui uma grande quantidade de informações visuais, muitas vezes visualizadas num período de tempo muito curto. Em segundo lugar, porque as animações correm sob o controlo de um programa, expondo o aprendiz a toda uma sequência de uma só vez. Finalmente, em terceiro lugar, porque as animações são de natureza transitória, i.e., as diferentes fases desaparecem à medida que a animação vai avançando, ao contrário do que acontece com o desenho de uma série de linhas que continuam a poder ser vistas.

Os aspetos mencionados anteriormente permitem uma reflexão sobre como devem ser construídas as animações, para que estas possam promover mais eficazmente as aprendizagens. Estudos realizados neste sentido permitiram chegar aos seguintes fatores:

- **Pré-formação/agrupamento** – Mayer *et al.* (2002) constataram que, numa lição sobre o funcionamento dos travões, a formação prévia com a apresentação dos nomes dos subcomponentes do sistema e da forma como cada um se movimentava, podia levar a uma melhor aprendizagem numa lição animada subsequente;
- **Narrações áudio** – Tendo em conta que as animações exigem uma maior capacidade da memória de trabalho visual, estas devem ser explicadas com uma narração em áudio e não com um texto apresentado no ecrã, o que constitui um exemplo do princípio da modalidade (Leahy *et al.*, 2003; Mayer & Anderson, 1991; Mayer *et al.*, 2002);
- **Aprendiz deve poder controlar a apresentação da animação** – Os aprendizes devem poder interromper e reiniciar, por iniciativa própria, a animação. Estudos realizados mostram que na animação completa subsequente as aprendizagens

realizadas são mais eficazes do que as realizadas pelos aprendizes que não têm esta possibilidade (Mayer & Chandler, 2001); e

- **Fornecimento de pistas visuais** – Quando a animação envolve a narração de elementos visuais cuja complexidade exige um elevado grau de busca visual, deve dirigir-se a atenção dos aprendizes para a parte relevante do elemento visual com uma pista como, por exemplo, uma seta ou um círculo colorido para identificar a área que está a ser descrita. Jeung *et al.* (1997) mostraram que, quando descreviam problemas de geometria que incluíam diagramas complexos com uma narração áudio, a aprendizagem só era melhor do que uma abordagem apenas visual quando as partes relevantes do diagrama eram realçadas visualmente, de forma a chamar a atenção do aprendiz para a parte relevante do gráfico.

Resumidamente, quando se utilizam animações para construir modelos mentais, deve ter-se presente alguns aspetos, como ser permitido ao aprendiz controlar o ritmo dos segmentos animados, explicar a animação com uma narração áudio e fornecer pistas para dirigir a atenção para partes relevantes da animação que está a ser descrita.

Segundo de Jong e van Joolingen (1998) as simulações computacionais podem ser definidas como um *"programa que contém um modelo de um sistema ou de um processo"*. Trata-se, pois, de um ambiente interativo cujas características têm um comportamento semelhante ao dos acontecimentos da vida real. Existem dois tipos de simulações: as operacionais e as conceptuais. As simulações operacionais destinam-se, sobretudo, ao ensino de competências processuais. Na verdade, trata-se de um modelo de um sistema real destinado a ensinar procedimentos. Incluem, geralmente, duas *interfaces* realistas, uma de trabalho e outra de resposta. São particularmente úteis em situações em que a utilização de um equipamento real é perigosa e/ou dispendiosa.

As simulações conceptuais, pelo contrário, concentram-se na aprendizagem de princípios ou processos específicos de diferentes domínios e na heurística da resolução de problemas. Destinam-se, sobretudo, a construir modelos mentais de transferência à distância de um domínio específico e a desenvolver competências na resolução de problemas associados a esses modelos. As simulações educacionais deste tipo foram concebidas para ensinar princípios científicos.

Mayer (2004) resumiu os resultados de muitas pesquisas realizadas com o intuito de verificar se as simulações computacionais constituem um recurso eficaz no ensino. Apesar de verificar que pode constituir uma estratégia eficaz, poderá apresentar algumas limitações no que respeita a ambientes de aprendizagem de pura descoberta. Este facto pode ser compreendido com base na sobrecarga cognitiva causada pelo ambiente complexo característico das simulações e, também, pela ausência de competências metacognitivas, por parte do aprendiz, para explorar e aprender sistematicamente a partir deste ambiente. Deste modo, tal como se verifica para as animações, é necessário incluir estruturas que permitam que o aprendiz construa os modelos mentais desejados.

A principal técnica de instrução a incorporar nas simulações é o *scaffolding*. Pode tomar a forma de exemplos resolvidos, agentes de ensino e/ou recursos visuais, sendo particularmente importantes em ambientes educacionais de descoberta guiada. Mayer (2004) refere que o *scaffolding* pictórico, predominantemente visual, tem um efeito fortemente positivo, ao contrário do que se verifica com outros modelos verbais.

2.2.2 – Vantagens e limitações para o ensino do recurso a simulações computacionais

Entre as várias aplicações das Tecnologias de Informação e de Comunicação, as simulações por computador são de especial importância no processo de ensino-aprendizagem da Física. Segundo Jimoyannis e Komis (2001) as simulações oferecem novos ambientes educacionais e visam melhorar as estratégias de ensino adotadas pelos professores, bem como tornar os alunos mais ativos e participativos nas suas aprendizagens. As simulações oferecem, também, uma grande variedade de oportunidades para moldar os conceitos e os processos. Ao fazerem a ponte entre o conhecimento prévio dos alunos e a aprendizagem de novos conceitos, ajuda-os a desenvolver o conhecimento científico, já que lhes permite reformularem eventuais conceitos errados. No referido estudo sobre a utilização de simulações no ensino da Física, Jimoyannis e Komis (2001) concluem que o ambiente criado por estas proporciona aos alunos a oportunidade de aprender. Em particular, as simulações:

- Permitem desenvolver a compreensão dos alunos sobre os fenômenos e as leis físicas, por meio de um processo de hipóteses de decisão e testes de ideias;
- Ajudam a isolar e manipular os parâmetros e, como tal, auxiliam os alunos na compreensão da relação entre conceitos físicos, variáveis e fenômenos;
- Empregam uma grande variedade de representações (e.g., fotografias, animações, gráficos e vetores) e exibem dados numéricos que são úteis para a compreensão de conceitos subjacentes, relações e processos;
- Desenvolvem nos alunos a capacidade de expressar as suas representações e modelos mentais sobre o mundo físico; e
- Permitem investigar os fenômenos que são difíceis de realizar experimentalmente, em ambiente de laboratório/de sala de aula (por serem extremamente complexos, difíceis ou perigosos) de forma mais segura, rápida e econômica.

Segundo Scalise *et al.* (2011) as simulações apresentam a vantagem de proporcionar aos alunos uma nova metodologia de ensino, mais eficaz. Além disso, o recurso a simulações apresenta outras características que as podem tornar uma mais-valia, principalmente aos olhos dos administradores escolares. De entre elas salientam-se o elevado custo dos laboratórios escolares, dos equipamentos e das matérias-primas; o perigo e a responsabilidade que o trabalho laboratorial acarreta, nomeadamente a manipulação de certos reagentes químicos; o dispêndio de horas que a realização de algumas atividades laboratoriais exigem, com a necessidade da repetição para a obtenção de um conjunto de ensaios e resultados experimentais que permitam a validação das conclusões; a sensibilidade dos estudantes relativamente a questões éticas como, por exemplo, experiências que exigem o recurso a animais vivos ou produtos químicos nocivos para a saúde e/ou para o ambiente. Em escolas sem laboratórios e/ou com poucos recursos, as simulações são, muitas vezes, a única forma de se poder dar cumprimento aos programas escolares em vigor e de apoiar a preparação dos alunos pré-universitários para os exames.

Outros autores, igualmente convictos de que as simulações podem introduzir melhorias na aprendizagem, são de opinião que elas não devem substituir o trabalho laboratorial. Devem ser utilizadas quando, por uma qualquer razão, o trabalho laboratorial não consegue ser um recurso útil, como no estudo das linhas de força em eletrostática. Deste modo, as simulações deverão ser encaradas como um recurso a adicionar aos já existentes (e.g., livros, vídeos), tendo em vista o enriquecimento das metodologias/estratégias de ensino (Martins *et al.*, 2003a, Rutten *et al.*, 2012).

Scalise *et al.* (2011) referem que o desenvolvimento quer das simulações na área das Ciências quer do *software* destinado a laboratórios virtuais têm sofrido uma grande evolução, no sentido de corresponder às expectativas dos professores que, cada vez mais, tentam modernizar as estratégias pedagógicas, com o intuito de aumentar a autenticidade das aprendizagens promovidas nos alunos. Porém, apesar da enorme variedade de produtos disponíveis no mercado, no futuro espera-se, ainda, um progresso crescente nesta área, que terá como principal motor de desenvolvimento os resultados dos estudos sobre as aprendizagens dos alunos.

Nos últimos anos foram efetuados vários estudos que se constituem como uma sólida base de pesquisa. Alguns deles destacam a eficácia das simulações como estratégia de ensino-aprendizagem. Outros trabalhos especificam uma combinação de metodologias e referem alguns fatores para o sucesso da aprendizagem. Seguidamente, serão apresentadas as ideias chave e as principais conclusões de alguns desses estudos.

Tao e Gunstone (1999) realizaram um estudo onde professores usaram, como estratégia de ensino, o recurso a computadores e, em particular, a simulações online. Os autores concluem que as simulações apresentam vantagens para o processo de ensino-aprendizagem, especialmente, porque os alunos são “obrigados” a investigar o caso que lhes é apresentado. Podem alterar as variáveis, o que lhes permite iniciar facilmente um novo processo, investigar as condições do mesmo, observar os resultados das ações e retirar conclusões. Afirmam ainda que, usando simulações, os alunos têm mais facilidade em interpretar as conceções científicas subjacentes ao programa escolar e compará-las com as suas próprias conceções podendo, também, formular e testar hipóteses e detetar discrepâncias entre as suas ideias e o observado na simulação.

Chou (1998) investigou se a simulação computacional no ensino da Física promove uma atitude positiva nos alunos. Do seu estudo, concluiu que o recurso a simulações influenciou significativamente as atitudes dos estudantes em relação à Física. De facto, os alunos não só mostraram um elevado interesse pelos conteúdos científicos como, também, pelas próprias simulações, referindo a adequação e eficácia instrucional das simulações computacionais.

Geban *et al.* (1992) realizaram um estudo sobre a capacidade de resolução de problemas e a aquisição de conhecimento científico, por parte de alunos de Química, recorrendo a simulações computacionais. Os resultados mostraram que as Experiências Simuladas em Computador (ESC) produziu uma maior aquisição de conhecimentos de Química do que uma abordagem convencional. Além disso, a abordagem ESC produziu atitudes mais positivas por parte de alunos, face à aprendizagem dos conceitos de Química.

Zacharia (2003) refere-se a vários fatores que influenciam as atitudes dos alunos, sendo de destacar a motivação e o envolvimento dos mesmos, face aos objetos de estudo e às aprendizagens cooperativas. Alguns autores têm destacado a relevância das simulações computacionais no ambiente de aprendizagem, uma vez que estas fornecem aos alunos ferramentas para a aquisição de aprendizagens contribuindo, assim, para uma relação favorável entre os alunos e a Ciência, nomeadamente no que respeita:

- À motivação e à responsabilidade sobre a aprendizagem, bem como ao envolvimento no trabalho proposto (Grayson & McDermott, 1996; Zacharia 2003);
- Às capacidades instrucionais únicas que fazem a ponte entre os alunos e (i) fontes de informação, ajudando-os a visualizar problemas e soluções; (ii) ferramentas de aprendizagem, proporcionando-lhes experiências verdadeiramente interativas e (iii) facultam-lhes o ambiente de que necessitavam para a compreensão de conceitos científicos mais abstratos (Beichner *et al.*, 1999; Eylon *et al.*, 1996; Goldberg, 1997; Van Heuvelu, 1997); e
- Ao suporte para novas abordagens de ensino (Tau & Gunstone, 1999; Windschitl & Andre, 1998; Zacharia & Anderson, 2003).

Seguidamente, na Tabela 2, referem-se vários estudos sobre as vantagens do recurso a simulações computacionais nas Áreas Científicas da Física, da Química e da Biologia.

Tabela 2 – Compilação de alguns estudos realizados sobre o uso das simulações computacionais como estratégia de ensino-aprendizagem nas áreas da Física, da Química e da Biologia

Investigação	Conclusões
<p>Gelbart <i>et al.</i> (2009) realizaram um estudo, na área da genética, onde compararam uma pesquisa realizada por alunos de dois grupos distintos. Um dos grupos tinha acesso a simulações computacionais, enquanto o outro recorreu a métodos tradicionais.</p>	<p>Os resultados revelaram uma influência muito positiva das simulações computacionais, uma vez que o grupo de alunos adquiriu aprendizagens sólidas sobre o assunto, mostrando uma boa capacidade de pesquisa e de ampliar os seus conhecimentos acerca da temática em estudo.</p>
<p>Duran <i>et al.</i> (2007) realizaram um estudo onde predominou não só o domínio cognitivo mas, também, o afetivo, a fim de estudar os efeitos de uma simulação computacional sobre a motivação e a interação dos alunos.</p> <p>Os investigadores usaram uma simulação sobre máquinas e instalações elétricas para estimular discussões entre os alunos e entre os alunos e o professor.</p>	<p>Embora os resultados relativos ao domínio cognitivo fossem inconclusivos, os resultados referentes ao domínio afetivo mostraram que o uso de simulações tem uma profunda influência sobre a satisfação dos alunos, que se mostraram interessados pela atividade e mais participativos. Os autores atribuem esta motivação ao facto de as simulações lhes proporcionarem um exemplo do mundo real, que acontece em tempo real na sala de aula.</p>
<p>Martinez-Jimenez <i>et al.</i> (2003) estudaram o desempenho dos alunos num trabalho sobre a extração da cafeína do chá. Para tal criaram um grupo experimental, que utilizou uma simulação computacional da atividade e um grupo de controlo que a realizou experimentalmente.</p> <p>O desempenho dos alunos foi avaliado recorrendo à observação dos dois grupos, nomeadamente no que se refere à capacidade de resolução de problemas, através de um relatório pós-laboratorial e de um teste escrito.</p>	<p>Os investigadores concluíram que o recurso à simulação computacional conduz a uma melhor compreensão das técnicas e dos conceitos básicos inerentes a este trabalho laboratorial</p>
<p>Baltzis e Koukias (2009) realizaram um estudo onde os estudantes de um curso de eletrónica foram incentivados a completar uma tarefa de simulação computacional antes de realizarem, a pares, uma atividade laboratorial sobre o mesmo tema.</p>	<p>Os investigadores concluíram que esta estratégia levou a um aumento do interesse por parte dos alunos e uma melhoria global do seu desempenho académico.</p>

Tabela 2 (cont.) – Compilação de alguns estudos realizados sobre o uso das simulações computacionais como estratégia de ensino-aprendizagem nas áreas da Física, da Química e da Biologia

Investigação	Conclusões
<p>Dalgarno <i>et al.</i> (2009) compararam a capacidade de um laboratório virtual 3D com a de um laboratório real, tendo em vista verificar qual seria o mais indicado para familiarizar os alunos com o espaço e o seu conteúdo.</p>	<p>O grupo de alunos que explorou o laboratório virtual mostrou-se mais familiarizado com o funcionamento de um laboratório, bem como com o seu equipamento, quando comparado com o grupo de alunos que visitou um laboratório real. Desta forma, o laboratório virtual foi considerado uma ferramenta eficaz para a familiarização dos alunos com este espaço.</p>
<p>White <i>et al.</i> (2010) analisaram diferentes estratégias para o ensino da estrutura das proteínas. Comparam o método do ensino tradicional com uma visualização, em 3D, que mostra as consequências da alteração de aminoácidos na estrutura das proteínas.</p>	<p>Os autores concluíram que a promoção de aprendizagens nos alunos, recorrendo à visualização em 3D, é mais eficaz do que recorrendo ao método tradicional.</p>
<p>Chang <i>et al.</i> (2008), num trabalho sobre lentes óticas, realizaram um estudo sobre a vantagem de recorrer a simulações para melhorar as aprendizagens dos alunos, em comparação com o uso do laboratório.</p>	<p>Os resultados mostraram que a aprendizagem do tema através de simulações conduziu a uma melhoria significativa dos resultados de aprendizagem, quando comparados com a prática laboratorial tradicional.</p> <p>Concluíram, também, que os alunos com uma maior capacidade de raciocínio abstrato são os que mais beneficiam do ensino com recurso a simulações.</p> <p>Os autores referem que ajudar os alunos a formular hipóteses com base em simulações, é uma boa estratégia de ensino. Sublinham, porém, que o professor não deve ajudar durante a realização dos procedimentos experimentais, caso contrário, limitará a autonomia dos alunos, o que pode enfraquecer os resultados.</p>

Os estudos atrás referidos assentam na comparação entre o ensino tradicional e o ensino através da aplicação de simulações computacionais, permitindo destacar alguns aspetos:

- As simulações são úteis na medida em que podem servir para a visualização, ajudando os alunos na compreensão dos conceitos. São, também, uma ótima ferramenta de exercício pré-laboratorial, pois podem ajudar na familiarização com o espaço laboratorial (Dalgarno *et al.*, 2009) e levar a uma melhor compreensão da técnica e dos conceitos básicos utilizados no trabalho laboratorial (Martinez-Jimenez *et al.*, 2003);
- No que respeita ao domínio cognitivo, o uso das simulações computacionais parece facilitar a compreensão conceitual dos alunos (Jimoyannis & Komis, 2001; Meir *et al.*, 2005; Stern *et al.*, 2008; Zacharia, 2007), requer menos tempo (Gibbons *et al.*, 2004) e melhora a capacidade de prever os resultados das experiências (McKagan *et al.*, 2009); e
- No que concerne ao domínio afetivo, as simulações podem influenciar positivamente a satisfação dos alunos, bem como a participação e a capacidade de iniciativa dos mesmos (Duran *et al.*, 2007), para além de melhorar a sua percepção do ambiente de sala de aula (Kiboss *et al.*, 2004).

De uma forma global, os estudos apresentados mostram que as simulações são um contributo positivo para o ensino tradicional, sendo a sua aplicação promissora. É de referir, porém, que os estudos referem que a compreensão dos conceitos incutidos aos alunos, através das simulações, realiza-se apenas a curto prazo, o que não conduz, necessariamente, a aprendizagens significativas (Stern *et al.*, 2008). Tendo em vista garantir o sucesso a longo prazo, i.e., assegurar que as aprendizagens significativas se realizam efetivamente é necessário afinar as estratégias de ensino e o currículo para o uso das simulações (Stern *et al.*, 2008). Para além disso, é necessário estimular os alunos a seguir uma abordagem de pesquisa orientada (Gelbart *et al.*, 2009) e implementar no currículo dos alunos o desenvolvimento de aptidões de raciocínio científico (McKagan *et al.*, 2009).

Heckler *et al.* (2007) defendem que o computador, assim como algumas das suas aplicações, entre as quais as simulações online, apresentam algumas desvantagens ao ser usado como recurso didático. De entre elas, a mais notável é a facilidade de distração. O facto de as imagens móveis serem muito atrativas para os alunos conduz a uma

desmotivação pela leitura de textos explicativos, para além de os poder desconcentrar, desviando-os da temática em estudo.

2.2.3 – O papel do professor na implementação das simulações em aula

O professor de FQ deve auxiliar os alunos a adquirir e integrar conhecimentos científicos. Para ter sucesso no desempenho desta tarefa tem ao seu dispor variados recursos pedagógicos, sendo a internet uma das tecnologias mais promissoras, uma vez que permite aceder a uma enorme quantidade de informação, mais ou menos organizada, nas mais variadas áreas e nas mais diversas formas. Em particular os programas interativos em java, designados vulgarmente por simulações, estimulam o interesse dos alunos e ajudam na compreensão de determinados conceitos científicos. Note-se, porém, o papel essencial do professor ao apresentar as simulações aos alunos e ao solicitar e corrigir o trabalho explicitado em roteiros de exploração (Martins *et al.*, 2003a).

A utilização das mais recentes e avançadas tecnologias, como ferramenta de ensino, não é suficiente, por si só, para a boa eficácia do processo de ensino-aprendizagem. A atitude positiva dos professores perante estas tecnologias é fundamental sendo, também, recomendável uma boa organização das aulas em torno da internet, bem como de outros produtos tecnológicos. A determinação clara dos objetivos de ensino, por parte dos professores, é um dos pontos mais significativos do processo (Ferreira, 1998).

Ao usar simuladores, é de extrema importância que tanto o professor quanto o aluno estejam conscientes de que eles são um modelo simplificado da realidade, sob risco de assimilar uma ideia errada do fenómeno em estudo. As animações e as simulações são mais atrativas do que as imagens estáticas, pelo que podem servir, também, para comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência maior do que as figuras estáticas (Medeiros & Medeiros, 2002). Cabe ao professor ter consciência deste aspeto e alertar os alunos.

Martins *et al.* (2003a) referem que a utilização pedagógica das simulações online, para além de renovar e diversificar os recursos educativos, inserem-se na perspetiva de tornar o

ensino mais atraente, de forma a motivar os alunos para a aprendizagem das Ciências. As simulações online podem ser utilizadas tanto dentro como fora da sala de aula. Dentro da sala de aula destacam-se três formas de utilização:

- O professor recorre a um computador ligado a um projetor. A simulação pode servir para sensibilizar, questionar e/ou transmitir conteúdos;
- Os alunos, divididos em grupos, utilizam vários computadores. Cada grupo trabalha de forma independente, de acordo com um plano comum traçado pelo professor, através de, por exemplo, um roteiro de exploração. Esta é uma forma interessante de trabalhar, por favorecer o trabalho colaborativo, embora possa haver problemas de acompanhamento e de coordenação dos diferentes grupos; e
- Cada aluno trabalha com o seu computador.

Fora da sala de aula, as simulações online, tal como outro *software* educativo, podem ser utilizadas pelos alunos em espaços de estudo, nas bibliotecas das escolas, em suas casas ou noutros locais tendo em vista:

- Estudar determinados tópicos e/ou esclarecer dúvidas;
- Verificar algumas equações e/ou expressões matemáticas; e
- Verificar as soluções obtidas na resolução de exercícios.

As simulações podem ser aplicadas em diversos contextos como, por exemplo, a introdução de novos conteúdos, o relacionamento e aplicação de conhecimentos e para a avaliação dos conhecimentos. Em qualquer um deles o objetivo principal é o de desenvolver um método de trabalho que proporcione uma participação ativa dos alunos (Kamthan, 1999; Belloni & Christian, 2001).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DO ESTUDO

A primeira parte deste estudo assenta, como foi referido anteriormente, numa pesquisa de simulações online aplicáveis nas aulas das disciplinas de Ciências Físico-Químicas (CFQ), do 3º ciclo do Ensino Básico e, também, nas de Física e Química A (FQ A), do Ensino Secundário do curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias.

Para se dar cumprimento a este objetivo, começou-se por fazer uma análise documental detalhada dos programas em vigor, referentes às disciplinas de CFQ do 7º, 8º e 9º anos de escolaridade e, também, de FQ A, do 10º e 11º anos. Na verdade, só conhecendo os objetos de estudo, se poderá proceder ao levantamento das simulações online e fazer uma seriação adequada, selecionando as mais pertinentes face ao conteúdo programático em causa.

Seguidamente, deu-se início à pesquisa das simulações disponíveis na internet relacionadas quer com a Física quer com a Química. Começou-se pelo motor de busca *Google Scholar*, uma vez que este permite pesquisas mais avançadas. Neste, é possível encontrar diversos artigos sobre a temática das simulações online, bem como inúmeras propostas das mesmas, sobre conteúdos de Física e de Química. Outros motores de busca que também serviram de suporte a esta pesquisa foram o *Google*, o *Science Direct* e o *b-on*.

Para concretizar o objetivo de analisar o impacto que as simulações online têm nas aulas de FQ e, em particular, nas aprendizagens dos alunos, foi concebido um projeto. Este foi aplicado em duas turmas de 10º ano e duas turmas de 11º ano, sendo duas delas experimentais (uma correspondente ao 10º ano e outra correspondente ao 11º ano), funcionando as outras duas como turmas de controlo. Este projeto decorreu no Colégio de Santa Doroteia, em Lisboa e contou com a colaboração do Departamento de Física e Química do mesmo.

No ano letivo 2012/2013, o serviço docente distribuído à autora incluía uma turma de 10º ano e uma outra de 11º ano. Deste modo, a aplicação das simulações foi feita nestas turmas (10º A e 11º B), tendo funcionado como turmas experimentais. As turmas do 10º B

e do 11ºA funcionaram como turmas de controlo, tendo-se contado com a colaboração do professor responsável, que recorreu às metodologias tradicionais, para a leção dos mesmos conteúdos programáticos.

No que respeita ao 10º ano o conteúdo programático escolhido foi o Efeito Fotoelétrico e a simulação online selecionada para a aula, na turma experimental está disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric. No que concerne ao 11º ano, foi selecionada a temática Reagente Limitante e Reagente em Excesso, recorrendo-se à simulação disponibilizada em http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers.

Seguidamente, será feita a caracterização das turmas envolvidas neste estudo e serão apresentadas as planificações referentes às aulas lecionadas quer nas turmas experimentais quer nas turmas de controlo. Serão explicadas as estratégias de ensino utilizadas e serão referidos os materiais de apoio e os respetivos instrumentos avaliação.

3.1 – Caracterização das turmas envolvidas no estudo

Em ambas as turmas do 10º ano envolvidas neste estudo, os alunos tinham, idades compreendidas entre os 15 e os 16 anos. A turma experimental (10º A) era constituída por 30 alunos, dos quais 28 responderam ao questionário sobre o Efeito Fotoelétrico. Tratava-se de uma turma formada por onze rapazes e por dezanove raparigas, todos eles a frequentar pela primeira vez o 10º ano de escolaridade. A turma de controlo (10º B) era constituída por 24 alunos, tendo todos eles respondido ao mesmo questionário que foi aplicado na turma experimental. Esta turma era constituída por 12 rapazes e por 12 raparigas, sendo que um rapaz e uma rapariga se encontravam a repetir o 10º ano de escolaridade, por não terem transitado para o 11º ano, no ano letivo 2011/2012.

Os alunos inscritos no 11º ano de escolaridade tinham idades compreendidas entre os 16 e os 17 anos. A turma experimental (11º B) era constituída por 23 alunos, tendo todos eles respondido ao questionário sobre Reagente Limitante e Reagente em Excesso. Tratava-se de uma turma constituída por 15 rapazes e por 8 raparigas, todos

eles a frequentar pela primeira vez o 11º ano de escolaridade. A turma de controlo (11º A) era constituída por 22 alunos, tendo todos eles respondido ao mesmo questionário que a turma experimental. Todos os alunos se encontravam a frequentar o 11º ano de escolaridade pela primeira vez, sendo a turma formada por 8 rapazes e por 14 raparigas.

3.2 – Planificação das aulas das turmas experimentais e de controlo

Nesta secção apresentam-se as planificações das aulas que foram lecionadas quer nas turmas de controlo quer nas turmas experimentais. É feita uma caracterização das referidas aulas e são apresentados alguns materiais de apoio, tais como os guiões inerentes às atividades realizadas com base nas simulações online, nas turmas experimentais e os questionários aplicados aos alunos de ambas as turmas.

3.2.1 – Planificação das aulas sobre o tema Efeito Fotoelétrico

Duração da aula: 90 minutos

Turmas: 10º A (turma experimental) e 10º B (turma de controlo)

Sumário: O efeito fotoelétrico – interpretação de Einstein.

Planificação:

Tabela 3 – Planificação das aulas nas turmas experimental e de controlo do 10º ano de escolaridade sobre o tema Efeito Fotoelétrico

Palavras- -Chave	Efeito Fotoelétrico; Célula Fotoelétrica; Relação de Planck; Espectro Eletromagnético, Radiação Eletromagnética – Energia e Intensidade; Energia Cinética
-----------------------------	---

Tabela 3 (cont.) – Planificação das aulas nas turmas experimental e de controlo do 10º ano de escolaridade sobre o tema Efeito Fotoelétrico

Objetivos⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> – Interpretar o espetro eletromagnético das radiações associando cada radiação a um certo valor de energia, relacionando-a com a sua frequência e o seu comprimento de onda – Situar, no espetro eletromagnético, a região do visível – Estabelecer a relação entre a energia da radiação incidente, a energia mínima de remoção e a energia cinética do eletrão emitido (quando ocorre interação entre a radiação e um metal) 	
Recursos	Turma Experimental (10º A)	<ul style="list-style-type: none"> – Apresentação em <i>PowerPoint</i> – Simulação online e respetivo guião
	Turma de Controlo (10º B)	<ul style="list-style-type: none"> – Transparências
Estratégias	Turma Experimental (10ºA)	<ul style="list-style-type: none"> – Introdução ao tema, fazendo uma exposição oral auxiliada com uma apresentação em <i>PowerPoint</i> – Análise e interpretação de Einstein do efeito fotoelétrico recorrendo à simulação online disponível em: <i>http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric</i> (deverá ser distribuído um guião da atividade que permitirá alterar os vários parâmetros disponíveis no simulador, tendo em vista os objetivos definidos)
	Turma de controlo (10ºB)	<ul style="list-style-type: none"> – Introdução ao tema, fazendo uma exposição oral auxiliada com uma apresentação de transparências. As fotocópias das transparências serão distribuídas aos alunos, para um mais fácil acompanhamento dos conteúdos expostos oralmente pelo professor
Avaliação	Aplicação, no final da aula, de um questionário com a duração de cinco minutos	
<p>⁽¹⁾ De acordo com o programa em vigor para o 10º ano de escolaridade (Martins <i>et al.</i>, 2001, pp. 29-30). Química – Unidade 1 – Das Estrelas ao Átomo – Capítulo 1.2 – Espetros, Radiação e Energia</p>		

Guião de utilização do simulador:

Esta atividade centra-se na utilização de um simulador do efeito fotoelétrico, disponível no sítio *http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric*. Pretende-se que os alunos compreendam a interpretação de Einstein do efeito fotoelétrico, em particular os seguintes aspetos:

- O efeito fotoelétrico só ocorre a partir de um determinado valor de energia da radiação incidente e que difere de metal para metal;
- O número de fotoelétrons ejetados do metal está relacionado com a intensidade da radiação incidente;
- No caso da energia da radiação incidente não ser suficiente para provocar o efeito fotoelétrico, aumentando a intensidade dessa mesma radiação, o efeito fotoelétrico continuará a não ocorrer; e
- Se a energia da radiação incidente for suficiente para provocar a ejeção de fotoelétrons de um metal, a utilização de uma outra radiação de maior energia faz com que os fotoelétrons sejam ejetados com uma velocidade maior.

Para se atingirem estas metas é importante que os alunos tenham presente os seguintes pré-requisitos:

- Saber que a energia cinética dos fotoelétrons ejetados de um metal é proporcional ao quadrado da velocidade dos mesmos;
- Conhecer a sequência das radiações eletromagnéticas que compõem o espectro eletromagnético e distinguir as radiações mais e menos energéticas; e
- Aplicar a relação de Planck nomeadamente, a relação entre a energia da radiação e a frequência ou o comprimento de onda.

Protocolo:

- 1 – Entre no site http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric (para realizar a atividade proposta o software java terá que estar instalado).
- 2 – Selecione os parâmetros: pilha: 0,00 V; intensidade da radiação: 50 %; radiação: amarela; metal: sódio (Figura 4).

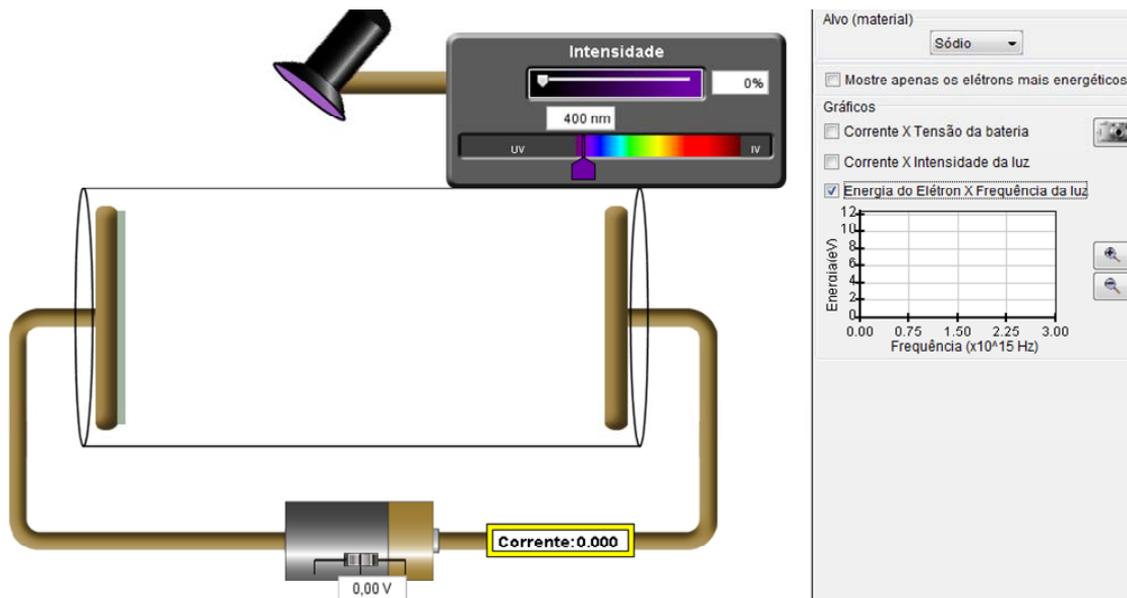


Figura 4 – Imagem inicial do simulador do efeito fotoelétrico. Fonte:

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric

- 3 – Aumente a energia da radiação incidente deslocando, lentamente, o cursor na direção do UV. A partir de que valor de comprimento de onda ocorre o efeito fotoelétrico neste metal?
- 4 – Coloque o cursor na cor azul. O que acontece à velocidade dos fotoelétrons ejetados se deslocar o cursor na direção da radiação UV?
- 5 – Desloque novamente o cursor da radiação, agora para a cor vermelha. Verifica-se a ocorrência do efeito fotoelétrico? E se aumentar a intensidade da radiação para 100%, o que verifica?
- 6 – Selecione os parâmetros: pilha: 0,00 V; intensidade da radiação: 50%; radiação: vermelha; metal: platina.
- 7 – A partir de que comprimento de onda da radiação incidente ocorre o efeito fotoelétrico?
- 8 – Coloque o cursor na radiação azul. Ocorre o efeito fotoelétrico? Aumente a intensidade da radiação incidente para 100%. O que verifica?

9 – Coloque o cursor da radiação na região do UV de modo que comprimento de onda seja, aproximadamente, 185 nm. Aumente a energia da radiação incidente, deslocando lentamente o cursor para a esquerda. O que acontece à energia cinética dos fotoelétrons ejetados?

Questionário:

Tendo em vista avaliar as aprendizagens adquiridas pelos alunos das turmas experimental e de controlo foi concebido um questionário, a ser aplicado no final da aula, com a duração de 5 minutos. Neste são colocadas apenas três questões de escolha múltipla, às quais os alunos devem responder com seriedade, e que estão direcionadas para a averiguação do cumprimento das metas referidas no guião da simulação. As questões colocadas serão as seguintes:

Um metal muito utilizado nas células fotoelétricas é o céσιο, cuja energia mínima de remoção é igual a $3,05 \times 10^{-19}$ J, situada na zona do vermelho do espetro eletromagnético. Suponha que dispõe de três fontes de radiação. Uma emite radiação infravermelha, outra emite radiação azul e outra radiação violeta.

1 – Qual das radiações não provoca o efeito fotoelétrico no céσιο?

Infravermelha

Azul

Violeta

2 – Qual das radiações escolheria se quisesse arrancar eletrões da placa do céσιο com energia cinética máxima?

Infravermelha

Azul

Violeta

3 – Incidindo sobre uma placa de cézio uma radiação cuja energia é $2,0 \times 10^{-19}$ J não são ejetados fotoelétrões, ou seja, não ocorre o efeito fotoelétrico. Aumentando suficientemente a intensidade desta radiação incidente...

- ... continuará a não ocorrer o efeito fotoelétrico.
- ... passará a ocorrer o efeito fotoelétrico. Os fotoelétrões serão ejetados com uma velocidade muito pequena.
- ... passará a ocorrer o efeito fotoelétrico. Os fotoelétrões serão ejetados com uma velocidade elevada.

3.2.2 – Planificação das aulas sobre o tema Reagente Limitante e Reagente em Excesso

Duração da aula: 90 minutos

Turmas: 11º B (turma experimental) e 10º A (turma de controlo)

Sumário: Reagente limitante e reagente em excesso.

Planificação:

Tabela 4 – Planificação das aulas nas turmas experimental e de controlo do 11º ano de escolaridade sobre o tema Reagente Limitante e Reagente em Excesso

Palavras-Chave	Reação Química; Equação Química; Estequiometria da Reação; Reagentes e Produtos de Reação; Rendimento de uma Reação – quantidade prevista/teórica e quantidade obtida/real; Reagente Limitante; Reagente em Excesso
-----------------------	---

Tabela 4 (cont.) – Planificação das aulas nas turmas experimental e de controlo do 11º ano de escolaridade sobre o tema Reagente Limitante e Reagente em Excesso

Objetivos⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> – Interpretar uma reação completa como aquela em que pelo menos um dos seus reagentes atinge valores de concentração não mensuráveis e uma reação incompleta como uma reação em que nenhum dos reagentes se esgota no seu decorrer – Identificar o reagente limitante de uma reação como aquele cuja quantidade condiciona a quantidade de produtos formados, usando um exemplo muito simples da realidade industrial – Identificar o reagente em excesso como aquele cuja quantidade presente na mistura reacional é superior à prevista pela proporção estequiométrica, usando um exemplo muito simples da realidade industrial 	
Recursos	Turma Experimental (11ºB)	<ul style="list-style-type: none"> – Apresentação em <i>PowerPoint</i> – Simulação online e respetivo guião
Recursos	Turma de Controlo (11ºA)	<ul style="list-style-type: none"> – Transparências
Estratégias	Turma Experimental (11ºB)	<ul style="list-style-type: none"> – Explicitar os conceitos de reagente limitante e reagente em excesso, usando uma apresentação em <i>PowerPoint</i> para sistematizar os principais aspetos – Para ajudar os alunos a concluir sobre a possível existência de um reagente limitante e, no caso de existir, identificá-lo, recorrer a um jogo didático que a tem por base a simulação online disponível em: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers (deverá ser distribuído um guião da atividade que permitirá alterar os vários parâmetros disponíveis no simulador, tendo em vista os objetivos definidos)
Estratégias	Turma de Controlo (11ºA)	<ul style="list-style-type: none"> – Introdução ao tema, fazendo uma exposição oral auxiliada com uma apresentação de transparências. As fotocópias das transparências serão distribuídas aos alunos, para um mais fácil acompanhamento dos conteúdos expostos oralmente pelo professor
Avaliação	Aplicação, no final da aula, de um questionário com a duração de quinze minutos	

⁽¹⁾ De acordo com o programa em vigor para o 11º ano de escolaridade (Martins *et al.*, 2003b, pp. 8-9). Química – Unidade 1 – Química e Indústria – Equilíbrios e Desequilíbrios – Capítulo 1.1 – O amoníaco como Matéria-Prima

Guião de utilização do simulador:

Esta atividade centra-se na utilização do simulador, disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers, onde o objetivo é, através de um jogo didático, ajudar os alunos a aprofundar os conceitos de reagente limitante e reagente em excesso. Para se atingirem estas metas com êxito é importante que os alunos tenham os seguintes pré-requisitos:

- Conhecer as fórmulas químicas de algumas moléculas e de alguns compostos iónicos e indicar as respetivas unidades estruturais (e.g., H₂, N₂, O₂, H₂O, NH₃, CO₂, CH₄);
- Aplicar a Lei de Lavoisier, da conservação da massa numa reação química, e saber acertar uma equação química; e
- Distinguir, numa reação química, o reagente em excesso e o reagente limitante.

Protocolo:

Entre no site http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers (para realizar a atividade proposta o software java terá que estar instalado).

Parte I – Loja de Sanduíches

- 1 – Selecione os parâmetros disponíveis para que uma sanduíche corresponda a duas fatias de pão, uma fatia de fiambre e uma fatia de queijo (Figura 5).
- 2 – Nos parâmetros *antes da reação* selecione quatro fatias de pão, três fatias de queijo e três fatias de fiambre. Quais são os reagentes em excesso? Interprete.

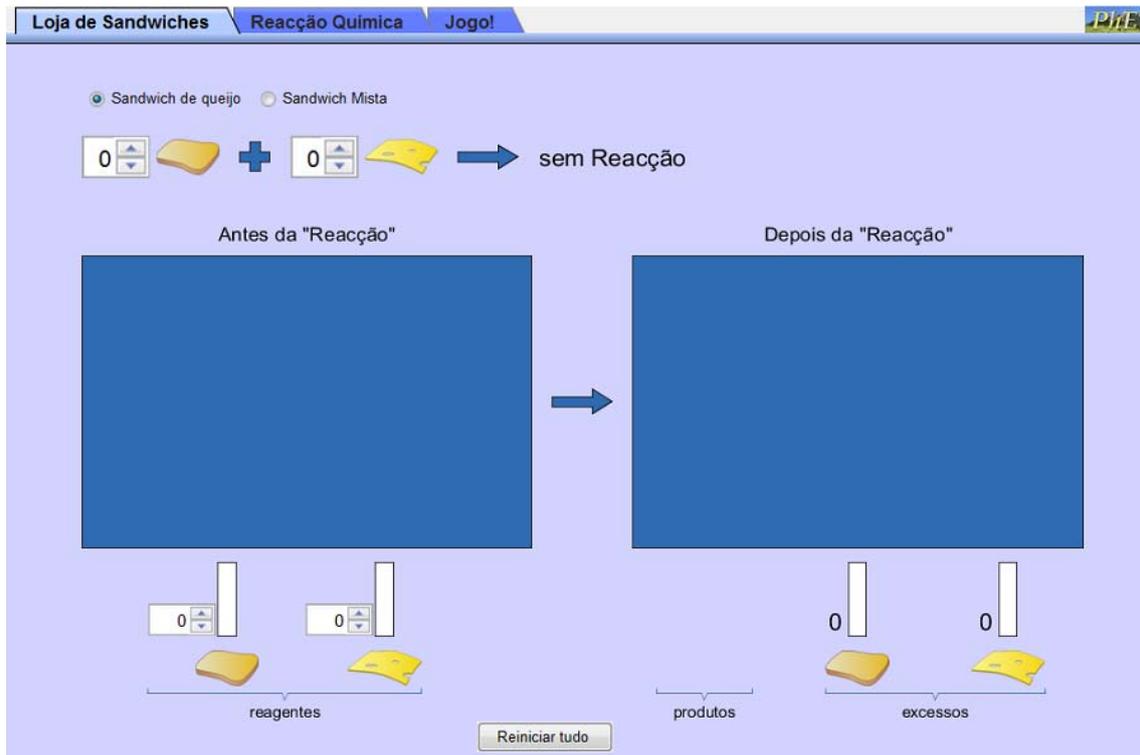


Figura 5 – Imagem inicial do simulador Reagentes, Produtos e Reagente em Excesso – Loja de Sandwiches. Fonte: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers

Parte II – Reação Química

- 1 – Selecione o item *produzir água* (Figura 6).
- 2 – No simulador faça reagir duas moléculas de hidrogénio com duas moléculas de oxigénio. Interprete o resultado obtido, usando como argumentos a estequiometria da reação em causa. Conclua qual é o reagente em excesso e qual é o reagente limitante.
- 3 – Para que nenhum dos reagentes se encontre em excesso, quantas moléculas de oxigénio e de hidrogénio devem reagir? Dê um exemplo.
- 4 – Selecione a opção *produzir amoníaco*.
- 5 – No simulador faça reagir duas moléculas de azoto com sete moléculas de hidrogénio. Interprete os resultados. Qual é o reagente em excesso? Qual é o reagente limitante? Justifique.

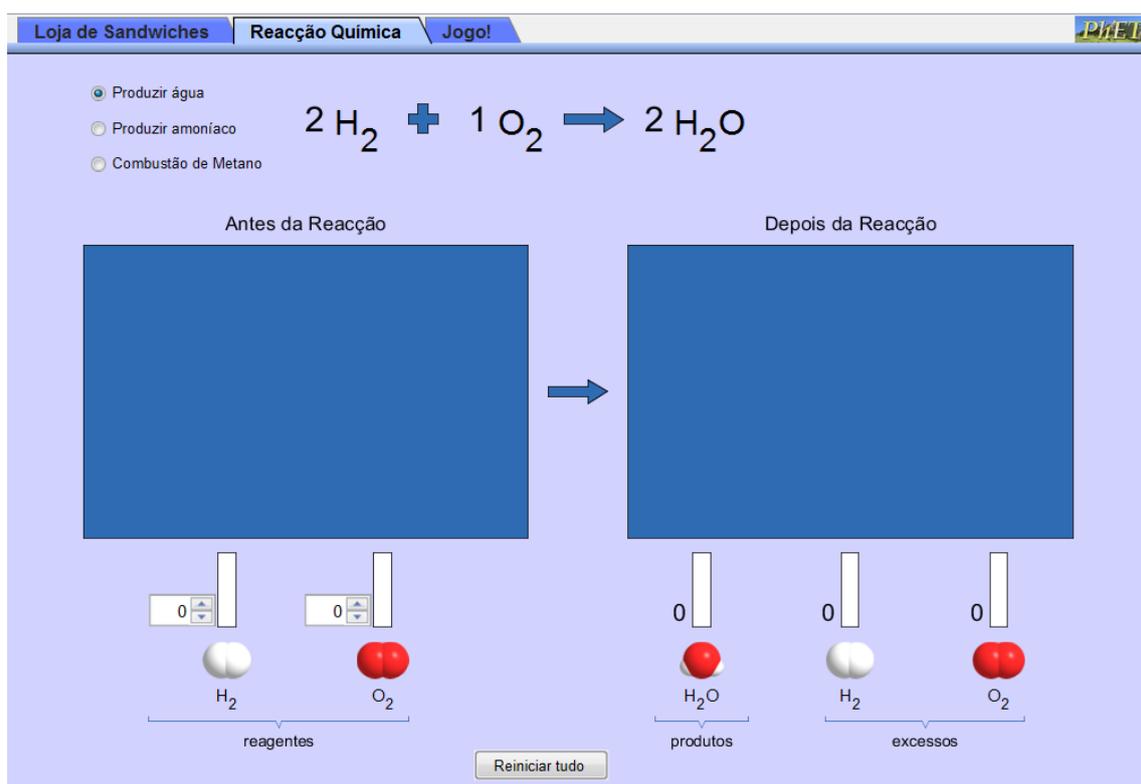


Figura 6 – Imagem inicial do simulador Reagentes, Produtos e Reagente em Excesso – Reacção Química. Fonte: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers

6 – Selecione outros números de moléculas de reagentes (i.e., azoto e hidrogénio), à sua escolha, e interprete os resultados obtidos no simulador.

7 – Selecione a opção *combustão do metano*. Repita novamente o ponto anterior.

Parte III – Jogo

1 – Começar o jogo pelo nível 1 (Figura 7). Todos os alunos devem participar!

2 – Selecione o número de moléculas de reagentes ou produtos de forma a obter as proporções de moléculas exigidas no jogo, respeitando sempre a Lei de Lavoisier. Deve seleccionar os números corretos e carregar em "verificar" (Figura 8).

3 – Depois de ultrapassado o nível 1, avançar para o nível 2. Só depois para o nível 3.



Figura 7 – Imagem inicial do simulador Reagentes, Produtos e Reagente em Excesso – Jogo!.

Fonte: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers

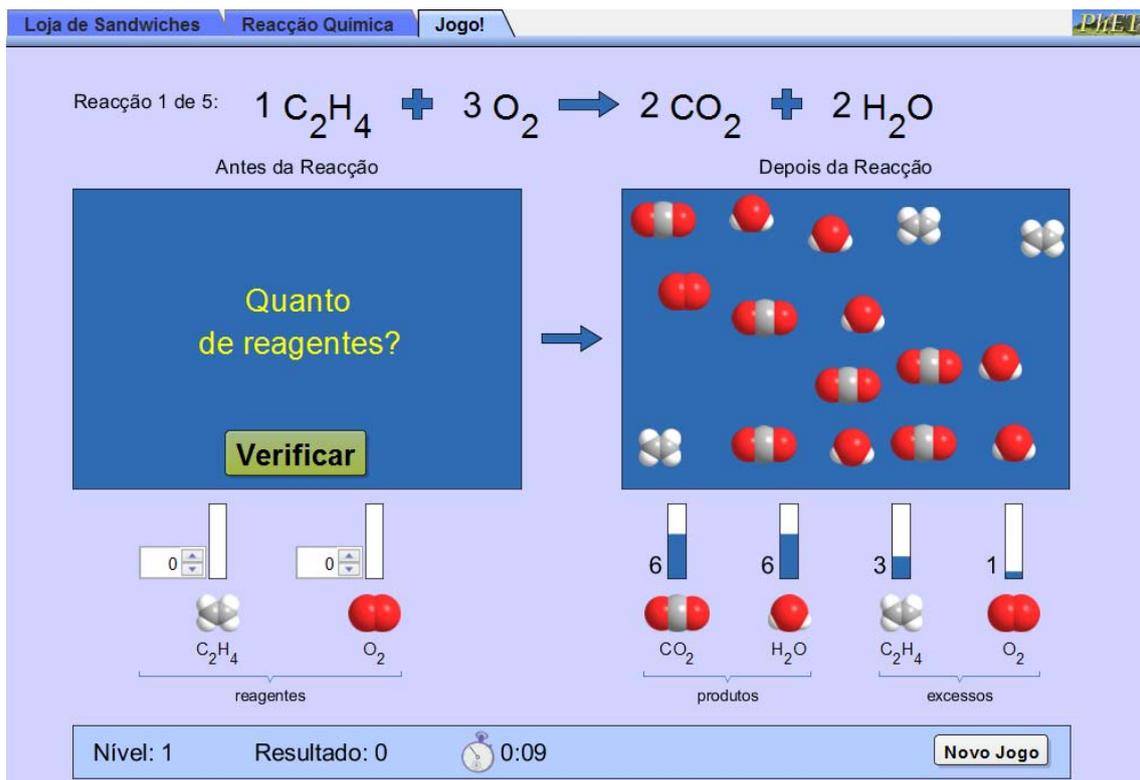


Figura 8 – Imagem do primeiro jogo do simulador Reagentes, Produtos e Reagente em Excesso – Jogo!. Fonte: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers

Questionário:

Tendo em vista avaliar as aprendizagens adquiridas pelos alunos das turmas experimental e de controlo foi concebido um questionário, a ser aplicado no final da aula, com a duração de quinze minutos. Neste são colocadas apenas cinco questões de escolha múltipla, às quais os alunos devem responder com seriedade, e que estão direcionadas para a averiguação do cumprimento das metas referidas no guião da simulação. As questões colocadas serão as seguintes:

Considere a seguinte equação química: $3 A + 4 B \rightarrow 2 C + 3 D$. Para cada uma das questões que se seguem selecione a opção correta.

1 – Fez-se reagir 6 mol de A com 9 mol de B.

- O reagente em excesso é o reagente A.
- O reagente em excesso é o reagente B.
- Os reagentes estão na proporção estequiométrica, pelo que nenhum deles se encontra em excesso.

2 – Fez-se reagir 5 mol de A com 7 mol de B. No final da reação...

- ... só haverá C e D.
- ... haverá C, D e A.
- ... haverá C, D e B.

3 – Fez-se reagir 0,5 mol de A com 2 mol de B.

- O reagente limitante é o reagente A.
- O reagente limitante é o reagente B.
- Os reagentes estão na proporção estequiométrica, pelo que nenhum deles é limitante.

4 – Para se formarem 4 mol do produto de reação C, devem reagir...

... 6 mol de A com 8 mol de B.

... 6 mol de A com 4 mol de B.

... 3 mol de A com 4 mol de B.

5 – Fez-se reagir 2 mol de A com 3 mol de B. Formaram-se...

... 2 mol de C e 3 mol de D.

... 2 mol de C e 1,33 mol de D.

... 1,33 mol de C e 2 mol de D.

Os materiais utilizados nas aulas lecionadas, quer nas turmas de controlo quer nas turmas experimentais do 10º e do 11º anos de escolaridade, encontram-se em anexo, nomeadamente as transparências (anexo I) e os diapositivos (anexo II).

CAPÍTULO 4 – SELEÇÃO DE SIMULAÇÕES ONLINE DE FÍSICA E DE QUÍMICA

O primeiro objetivo deste estudo assenta, como foi referido anteriormente, numa pesquisa de simulações online aplicáveis nas aulas das disciplinas de Ciências Físico-Químicas (CFQ), do 3º ciclo do Ensino Básico e, também, nas aulas de Física e Química A (FQ A), do 10º e do 11º ano do Ensino Secundário do curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Para se dar cumprimento a este objetivo, começou por se efetuar uma análise documental detalhada dos programas em vigor, referentes às disciplinas atrás referidas. Na verdade, só conhecendo os objetos de estudo se poderá proceder ao levantamento das simulações online e fazer uma seriação adequada, selecionando as mais pertinentes face ao conteúdo programático em causa. Posteriormente, é feita a seleção de simulações online. Esta pesquisa centra-se no cumprimento dos objetivos programáticos em vigor, para cada ano de escolaridade. Visa, portanto, ir de encontro às temáticas que devem ser lecionadas, em Portugal, pelos professores de Física e Química e cujos conteúdos científicos sejam mais facilmente promovidos através do recurso a simulações.

4.1 – Programas curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico

A disciplina de CFQ faz parte do currículo dos 7º, 8º e 9º anos do 3º ciclo do Ensino Básico e está organizada em três períodos de 45 minutos semanais (Decreto-Lei nº 139/2012). Um destes períodos deve decorrer com a turma dividida em dois turnos, para que se possam realizar aulas laboratoriais.

Nas Orientações Curriculares para o Ensino Básico sugere-se uma interdisciplinaridade entre as disciplinas de CFQ e de Ciências Naturais. O programa refere que as Ciências Físicas e Naturais são apresentadas em dois níveis diferentes, que se interligam para dar sentido ao currículo, de uma forma global. Num primeiro nível, os autores (Galvão *et al.*, 2001) desenvolvem cada um dos temas organizadores através de uma abordagem

mais global, como a natureza da Ciência e a do Conhecimento Científico. Num segundo nível a abordagem é mais específica, referindo os conteúdos científicos que se pretendem desenvolver em cada disciplina. É de referir que os conteúdos se inserem numa temática central, pelo que se relacionam entre si. O objetivo é mostrar o carácter unificador de questões possíveis, chamando a atenção para os fenómenos que exigem explicações científicas provenientes de áreas do conhecimento diferentes.

Segundo Galvão *et al.* (2001) o desenvolvimento de competências exige o envolvimento do aluno no processo de ensino-aprendizagem, pelo que lhe deve ser proporcionado a vivência de experiências educativas diferenciadas. Estas vão de encontro, por um lado, aos seus interesses pessoais e, por outro, estão em conformidade com o que se passa à sua volta. São referidos três tipos de conhecimento:

- **Conhecimento substantivo** – é sugerida a análise e discussão de evidências, situações problemáticas, que permitam ao aluno adquirir conhecimento científico apropriado, de modo a interpretar e compreender leis e modelos científicos, reconhecendo as limitações da Ciência e da Tecnologia na resolução de problemas, pessoais, sociais e ambientais;
- **Conhecimento processual** – De acordo com Galvão *et al.* (2001), este tipo de conhecimento pode ser vivenciado através da realização de pesquisa bibliográfica, observação, execução de experiências, individualmente ou em equipa, avaliação dos resultados obtidos, planeamento e realização de investigações, elaboração e interpretação de representações gráficas onde os alunos utilizem dados estatísticos e matemáticos; e
- **Conhecimento epistemológico** – é proposta a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem êxitos e fracassos, persistência e modos de trabalho de diferentes cientistas, influências da sociedade sobre a Ciência, possibilitando ao aluno confrontar, por um lado, as explicações científicas com as do senso comum, por outro, a ciência, a arte e a religião.

Nas orientações curriculares (Galvão *et al.*, 2001) salienta-se que os alunos devem adquirir capacidades de raciocínio e de comunicação:

- No que concerne às capacidades de **raciocínio** é sugerido, sempre que possível, situações de aprendizagem centradas na resolução de problemas, envolvendo interpretação de dados, formulação de problemas e de hipóteses, planeamento de investigações, previsão e avaliação de resultados, estabelecimento de comparações, realização de inferências, generalização e dedução. As referidas situações devem promover o pensamento de uma forma criativa e crítica, relacionando evidências e explicações, confrontando diferentes perspetivas de interpretação científica, construindo e/ou analisando situações alternativas que exijam a proposta e a utilização de estratégias cognitivas diversificadas; e
- Relativamente às capacidades de **comunicação** são referidas experiências educativas que incluam uso da linguagem científica, mediante a interpretação de fontes de informação diversas com distinção entre o essencial e o acessório, a utilização de modos diferentes de representar essa informação, a vivência de situações de debate que permitam o desenvolvimento das capacidades de exposição de ideias, defesa e argumentação, o poder de análise e de síntese e a produção de textos escritos e/ou orais onde se evidencie a estrutura lógica do texto em função da abordagem do assunto. Sugere-se que estas experiências educativas contemplem também a cooperação na partilha de informação, a apresentação dos resultados de pesquisa, utilizando, para o efeito, meios diversos, incluindo as novas tecnologias de informação e comunicação.

Galvão *et al.* (2001) sugerem, ainda, a implementação de experiências educativas onde o aluno desenvolva atitudes inerentes ao trabalho em Ciência, como sejam a curiosidade, a perseverança e a seriedade no trabalho, respeitando e questionando os resultados obtidos, a reflexão crítica sobre o trabalho efetuado, a flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza, a reformulação do seu trabalho, o desenvolvimento do sentido estético, de modo a apreciar a beleza dos objetos e dos fenómenos físico-naturais, respeitando a ética e a sensibilidade para trabalhar em Ciência, avaliando o seu impacto na sociedade e no ambiente.

De acordo com o que atrás foi exposto, as simulações surgem nas aulas de CFQ do Ensino Básico com o objetivo de ajudar a promover algumas competências nos alunos,

nomeadamente a aquisição de conhecimento processual, uma vez que as simulações permitem o planeamento e a realização de investigações, a interpretação de informação gráfica. Dado que os alunos têm um papel ativo no processo de ensino-aprendizagem, trata-se de um recurso que vai ao encontro das orientações curriculares. De facto, elas incentivam um ensino por descoberta e ajudam no desenvolvimento do pensamento de forma criativa e crítica.

Como competências específicas para as Ciências Físicas e Naturais Galvão *et al.* (2001) propõem a organização do programa de Ciências ao longo dos três anos que compõem o 3º ciclo de Ensino Básico em quatro temas gerais:

- Terra no Espaço;
- Terra em transformação;
- Sustentabilidade na Terra; e
- Viver melhor na Terra.

Segundo os autores do programa (Galvão *et al.*, 2001), a coerência conceptual e metodológica destes temas tem como ideia mais abrangente o esquema organizador apresentado na Figura 9. Este salienta a importância de explorar os temas numa perspetiva interdisciplinar, em que a interação Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente deverá constituir uma vertente integradora e globalizante da organização e da aquisição dos saberes científicos.

O primeiro tema – **Terra no espaço** – foca a localização do planeta Terra no Universo e sua inter-relação com este sistema mais amplo, bem como a compreensão de fenómenos relacionados com os movimentos da Terra e sua influência na vida do planeta. Encontra-se dividido em três capítulos:

- **Universo** – Neste capítulo procura-se dar resposta à questão “*O que conhecemos hoje acerca do Universo?*”, e pretende-se abordar conceitos como galáxia, estrela, planeta, sistema planetário, buraco negro, constelação, espaço vazio e quasar.

Pretende-se, ainda, estudar as dimensões do Universo, bem como as diferentes ordens de grandeza das distâncias no Universo.

- **Sistema Solar** – Neste capítulo começa-se por estudar os astros do Sistema Solar, caracterizando-se, seguidamente, os planetas que o constituem.
- **Planeta Terra** – Neste terceiro capítulo, sugere-se o uso de simulações para ajudar os alunos a explorar os movimentos da Terra, de modo a explicar a sucessão dos dias e das noites, as estações do ano, as fases da Lua e os eclipses da Lua e do Sol. Sugere-se, igualmente, o uso de simulações para ajudar os alunos a visualizar o movimento simultâneo dos planetas e satélites. No subcapítulo “Movimentos e Forças” estudam-se conceitos físicos como o de trajetória, força e velocidade média. Pretende-se que os alunos caracterizem o movimento da Terra à volta do Sol, assim como o da Lua à volta da Terra. Aborda-se a Lei da Gravitação Universal e deverá dar-se resposta à questão “*Porque não cai a Lua para a Terra?*”. Sugere-se que os alunos relacionem as fases da Lua com o fenómeno das marés e que distingam os conceitos de massa e de peso.

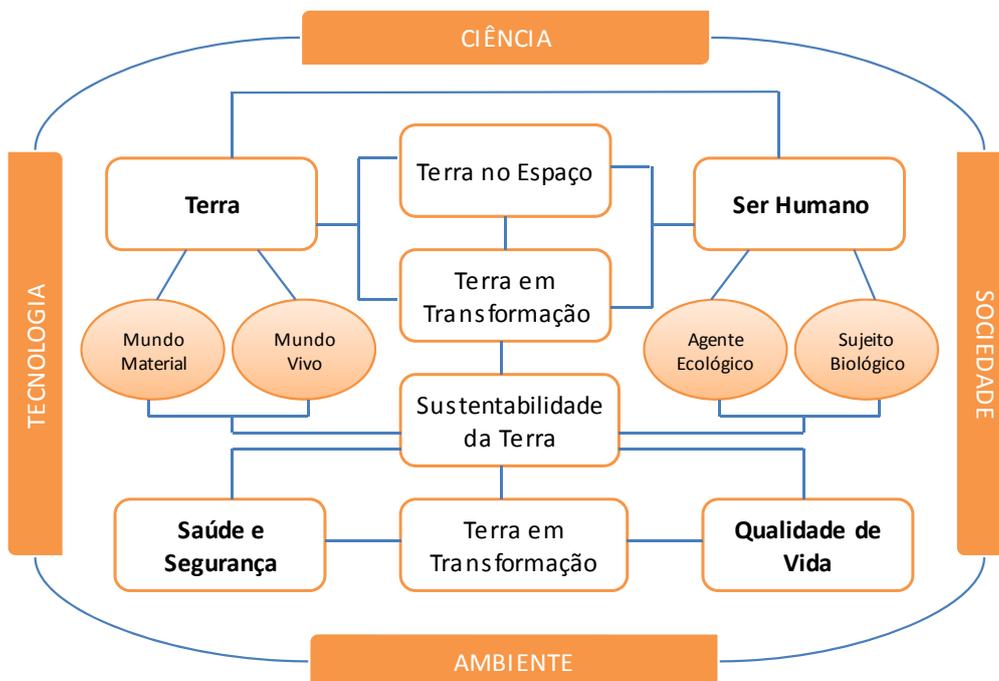


Figura 9 – Integração dos quatro temas gerais que compõe o programa do 3º ciclo do Ensino Básico. Adaptado de (Galvão *et al.*, 2001)

Com o segundo tema – **Terra em transformação** – pretende-se que os alunos adquiram conhecimentos relacionados com os elementos constituintes da Terra e com os fenómenos que nela ocorrem. Este tema encontra-se dividido em dois capítulos principais:

- **Materiais** – Este tema pode iniciar-se com a questão “*Como é constituído o mundo material?*”. Começa-se por estudar os materiais do nosso dia-a-dia e por classificá-los, usando diversos critérios. O estudo da classificação dos materiais em misturas de substâncias e substâncias puras faz parte deste capítulo, assim como a distinção entre misturas homogéneas, heterogéneas e coloidais. Seguidamente, estudam-se as propriedades físicas e químicas dos materiais sugerindo-se, neste contexto, a realização de uma atividade laboratorial de pesquisa. Em seguida estudam-se os processos de separação dos componentes de várias misturas sugerindo-se, igualmente, a realização de uma atividade prática. Por fim, desenvolve-se o subcapítulo “Transformações Físicas e Químicas”, começando-se por efetuar a distinção entre estas duas transformações. Estudam-se algumas propriedades das substâncias como a densidade, o ponto de fusão e o ponto de ebulição. Sugere-se a realização de experiências centradas nas mudanças de estado físico da água. Este subcapítulo é finalizado analisando algumas transformações químicas que ocorrem por a ação da corrente elétrica, a ação do calor, a ação da luz e a ação mecânica.
- **Energia** – Neste capítulo começa-se por discutir quais são as fontes e as formas de energia que nos rodeiam no nosso dia-a-dia. Sugerem-se trabalhos de pesquisa, em grupo ou individuais, onde os alunos estudem esta temática. Um conteúdo muito importante, que também se estuda nesta secção, é o das energias renováveis e não renováveis, aconselhando-se a abordagem de questões controversas e a discussão de diversos aspetos relacionados (e.g., científicos, tecnológicos, ambientais, económicos, sociais, éticos, artísticos). De seguida, no subcapítulo “Transferências de Energia”, são introduzidos os conceitos de energia potencial e de energia cinética explicando-se, através de exemplos concretos, a diferença entre transformação e transferência de energia. Sugere-se a representação, em diagrama, dos fluxos de energia para mostrar que a energia inicial foi transferida para diferentes objetos e/ou locais. Segue-se o estudo dos processos de transferência de energia sob a forma de calor (condução e convecção). Neste capítulo Galvão *et al.* (2001),

sugerem o desenvolvimento de um projeto como, por exemplo, a construção de uma casa ecológica, a construção de uma casa energeticamente eficiente ou a construção de uma quinta autossuficiente. Finalmente analisam-se os conceitos de conservação e de degradação de energia.

No terceiro tema – **Sustentabilidade na Terra** – 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. Para um desenvolvimento sustentável, a educação deverá ter em conta a diversidade de ambientes físicos, biológicos, sociais, económicos e éticos. Este tema encontra-se dividido em três capítulos:

- **Som e Luz** – No primeiro subcapítulo “Produção e Transmissão do Som”, pretende-se que os alunos conheçam como se produz e deteta o som, as suas características, a sua natureza e as suas aplicações. Galvão *et al.* (2001) sugerem que se comece por identificar diferentes sons e fontes sonoras (e.g., instrumentos musicais) passando-se, posteriormente, ao estudo das suas características (altura, intensidade e timbre). É sugerido que se realizem experiências para estudar a velocidade do som em diferentes meios. Finalmente, os alunos devem dar exemplos de sons com diferentes níveis sonoros e compará-lo, em termos de intensidade. No segundo subcapítulo, “Propriedades e Aplicações da Luz”, pretende-se que os alunos compreendam as propriedades e o comportamento da luz, bem como as suas aplicações. Começa-se por identificar sinais luminosos passando-se, de seguida, ao estudo de fenómenos de reflexão da luz em diversos espelhos, de refração em lâminas e lentes e de dispersão da luz. Galvão *et al.* (2001) sugerem uma abordagem de cariz experimental e sugerem, também, pesquisas sobre a constituição do olho humano, as doenças de visão e o modo de as prevenir e, também, sobre o funcionamento das fibras óticas e suas aplicações. É proposto o estudo das ondas, dando ênfase à distinção entre onda mecânica e eletromagnética, assim como à distinção entre onda longitudinal e transversal. Por fim, trata-se da caracterização das ondas em termos de frequência, comprimento de onda, período, amplitude e velocidade.

- **Reações Químicas** – Neste capítulo, Galvão *et al.* (2001) sugerem a realização de atividades experimentais para a implementação destes conteúdos. O primeiro subcapítulo “Tipo de Reações Químicas” inicia-se pela escrita de equações de palavras para representar reações químicas. Deve dar-se particular atenção à identificação de reagentes e dos produtos de reação e aos diferentes tipos de reações químicas (e.g., combustão, ácido-base, solubilidade e precipitação). No contexto das reações ácido-base, os alunos devem conhecer os diferentes indicadores ácido-base e saber usá-los para caracterizar algumas soluções do cotidiano. Devem, igualmente, pesquisar o que acontece à massa dos reagentes durante uma reação química (Lei de Lavoisier). No segundo subcapítulo “Velocidade das Reações Químicas” Galvão *et al.* (2001) sugerem que os alunos conheçam exemplos de reações químicas correntes e as classifiquem de acordo com a rapidez com que se processam. Destacam a importância de identificar os fatores que influenciam a velocidade das reações. Por fim, no terceiro subcapítulo “Explicação e Representação das Reações Químicas” pretende-se, numa primeira abordagem, que os alunos compreendam que a matéria tem estrutura, da qual depende as suas propriedades. É, pois, oportuno referir a diferença entre átomo e molécula. Seguidamente, passa-se à explicação dos estados físicos da matéria em termos da agregação corpuscular. De acordo com os autores do programa (Galvão *et al.*, 2001) a exploração de modelos, discutindo semelhanças e diferenças é uma estratégia a seguir. Programas de simulação em computador ilustrando a teoria cinético-molecular devem ser usados nesta fase, assim como a realização de experiências que permitam relacionar volume, pressão e temperatura de gases. Finalmente, deve introduzir-se a convenção universal para os símbolos químicos e distinguir entre substância elementar e substância composta. O capítulo termina com a escrita de equações químicas que traduzam reações químicas simples.
- **Mudança Global** – No primeiro subcapítulo “Descrição e Previsão do Tempo Atmosférico” pretende-se que os alunos tomem consciência da importância que o conhecimento do tempo atmosférico tem para a nossa sociedade e para a prevenção de desastres. É sugerido o planeamento e a construção de instrumentos simples que permitam estudar a variação da pressão atmosférica. Os alunos podem,

também, construir anemômetros, pluviômetros ou higrômetros e utilizá-los na escola. Sugere-se, também, a pesquisa sobre as formas de recolha de dados em meteorologia e sobre o papel dos satélites meteorológicos. O segundo e último subcapítulo denomina-se “Influência da Ação Humana na Atmosfera e no Clima”. O estudo deste tópico, tendo em conta o seu carácter interdisciplinar, deve ser realizado em coordenação com as Ciências Naturais e a Geografia. Sugere-se a realização de projetos centrados na identificação de poluentes atmosféricos, as suas possíveis causas, consequências e formas de minimização.

Galvão *et al.* (2001) referem que o quarto tema – **Viver Melhor na Terra** – pretende que os alunos compreendam que a qualidade de vida implica saúde e segurança numa perspetiva individual e coletiva. Este tema contempla três extensos capítulos:

- **Em trânsito** – No primeiro subcapítulo “Segurança e Prevenção”, os autores reforçam a importância da discussão de normas rodoviárias e da necessidade de as respeitar. No segundo subcapítulo “Movimento e Forças” propõe-se a construção e interpretação de gráficos posição vs tempo e velocidade vs tempo. Sugere-se que os alunos estimem a velocidade média de objetos em movimento e que depois planeiem e realizem experiências de modo a determiná-la. Os movimentos retilíneos (uniforme, uniformemente acelerado e uniformemente retardado) também fazem parte integrante deste subcapítulo, assim como o conceito de aceleração média. No estudo das forças que influenciam os movimentos, devem realizar-se atividades experimentais, relacionando a existência de repouso ou movimento retilíneo e uniforme com o valor da resultante das forças que atuam no corpo. Os conceitos de força de atrito (efeitos e fatores), força de ação e reação (2ª lei de Newton), lei da Inércia (1ª lei de Newton) integram, também, este subcapítulo.
- **Sistemas elétricos e eletrónicos** – Pretende-se que os alunos conheçam princípios básicos de eletricidade, as suas aplicações e os modos de produção e de distribuição. Além disso, devem ficar a conhecer as regras de segurança na utilização de materiais e dispositivos elétricos, conhecer os componentes básicos dos circuitos eletrónicos e as suas aplicações. No primeiro dos três subcapítulos que integram este tema, “Circuitos Elétricos e Eletrónicos”, Galvão *et al.* (2001) sugerem que os alunos

comecem por montar circuitos simples, identificar os componentes, medir a intensidade da corrente, a diferença de potencial entre dois pontos do circuito, analisar as transferências de energia e discutir as regras de segurança no manuseamento do equipamento elétrico. Através da experimentação, os alunos devem compreender o conceito de resistência elétrica e diferenciar um condutor de um isolador. Os autores destacam a importância da montagem de circuitos elétricos em série e em paralelo, que incluam motores elétricos e do estudo as suas características (e.g., potência elétrica, resistência interna e interiorizando o significado destas grandezas). Outros aspetos a explorar são os efeitos químicos, magnéticos e térmicos da corrente elétrica. No segundo subcapítulo, "Eletromagnetismo", o estudo inicia-se com o conceito de campo magnético que, por ser abstrato, os autores recomendam que se aborde através da realização de experiências com ímanes e limalha de ferro. Os alunos devem ser capazes de identificar objetos que tenham na sua constituição eletroímãs. Sugerem a realização de experiências que permitam aos alunos reconhecer a existência de correntes alternadas, distingam corrente contínua de corrente alternada e identifiquem as vantagens associadas ao uso desta última na produção e na distribuição de eletricidade. No terceiro subcapítulo "Circuitos Eletrónicos e Aplicações da Eletrónica" Galvão *et al.* (2001) pretendem que os alunos identifiquem componentes eletrónicos e compreendam as suas funções de controlo e regulação nos sistemas de que fazem parte. Sugerem a montagem de circuitos eletrónicos simples que incluam díodos, transístores, potenciómetros, condensadores e termístores de modo a estudar as características e a função de cada um deles.

- **Classificação dos materiais** – Este capítulo assenta na explicação das propriedades dos materiais que nos rodeiam, assim como na produção de novos materiais e substâncias. Encontra-se dividido em três subcapítulos. No primeiro, "Propriedade dos Materiais e Tabela Periódica (TP) dos Elementos", começa-se por estudar a organização da TP. Galvão *et al.* (2001) sugerem a aplicação de um jogo didático, com cartões. Em seguida passa-se à comparação entre os metais e os não metais. Propõem o estudo dos elementos da TP analisando algumas propriedades físicas e químicas (e.g., a reatividade de alguns elementos com o oxigénio e dos seus óxidos com a água), relacionando a reatividade com o lugar que ocupam na TP. Os

autores referem, também, que os alunos devem saber utilizar a TP para identificar os elementos que existem na natureza e distingui-los daqueles que são sintetizados em laboratório. No segundo subcapítulo, “Estrutura Atômica” Galvão *et al.* (2001) propõem que se comece por efetuar uma caracterização das unidades estruturais da matéria, atendendo às suas dimensões, constituição e representação. Deve ser explicado aos alunos as semelhanças das propriedades físicas e químicas das substâncias elementares estudadas atendendo à sua estrutura atômica e relacioná-la com a posição que ocupam na TP. Por último, no terceiro subcapítulo, “Ligação Química”, é sugerida a utilização da TP para agrupar as substâncias elementares e identificar o tipo de ligação química (metálica, covalente e iônica). Com base nas diferentes propriedades observadas para as substâncias compostas, deve fazer-se a distinção entre a ligação iônica e a ligação covalente. Finalmente, pretende-se realizar uma introdução simples à química orgânica, em particular estudar a composição e a estrutura de compostos orgânicos simples.

4.2 – Programas da disciplina de Física e Química A

A disciplina de FQ A é bienal e está inserida no curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, nos 10º e 11º anos de escolaridade. Está, atualmente, organizada em sete períodos de 45 minutos, dois de 90 minutos e um de 135 minutos com a turma dividida em dois grupos (aula de turnos), de forma a permitir a realização de aulas laboratoriais (Portaria nº 1322/2007, de 4 de outubro). Trata-se de uma disciplina que dá continuidade à disciplina de CFQ, do 3º ciclo do Ensino Básico e visa aprofundar os conteúdos de Física e de Química anteriormente lecionados.

Segundo Martins *et al.* (2001), as orientações para a disciplina de FQ A assentam em duas ideias principais:

- A compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade requer o recurso à interdisciplinaridade com vista a conciliar as análises fragmentadas que as visões analíticas dos saberes disciplinares fomentam e fundamentam; e

- A escolha de situações-problema do cotidiano, familiares aos alunos, a partir das quais se organizam estratégias de ensino-aprendizagem que irão refletir a necessidade de esclarecer conteúdos e processos da Ciência e da Tecnologia, bem como das suas inter-relações com a Sociedade e o Ambiente, proporcionando o desenvolvimento de atitudes e valores. A aprendizagem de conceitos e processos é de importância fundamental mas torna-se o ponto de chegada, não o ponto de partida. A ordem de apresentação dos conceitos passa a ser a da sua relevância e ligação com a situação-problema em discussão.

Neste currículo usa-se a abordagem *Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente*, onde se recorrem a grandes temas-problema da atualidade, com contextos relevantes para o desenvolvimento e aprofundamento dos conceitos. Martins *et al.* (2001) sublinham que o programa do 10º e do 11º anos pretende cobrir um conjunto de temas e conceitos de Química e de Física importantes para a consolidação da compreensão, ainda que simplificada, de alguns fenómenos naturais ou provocados, numa perspetiva de cidadania.

4.2.1 – Programa da disciplina de Física e Química A – 10º ano

O programa de 10º ano de Física e Química A está organizado, em cada componente, em duas unidades, precedidas de um Módulo Inicial, estruturadas em torno de um tema (Tabela 5). De acordo com os autores do programa (Martins *et al.*, 2001) os alunos terão oportunidade de alargar o modo de ver a Física e a Química e experimentar diversos modos de trabalho em grupo, em atividades práticas de cariz laboratorial ou não laboratorial. Salientam, ainda, que as aulas deverão ser organizadas de modo a que os alunos nunca deixem de realizar tarefas em que possam discutir pontos de vista, analisar documentos, recolher dados, fazer sínteses, formular hipóteses, fazer observações de experiências, aprender a consultar e a interpretar diversas fontes de informação, responder e formular questões, avaliar situações, delinear soluções para problemas, expor ideias oralmente e/ou por escrito. Recomendam, também, o recurso às tecnologias de informação e comunicação alertando, contudo, para a necessidade de uma cuidada análise crítica da informação disponível, no que diz respeito à correção científica/terminológica e à adequação aos alunos e aos fins a que se destina.

Tabela 5 – Programa de Física e Química A, referente ao 10º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2001)

Componente	Química	Física
Finalidade: Consolidar	Módulo Inicial – Materiais: Diversidade e Constituição	Módulo Inicial – Das Fontes de Energia ao Utilizador
Finalidade: Sensibilizar e Aprofundar	Unidade 1 – Das Estrelas ao Átomo	Unidade 1 – Do Sol ao Aquecimento
	Unidade 2 – Na Atmosfera da Terra: Radiação, Matéria e Estrutura	Unidade 2 – Energia em Movimentos

Componente de Química

O Módulo Inicial, cujos conteúdos se apresentam na Tabela 6, tem como finalidade a sistematização dos saberes mais relevantes, para a componente de Química, previstos nos programas do 3º ciclo do Ensino Básico. A tónica deste módulo coloca-se no reforço da ideia de que tudo à nossa volta, incluindo nós mesmos, é feito de substâncias, nas quais se encontram moléculas. A Química debruça-se sobre estas moléculas, estudando e manipulando todas as formas de matéria, incluindo a que compõe o mundo natural em que vivemos (Martins *et al.*, 2001).

Tabela 6 – Objeto de ensino do Módulo Inicial da componente de Química do 10º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2001)

Objeto de Ensino – Módulo Inicial de Química
<p>0.1 – Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Qual a origem; ♦ Que constituição e composição; ♦ Como se separam constituintes (Atividade Laboratorial 0.0); e ♦ Como se explica a sua diversidade.
<p>0.2 – Soluções</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Quais e quantos os componentes; ♦ O que são soluções aquosas; e ♦ Composição quantitativa de soluções.
<p>0.3 – Elementos Químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ O que são e como se organizam; e ♦ Átomos diferentes do mesmo elemento.

A Unidade 1 da componente de Química, cujos conteúdos se apresentam na Tabela 7, é composta por duas partes. A primeira refere-se à perspetiva histórica dos átomos, dos elementos e das partículas sub-atómicas. A segunda parte refere como o conhecimento das propriedades dos elementos foi organizado na TP. Segundo Martins *et al.* (2001), *“trata-se de uma longa história que começa no início dos tempos, o Big-Bang origem do Universo, e pretende terminar, por agora, no modelo mais atual do átomo. Tudo no Universo, as estrelas, os buracos negros, a Lua, a Terra, nós próprios e a folha de papel onde este texto está escrito, faz parte das cenas desta história. O papel principal cabe, contudo, ao hidrogénio, o elemento mais abundante do Universo, o primeiro a ser formado a partir das partículas diferenciadas nos primeiros momentos, após a grande explosão e que vai servir de “combustível” para fabricar os outros elementos. São as estrelas que compõem o cenário onde se desenrolam estas espetaculares reações nucleares, autênticos berços de novos elementos e, como tal, merecem o devido destaque na primeira parte desta Unidade. A teoria da formação das estrelas e o modo como evoluem é uma das maiores produções científicas do século XX. É a partir dela que melhor se compreende como surgiram os elementos e como se encontram distribuídos pelo Universo”*.

No contexto, anteriormente descrito, devem-se estudar as escalas de comprimento, de tempo e de temperaturas adequadas e procurar dar resposta à questão *“De onde vêm os elementos químicos?”*.

A partir da radiação emanada das estrelas, que é função da sua temperatura e composição, os autores do programa conceberam a segunda parte da Unidade 1. De acordo com Martins *et al.* (2001) *“os cientistas aprenderam a analisar essa radiação utilizando uma das mais poderosas “ferramentas analíticas” conhecidas atualmente, a espectroscopia. Desta análise, é possível deduzir a composição das estrelas, em termos dos elementos que as constituem. O objetivo é interpretar os seus espectros de absorção de riscas, sendo que, cada conjunto de riscas a que está associada uma determinada gama de energia, corresponde a um elemento. Do mesmo modo que absorvem radiação de uma certa energia, as estrelas também emitem radiação cuja energia está contida no espectro eletromagnético, aqui caracterizado apenas pelas energias associadas a cada gama das radiações que o compõem, não se fazendo alusão, neste momento, à frequência ou ao comprimento de onda.”*

Para dar resposta às questões “*Como se conhece a constituição dos átomos?*” e “*Qual é a estrutura de um átomo?*”, torna-se importante aprofundar o modelo quântico. Finalmente, com o objetivo de se estabelecer a relação entre a estrutura de um átomo e sua organização, prevê-se um aprofundamento da TP, destacando-se as propriedades periódicas.

Tabela 7 – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Química do 10º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2001)

Objeto de Ensino – Unidade 1 de Química
<p>1.1 – Arquitetura do Universo</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Breve história Universo; Teoria do Big-Bang e suas limitações; outras teorias; ♦ Escalas de tempo, comprimento e temperatura; ♦ Medição em Química (Atividade Laboratorial 1.1); ♦ Aglomerados de estrela, nebulosas, poeiras interestelares, buracos negros e sistemas solares; ♦ Processo de formação de alguns elementos químicos do Universo – As estrelas como “autênticas fábricas” nucleares; ♦ Algumas reações nucleares e sua aplicação – Fusão e fissão nuclear; e ♦ Distribuição atual dos elementos no Universo.
<p>1.2 – Espetros, Radiação e Energia</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Emissão de radiação pelas estrelas – Espetro de riscas de absorção; ♦ Espetro eletromagnético – Radiações e energia; ♦ Relação das cores do espectro do visível com a energia da ligação; ♦ Análise elementar por via seca (Atividade Laboratorial 1.2); e ♦ Aplicações tecnológicas da interação radiação-matéria.
<p>1.3 – Átomo de Hidrogénio e Estrutura Atómica</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Espetro do átomo de hidrogénio; ♦ Quantização de energia; e ♦ Modelo quântico (números quânticos, orbitais, princípio de energia mínima, princípio de exclusão de Pauli, regra de Hund, configuração eletrónica de átomos de elementos com $Z \leq 23$).
<p>1.4 – Tabela Periódica – Organização dos Elementos Químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Descrição da estrutura atual da TP; ♦ Breve história da TP; ♦ Posição dos elementos da TP e respetivas configurações eletrónicas; ♦ Variação do raio atómico e da energia de ionização na TP; ♦ Propriedades dos elementos e propriedades das substâncias elementares; e ♦ Identificação de uma substância e avaliação da sua pureza (Atividade Laboratorial 1.3).

Tanto o planeta Terra como a sua atmosfera sofreram evoluções permanentes ao longo do tempo. É nesta temática da atmosfera que se vai desenvolver toda a Unidade 2 de Química do 10º ano. Segundo Martins *et al.* (2001) a melhor forma de estudar as moléculas gasosas que compõem a atmosfera Terrestre, assim com a atmosfera de outros planetas do Sistema Solar, é o *"berço da sua origem. Os gases maioritários da atmosfera, envolvem-se em reações químicas variadas, de complexidade crescente e algumas das quais utilizam com muita eficiência a energia solar. É o caso da formação do ozono a partir do oxigénio. O nível crescente de oxigénio e ozono atmosféricos começaram a proteger a Terra dos raios ultravioleta, permitindo eventualmente a evolução biológica no solo e no mar. Com a existência de uma atmosfera e de uma superfície ricas em água e oxigénio, o clima da terra e a química da atmosfera assumiram um papel principal no desenvolvimento físico, químico e biológico do planeta e foram eles próprios, por sua vez, afetados à medida que as alterações que eles ajudaram a produzir alcançaram escalas globais."*

Para além das reações do ozono estratosférico deve-se, também, abordar os efeitos dos CloroFluorCarbonetos (CFCs) sobre a camada do ozono. Desta forma, os alunos poderão compreender o que é o buraco do ozono, qual a causa deste problema e como minimizá-lo. O tema dos CFCs permitirá o estudo dos alcanos, fórmulas de estrutura e nomenclatura. No contexto da atmosfera pretende-se, ainda, que os alunos adquiram conhecimentos sobre as principais moléculas que existiram/existem na atmosfera primitiva/atual da Terra. Em particular, sobre a fórmula de estrutura (notação de Lewis), a geometria, o tipo de ligações entre os átomos e algumas reações químicas em que participam. Torna-se, ainda, importante perceber que nas diferentes camadas da atmosfera existem espécies químicas diferentes, pois a interação da radiação com a matéria é distinta. As camadas da atmosfera não se diferenciam somente em termos de composição mas, também, pela variação da densidade, da pressão e da temperatura. Na Tabela 8 apresentam-se os conteúdos que constituem o objeto de ensino da Unidade 2 de Química.

Tabela 8 – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Química do 10º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2001)

Objeto de Ensino – Unidade 2 de Química
<p>2.1 – Evolução da Atmosfera – Breve História</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Variação da composição da atmosfera (componentes maioritários) ao longo do tempo e suas causas; ♦ Composição média da atmosfera atual (componentes principais e componentes vestigiais); ♦ Agentes de alteração da concentração de constituintes vestigiais da atmosfera (agentes naturais e antropogénicos); e ♦ Ação de alguns constituintes vestigiais da atmosfera nos organismos (dose letal).
<p>2.2 – Atmosfera: Temperatura, Pressão e Densidade em Função da Altitude</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Variação da temperatura e estrutura em camadas da atmosfera; ♦ Volume molar. Constante de Avogadro; ♦ Densidade de um gás – Relação volume/número de partículas a pressão e temperatura constantes e relação densidade/massa molar; ♦ Dispersões na atmosfera (soluções gasosas, coloides, suspensões e material particulado (Actividade Laboratorial 2.1); e ♦ Composição quantitativa de soluções: Concentração e concentração mássica; Percentagem em volume e percentagem em massa; mg/kg ou cm³/m³ (partes por milhão); e Fração molar.
<p>2.3 – Interação Radiação-Matéria</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Formação de iões na termosfera e na mesosfera: O_2^+, O^+ e NO^+; ♦ A atmosfera como filtro de radiação solar; ♦ Formação de radicais livres na estratosfera e na troposfera: HO^+, Br^+ e Cl^+; e ♦ Energia de ligação por molécula e energia de ionização por mole de moléculas.
<p>2.4 – O Ozono na Estratosfera</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ O ozono como filtro protetor da Terra; ♦ Filtros solares; ♦ Formação e decomposição do ozono na atmosfera; ♦ A camada do ozono; ♦ O problema científico e social do “buraco na camada do ozono”; ♦ Efeitos sobre o ozono estratosférico – O caso particular dos CFC’s; e ♦ Nomenclatura dos alcanos e de alguns dos seus derivados.
<p>2.5 – Moléculas na Troposfera – Espécies Maioritárias (N₂, O₂, H₂O e CO₂) e espécies vestigiais (H₂, NH₃ e CH₄)</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Modelo covalente da ligação química; ♦ Parâmetros de ligação: Energia de ligação, comprimento de ligação e ângulo de ligação. ♦ Geometria molecular

Componente de Física

Segundo Martins *et al.* (2001) o programa da componente de Física do 10º ano “desenvolve-se em torno da compreensão da Lei da Conservação da Energia, permitindo o enquadramento de diversos conceitos (de áreas como a Termodinâmica, a Mecânica e a Eletricidade) numa perspetiva de educação ambiental. Organiza-se, assim, em torno de duas ideias fundamentais – a conservação e a degradação da energia. Pouco perceptível na observação de fenómenos reais, a conservação da energia torna-se patente se, em primeiro lugar, for evidenciada a inevitável degradação. É, pois, por este segundo conceito estruturante que se prevê iniciar o estudo. O cálculo de rendimentos e a realização de balanços energéticos constituem meios de concretizar estes conceitos, demasiado abstratos, nesta fase da aprendizagem da Física”.

Tal como foi referido no Módulo Inicial da componente de Química, também este módulo tem como finalidade permitir a sistematização e consolidação de conhecimentos e competências essenciais, previstos nos programas do 3º ciclo do Ensino Básico. Na Tabela 9 apresentam-se os conteúdos que constituem o objeto de ensino do Módulo Inicial de Física.

Tabela 9 – Objeto de ensino do Módulo Inicial da componente de Física do 10º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2001)

Objeto de Ensino – Módulo Inicial de Física
<p>0.1 – Situação Energética Mundial e Degradação de Energia</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Fontes de energia e estimativas de “consumos” energéticos nas principais atividades Humanas; ♦ Transferências e transformações de energia; ♦ Degradação de energia. Rendimento; e ♦ Uso racional das fontes de energia.
<p>0.2 – Conservação de Energia</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Sistema, fronteira e vizinhança. Sistema isolado; ♦ Energia mecânica; ♦ Energia interna. Temperatura; ♦ Calor, radiação, trabalho e potência; e ♦ Lei da Conservação da Energia. Balanços energéticos.

Martins *et al.* (2001) conceberam a Unidade 1 da Componente de Física tendo como objetivo central *"a compreensão de que os fenómenos que ocorrem na Natureza obedecem a duas leis gerais (a 1ª e a 2ª Leis da Termodinâmica) que, em conjunto, regem a evolução do Universo. O modo como as mudanças se processam é condicionado por uma característica sempre presente, i.e., a conservação da energia em sistemas isolados"*. Os autores referem que *"o contexto global de fenómenos de aquecimento do quotidiano, começando pelo aquecimento da Terra em que se destaca o papel essencial da radiação solar permite aprofundar a aprendizagem da Lei da Conservação da Energia. Para compreender o estado de equilíbrio térmico quase-estável da superfície terrestre é necessário, para além de reconhecer o que é equilíbrio térmico e as implicações da lei Zero da Termodinâmica, adquirir alguns conhecimentos sobre emissão e absorção de radiação, acompanhados da interpretação física da lei de Stefan-Boltzmann. O deslocamento de Wien será estudado apenas a partir dos gráficos característicos da potência irradiada em função do comprimento de onda para diferentes temperaturas"*.

Como a energia solar é de extrema importância na sociedade atual, torna-se relevante o estudo dos painéis fotovoltaicos e dos coletores solares, devendo salientar-se as diferenças entre dois. O coletor solar servirá para o enquadramento das propriedades termodinâmicas dos materiais, assim como dos mecanismos de transferência de energia como calor, distinguindo entre a condução e a convecção. Martins *et al.* (2001) referem que *"este contexto bem como a referência a outros sistemas de aquecimento/arrefecimento de uso quotidiano permitirão trabalhar a Lei da Conservação da Energia no caso particular dos sistemas termodinâmicos – a 1ª Lei da Termodinâmica, calculando variações de energia interna por meio de trabalho, calor e/ou de absorção/emissão de radiação. Esta formulação da 1ª Lei da Termodinâmica, mais atual pois distingue calor de radiação eletromagnética, implica a definição calorimétrica de calor (energia transferida devido a uma diferença de temperaturas)"*.

Pretende-se que os alunos realizem uma atividade laboratorial sobre o conceito de capacidade térmica mássica e que resolvam exercícios sobre este conteúdo. Relativamente a transferências de energia na forma de trabalho, deverão ser dados exemplos reais (e.g., expansão/compressão de um gás, extensão de um fio).

Por fim, Martins *et al.* (2001) referem que *"a 2ª lei da Termodinâmica surgirá operacionalmente por meio de cálculos de rendimentos e interpretação de situações em que é patente a degradação de energia. A ênfase deve ser colocada no facto de, tal como nos processos analisados, em qualquer processo natural, a quantidade de energia útil ser inferior à quantidade de energia que lhe deu origem. Este facto evidencia a irreversibilidade dos processos que ocorrem espontaneamente na Natureza. Embora se mantenha constante a quantidade total de energia do Universo, este evolui num determinado sentido, i.e., o caminho da sempre inevitável degradação"*.

Nesta unidade está prevista a realização de quatro atividades laboratoriais:

- Atividade Laboratorial 1.1 – Absorção e emissão de radiação;
- Atividade Laboratorial 1.2 – Energia elétrica fornecida por um painel fotovoltaico;
- Atividade Laboratorial 1.3 – Capacidade térmica mássica; e
- Atividade Laboratorial 1.4 – Balanço energético num sistema termodinâmico.

Na Tabela 10 apresentam-se os conteúdos que constituem o objeto de ensino da Unidade 1 de Física.

Tabela 10 – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Física do 10º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2001)

Objeto de Ensino – Unidade 1 de Física
1.1 – Energia do Sol para a Terra <ul style="list-style-type: none">♦ Balanço energético da Terra: Emissão e absorção de radiação. Lei de Stefan – Boltzmann. Deslocamento de Wien; Sistema termodinâmico; Equilíbrio térmico. Lei Zero da Termodinâmica; e♦ A radiação solar na produção da energia elétrica – painel fotovoltaico.
1.2 – A Energia no Aquecimento/ Arrefecimento de Sistemas <ul style="list-style-type: none">♦ Mecanismos de transferência de calor: Condução e convecção;♦ Materiais condutores e isoladores do calor. Condutividade térmica;♦ 1ª Lei da Termodinâmica;♦ Degradação da energia. 2ª Lei da Termodinâmica; e♦ Rendimento.

Na Unidade 2 da componente de Física, cujos conteúdos se apresentam na Tabela 11, pretende dar continuidade à temática iniciada anteriormente, centrando-se o estudo nas transferências de energia na forma de trabalho, em sistemas puramente mecânicos. Martins *et al.* (2001) consideram imprescindível *"que o aluno identifique as diferentes contribuições para as variações de energia de um sistema (reconhecendo variações da sua energia cinética e potencial como um todo, bem como da sua energia interna). Porém, no caso de um sistema apenas em movimento de translação e quando as variações da sua energia interna não sejam tomadas em conta, o sistema pode ser representado por um único ponto, i.e., o seu centro de massa (modelo da partícula ou ponto material). O aluno deverá, assim, compreender as condições de validade da representação de sistemas complexos pelo respetivo centro de massa"*.

No estudo das quantidades de energia transferida, na forma de trabalho (realizado por forças constantes, embora atuando em qualquer direção), deverá dar-se ênfase à interpretação de situações em que se evidencie como deverá atuar a força de modo a contribuir para uma maior eficiência na transferência de energia ou, perante as forças a que o sistema está sujeito, em que sentido irão ocorrer as transferências de energia.

A segunda parte da unidade é dedicada à energia em movimentos de translação. O estudo inicia-se com o teorema da energia cinética, devendo eleger-se a interação gravítica como exemplo de forças conservativas. Estudando situações de realização de trabalho pela força gravítica, em deslocamentos diversos, é possível ilustrar a noção de força conservativa e chegar ao cálculo de variações de energia potencial gravítica. Segundo Martins *et al.* (2001) *"a aplicação destas noções ao movimento em planos inclinados não pretende que o aluno trabalhe considerações geométricas e relações trigonométricas. Privilegiando-se a interpretação física, deve enfatizar-se a aprendizagem da relação entre o trabalho realizado por uma força conservativa com a correspondente variação da energia potencial. Deve, pois, usar-se para o cálculo do trabalho realizado pelo peso de um corpo no seu deslocamento ao longo de rampas, a relação com a variação de energia potencial gravítica"*.

Tabela 11 – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Física do 10º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2001)

Objeto de Ensino – Unidade 2 de Física
2.1 – Transferências e Transformações de Energia em Sistemas Complexos – Aproximação ao Modelo da Partícula Material <ul style="list-style-type: none">♦ Transferências e transformações de energia em sistemas complexos (meios de transporte);♦ Sistema mecânico. Modelo da partícula material (centro de massa);♦ Validade da representação de um sistema pelo respetivo centro de massa;♦ Trabalho realizado por forças constantes que atuam num sistema em qualquer direção; e♦ Ação das forças dissipativas.
2.2 – Energia de Sistemas em Movimentos de Translação <ul style="list-style-type: none">♦ Teorema da energia cinética;♦ Trabalho realizado pelo peso;♦ Peso como força conservativa;♦ Energia potencial gravítica;♦ Conservação da energia mecânica;♦ Ação das forças não conservativas; e♦ Rendimento. Dissipação de energia.

Nesta unidade está prevista a realização de três atividades laboratoriais:

- Atividade Laboratorial 2.1 – Energia cinética ao longo de um plano inclinado;
- Atividade Laboratorial 2.2 – Bola saltitona; e
- Atividade Laboratorial 2.3 – O atrito e a variação da energia mecânica.

4.2.2 – Programa da disciplina de Física e Química A – 11º ano

O programa de 11º ano de Física e Química A está organizado, em cada componente, em duas unidades, estruturadas em torno de um tema, como se mostra na Tabela 12.

Tabela 12 – Programa de Física e Química A, referente ao 11º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2003b)

Componente	Química	Física
Finalidade: Sensibilizar e Aprofundar	Unidade 1 – Química e Indústria – Equilíbrios e Desequilíbrios	Unidade 1 – Movimentos na Terra e no Espaço
	Unidade 2 – Da atmosfera ao Oceano: Soluções na Terra e para a Terra	Unidade 2 – Comunicações

Componente de Química

Na Unidade 1 da componente de Química, cujos conteúdos se apresentam na Tabela 13, de acordo com os autores do programa (Martins *et al.*, 2003b), pretende salientar-se *"a importância social e económica da indústria química, geradora de bens de consumo da maior importância para os hábitos e estilos de vida que hoje são adotados nas sociedades desenvolvidas e em desenvolvimento, combatendo os perigos de visões doutrinárias sobre os impactos exclusivamente negativos para o ambiente que tais atividades acarretam. No entanto, não se descuidar a análise das implicações sobre o planeta e, em particular, sobre os seres humanos, que os produtos e sub-produtos industriais inevitavelmente ocasionam. Pretende-se que os alunos integrem na apreciação que fazem sobre a importância da produção industrial argumentos técnico-científicos, sociais e económicos e que reconheçam na atividade industrial um dos elementos caracterizadores da cultura atual. Esta intenção é particularmente perseguida ao prever-se uma visita a uma instalação industrial, previamente organizada, criteriosamente estruturada na sua realização e avaliada posteriormente"*

Muitas reações químicas ocorrem até se esgotar um dos reagentes. Não é o caso da síntese do amoníaco, pelo processo de Haber, que é uma reação incompleta. No contexto da síntese industrial do amoníaco devem introduzir-se os conceitos de sistemas reversíveis/irreversíveis, rendimento de um sistema químico, reagente limitante/reagente em excesso e equilíbrio químico. Devem ser explicados aos alunos os fatores que afetam um estado de equilíbrio, as implicações destas variações na constante de equilíbrio, assim como o Princípio de Le Chatelier.

Segundo Martins *et al.* (2003b) “o conceito de equilíbrio químico é muito importante, não só como construção teórica do domínio da Química conceptual, mas também porque é essencial para a compreensão de muitos fenómenos em áreas como ácido-base, oxidação-redução e solubilidade”. A importância do equilíbrio químico na atualidade reflete-se, particularmente, na indústria. A produção industrial do amoníaco, pelas suas importantes aplicações na sociedade atual, particularmente como matéria-prima no fabrico de fertilizantes, deve ser analisada com alguma profundidade. Devem ser debatidas as condições industriais (temperatura, pressão e o uso de catalisadores) que otimizam a sua produção.

Tabela 13 – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Química do 11º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2003b)

Objeto de Ensino – Unidade 1 de Química
<p>1.1 – O Amoníaco como Matéria-Prima</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Reação de síntese do amoníaco; ♦ Reações químicas incompletas; ♦ Aspectos quantitativos das reações químicas; ♦ Rendimento de uma reação química; ♦ Grau de pureza dos componentes de uma mistura reacional; e ♦ Amoníaco e compostos de amónio em materiais de uso comum (Atividade Laboratorial 1.1).
<p>1.2 – O amoníaco, a saúde e o ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Interação do Amoníaco com Componentes Atmosféricos; e ♦ Segurança na Manipulação do Amoníaco.
<p>1.3 – Síntese do Amoníaco e Balanço Energético</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Síntese do amoníaco e sistema de ligações químicas; e ♦ Variação de entalpia de reação em sistemas isolados.
<p>1.4 – Produção Industrial do Amoníaco</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Reversibilidade das reações químicas; ♦ Equilíbrio químico como exemplo de um equilíbrio dinâmico; ♦ Situações de equilíbrio dinâmico e desequilíbrio; ♦ A síntese do amoníaco como um exemplo de equilíbrio químico; ♦ Constante de equilíbrio químico (K) – Lei de Guldberg e Waage; ♦ Quociente da reação (Q); ♦ Relação entre K e Q e o sentido dominante da progressão da reação; ♦ Relação entre K e a extensão da reação; e ♦ Síntese do sulfato de tetraaminacobre (II) mono-hidratado (Atividade Laboratorial 1.2).

Tabela 13 (cont.) – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Química do 11º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins et al., 2003b)

Objeto de Ensino – Unidade 1 de Química
<p>1.5 – Controlo e Produção Industrial</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Fatores que influenciam a evolução do sistema reacional (concentração, pressão e temperatura); ♦ O Princípio de Le Chatelier; e ♦ Efeito da temperatura e da concentração no equilíbrio de uma reação (Atividade Laboratorial 1.3).

A Unidade 2 da componente de Química, cujos conteúdos se apresentam na Tabela 14, pretende, segundo Martins *et al.* (2003b), "*desenvolver a compreensão dos alunos sobre os sistemas aquosos naturais, distinguir águas próprias para vários tipos de consumo de outras, interpretar diferenças na composição de águas da chuva, de lençóis freáticos e do mar, pese embora o seu principal componente ser sempre o mesmo: a água. Para que esta interpretação possa ser alcançada desenvolvem-se conceitos do domínio do ácido-base e da solubilidade, nos quais o equilíbrio químico surge como conceito subsidiário. Uma abordagem simples de oxidação-redução também é prevista*".

As águas dos oceanos são soluções aquosas de extrema importância pelas suas implicações diretas nas condições atuais de vida no nosso planeta. Os oceanos constituem um gigantesco reservatório de dióxido de carbono dissolvido, auxiliando a regular a temperatura da troposfera. É o habitat de cerca de 250000 espécies de animais e plantas marinhos que são fontes de alimento para outros seres vivos, como os humanos. É, ainda, uma fonte de ferro, areia, fosfatos, magnésio, petróleo, gás natural e muitos outros valiosos recursos. A água dos oceanos é o principal interveniente do ciclo da água e é o solvente de muitos sólidos, líquidos e gases, pelo que promove a ocorrência de variadas reações químicas de importância crucial para a vida e para o ambiente. Deste modo, a temática do oceano serve de enquadramento para a lecionação de alguns conteúdos, como os equilíbrios ácido-base e de oxidação-redução, e as reações de precipitação e o equilíbrio de solubilidade.

Tabela 14 – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Química do 11º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2003b)

Objeto de Ensino – Unidade 2 de Química
<p>2.1 – Água da Chuva, Água Destilada e Água Pura</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Água da chuva, água destilada e água pura: composição química e pH; ♦ Ácido ou base: Uma classificação de alguns materiais (Atividade Laboratorial 2.1); ♦ pH como uma medida de acidez, de basicidade e de neutralidade; ♦ Concentração hidrogeniónica e o pH; ♦ Escala Sorensen; ♦ Ácidos e bases. Evolução histórica dos conceitos; ♦ Ácidos e bases segundo a teoria protónica (Brønsted-Lowry); ♦ Água destilada e água “pura”; ♦ Água destilada no dia a dia e auto-ionização da água; ♦ Aplicação da constante de equilíbrio à reação de auto-ionização da água – produto iónico da água a 25 °C (K_w); e ♦ Relação entre as concentrações do ião hidrogénio (H^+) ou oxónio (H_3O^+) e do ião hidróxido (OH^-).
<p>2.2 – Águas Minerais e de Abastecimento Público: A Acidez e a Basicidade das Águas</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Composições típicas e pH; ♦ VMR e VMA de alguns componentes de águas potáveis; ♦ Chuva “normal” e chuva ácida (Atividade Laboratorial 2.2); ♦ Ionização de ácidos em água; ♦ Ionização ou dissociação de bases em água; ♦ Reação ácido-base; ♦ Pares conjugados ácido-base: orgânicos e inorgânicos; ♦ Espécies químicas anfotéricas; ♦ Aplicação da constante de equilíbrio a reações de ionização de ácidos e bases em água; ♦ K_a e K_b como indicadores da extensão da ionização; ♦ Força relativa de ácidos e bases; ♦ Efeito da temperatura na auto-ionização da água e no valor do pH; ♦ Neutralização: uma reação de ácido-base (Atividade Laboratorial 2.3); ♦ Volumetria de ácido-base: ponto de equivalência, ponto final e indicadores; ♦ Dissociação de sais e ligação química; e ♦ Nomenclatura de sais

Tabela 14 (cont.) – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Química do 11º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2003b)

Objeto de Ensino – Unidade 2 de Química
<p>2.3 – Chuva Ácida</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Como se forma, se controla e se corrige; ♦ Ácidos e carbonatos; ácidos e metais; ♦ Reações de oxidação-redução – Perspetiva histórica; ♦ Número de oxidação: Espécie oxidada (reductor) e espécie reduzida (oxidante); ♦ Oxidante e reductor: um conceito relativo; ♦ Pares conjugados de oxidação-redução; ♦ Reação ácido-metal: A importância do metal; ♦ Série eletroquímica: O caso dos metais (Atividade Laboratorial 2.4); e ♦ Proteção de um metal usando um outro metal.
<p>2.4 – Mineralização e Desmineralização das Águas</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Composição química média da água do mar; ♦ Mineralização das águas e dissolução de sais; ♦ Solubilidade: solutos e solventes (Atividade Laboratorial 2.5); ♦ Solubilidade de sais em água: muito e pouco solúveis; ♦ Dureza da água: origem e consequências a nível industrial e doméstico; ♦ Dureza da água e problemas de lavagem (Atividade Laboratorial 2.6); ♦ Solução não saturada e saturada de sais em água; ♦ Aplicação da constante de equilíbrio à solubilidade de sais pouco solúveis: Constante do produto de solubilidade (K_s); e ♦ Dessalinização e correção da salinização.

Componente de Física

No programa de Física do 11º ano a história da física tem particular destaque. Martins *et al.* (2003b) pretendem evidenciar o caráter dinâmico da ciência, mostrando aos alunos que as teorias atualmente aceites substituíram outras, em cada época consideradas as mais plausíveis. De acordo com os autores do programa *"a vida nos países desenvolvidos sofreu, no último século, uma enorme mudança devida a aplicações de muitas descobertas da Física. É o caso da rádio e da televisão, dos computadores e da internet, dos raios X, do LASER e de outros exemplos bem conhecidos que influenciam, acompanham e muitas vezes determinam a vida atual. De facto, a descoberta das leis fundamentais que governam a Natureza tem tido uma profunda repercussão na Humanidade, pois estas conduziram a*

aplicações práticas que transformaram profundamente a economia, a medicina, os transportes e tantos outros aspetos das nossas vidas. Como exemplo, poderemos apontar a tecnologia do espaço que consegue colocar-nos em contacto quase instantâneo com qualquer ponto do globo por meio dos satélites de comunicações, previsões climáticas muito aproximadas devido aos satélites meteorológicos ou, ainda, navegação precisa para qualquer local da Terra, usando sinais provenientes de satélites do GPS (Global Positioning System)".

Deste modo, os temas "Espaço" e "Comunicações" integram o programa de Física do 11º ano. Este encontra-se dividido em duas Unidades. A primeira intitulada "Movimentos na Terra e no Espaço" visa o estudo dos principais efeitos das forças numa perspetiva integradora da cinemática e da dinâmica. A segunda Unidade, "Comunicações", trata um tema atual e cuja evolução e importância têm na Física a principal raiz.

A Unidade 1, cujos conteúdos se apresentam na Tabela 15, subdivide-se em dois capítulos, i.e., "Viagens com GPS" e "Da Terra à Lua" No primeiro capítulo os alunos terão a oportunidade de contactar com o funcionamento e aplicações práticas deste instrumento. Neste contexto irão rever a noção de coordenadas (geográficas e cartesianas) e a localização em referenciais. Pretende-se que os alunos se lembrem dos conteúdos de física lecionados no 9º ano, que constituem importantes pré-requisitos para o capítulo 2. Assim, devem rever os conceitos de posição, deslocamento, velocidade média, rapidez média e velocidade instantânea (Martins *et al.*, 2003b).

O segundo capítulo permite, segundo Martins *et al.* (2003b), "enquadrar movimentos de diversos tipos de corpos sujeitos à mesma interação, o que proporciona enfatizar o problema das condições iniciais. Por essa razão se escolheu a interação gravítica como conceito estruturante desta Unidade. Próximo da superfície terrestre, em que a ação gravitacional se poderá considerar uniforme, serão estudados movimentos retilíneos (queda e ascensão de corpos lançados verticalmente). O movimento circular (com aplicação ao caso dos satélites geoestacionários) surgirá da discussão da influência na trajetória que o corpo irá descrever, do ângulo entre as direções da velocidade inicial e da força aplicada longe da superfície terrestre. A título informativo, poderão ser dados como exemplos de movimentos curvilíneos assim originados, as trajetórias da Terra e outros planetas em volta do Sol ou a da Lua em volta da Terra. As condições de lançamento de um satélite

para que ele passe a descrever uma trajetória curvilínea em volta da Terra serão explicadas com base na exploração da experiência pensada de Newton".

O conceito de aceleração, assim como a 2ª e a 1ª Leis de Newton, serão introduzidos com o estudo dos movimentos retilíneos uniformemente variados e com o movimento retilíneo uniforme. Deve evitar-se uma memorização excessiva de expressões analíticas relacionadas com as características dos movimentos. O uso de calculadoras gráficas na sua dedução é útil, promovendo uma melhor interpretação do seu significado.

Tabela 15 – Objeto de ensino da Unidade 1 da componente de Física do 11º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2003b)

Objeto de Ensino – Unidade 1 de Física
<p>1.1 – Viagens com GPS</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Funcionamento e aplicações do GPS; ♦ Posição – coordenadas geográficas e cartesianas; e ♦ Tempo, trajetória e velocidade.
<p>1.2 – Da Terra à Lua</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Interações à distância e de contacto: As quatro interações fundamentais na Natureza; ♦ 3ª Lei de Newton; ♦ Lei da gravitação universal; ♦ Movimentos próximos da superfície da Terra; ♦ Aceleração; ♦ 2ª Lei de Newton; ♦ 1ª Lei de Newton; ♦ O movimento segundo Aristóteles, Galileu e Newton; ♦ Características do movimento de um corpo de acordo com a resultante das forças e as condições iniciais do movimento: <ul style="list-style-type: none"> Queda e lançamento na vertical com efeito de resistência do ar desprezável – movimento retilíneo uniformemente variado; Queda na vertical com efeito de resistência do ar apreciável – movimentos retilíneos acelerado e uniforme. Velocidade terminal; Lançamento horizontal com efeito de resistência do ar desprezável – composição de dois movimentos (uniforme e uniformemente acelerado); Movimentos retilíneos num plano horizontal (uniforme e uniformemente variado); ♦ Características e aplicações dos satélites geoestacionários; e ♦ Características do movimento dos satélites geoestacionários de acordo com as resultantes das forças e as condições iniciais do movimento: movimento circular com velocidade de módulo constante: velocidade linear e velocidade angular, aceleração, período e frequência.

Nesta unidade está prevista a realização de quatro atividades laboratoriais:

- Atividade Laboratorial 1.1 – Queda livre
- Atividade Laboratorial 1.2 – Será preciso uma força para que um corpo se mova?
- Atividade Laboratorial 1.3 – Salto para a piscina
- Atividade Laboratorial 1.4 – Satélite geostacionário

A unidade 2, cujos conteúdos se apresentam na Tabela 16, encontra-se dividida em dois capítulos. O primeiro trata o tema das Comunicações a Curtas Distâncias, enquanto o segundo capítulo aborda o tema das Comunicações a Longas Distâncias. Neste contexto proporciona-se a oportunidade de compreender como se realiza a transmissão de informação através do som e da radiação eletromagnética. No primeiro capítulo, serão recordados alguns conteúdos lecionados durante o 3º ciclo na disciplina de CFQ, tais como as características do som e das ondas sonoras. Martins *et al.* (2003b) salientam *“os cuidados a ter com a linguagem usada no ensino/aprendizagem da noção de meios de propagação. Muitas vezes a formulação “propagação através de um meio” reforça a conceção alternativa de a propagação de fenómenos deste tipo ser “ondas a passar através de um meio” e não a comunicação consecutiva da vibração de partículas do próprio meio, como é o caso do som”*.

Os alunos devem aprender a interpretar as Leis de Øersted e de Faraday, muito úteis para a compreensão do funcionamento do microfone e do altifalante, instrumentos que possibilitam a comunicação a curtas distâncias. Desta forma, deverá, ainda, ser introduzida a noção de fluxo magnético e de indução eletromagnética.

Segundo Martins *et al.* (2003b) *“os conceitos de campo elétrico e magnético serão estudados qualitativamente, em termos da sua origem, ação, características, zonas de maior ou menor intensidade, apenas a partir da observação de espectros elétricos e magnéticos e da sua representação pelas respetivas linhas de campo. Não se pretende o estudo de qualquer expressão de intensidade dos campos”*. A receção de informação através de ondas hertzianas está na base da comunicação a longas distâncias, pelo que os autores consideraram imprescindível o estudo dos processos de modulação quer em amplitude quer em frequência. Por fim, é fundamental aprofundar os fenómenos da reflexão, refração, reflexão total, difração e absorção, já estudados, superficialmente no 8º ano.

Na Unidade 2 está prevista a realização de três atividades laboratoriais:

- Atividade Laboratorial 2.1 – Osciloscópio;
- Atividade Laboratorial 2.2 – Velocidade do som e da luz; e
- Atividade Laboratorial 2.3 – Comunicação por radiação eletromagnética.

Tabela 16 – Objeto de ensino da Unidade 2 da componente de Física do 11º ano de escolaridade. Adaptado de (Martins *et al.*, 2003b)

Objeto de Ensino – Unidade 2 de Física
<p>2.1 – Comunicação de Informação a Curtas Distâncias</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Transmissão de sinais: <ul style="list-style-type: none"> Sinais; Propagação de um sinal – Energia e velocidade de propagação (modelo ondulatório); Onda periódica – Periodicidade no tempo e no espaço; e Sinal harmónico e onda harmónica. ♦ Som: <ul style="list-style-type: none"> Produção e propagação de um sinal sonoro; Som como onda mecânica; Propagação de um som harmónico; Espectro sonoro; e Sons harmónicos e complexos. ♦ Microfone e altifalante: <ul style="list-style-type: none"> Finalidades; Campo magnético e campo eléctrico. Unidades (Sistema Internacional); Linhas de campo; Fluxo magnético através de uma e de várias espiras condutoras; Indução eletromagnética; e Força eletromotriz induzida. Lei de Faraday.
<p>2.2 – Comunicação de Informação a Longas Distâncias</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ A radiação eletromagnética na comunicação; ♦ Modulação de ondas de rádio: trabalhos de Hertz e Marconi; e ♦ Transmissão de informação: <ul style="list-style-type: none"> Sinal analógico e sinal digital; Modulação de sinais analógicos, por amplitude e por frequência; Reflexão, refração, reflexão total, absorção e difração de ondas; e Bandas de radiofrequência.

4.3 – Simulações selecionadas

Embora o objetivo deste trabalho se centre no levantamento de simulações computacionais são, também, mencionadas algumas animações, por serem pertinentes e se enquadrarem como estratégia de ensino dos conteúdos a promover junto dos alunos.

A pesquisa que foi efetuada, usando os motores de busca *Google Scholar*, o *Google*, o *Science Direct* e o *b-on*. Este exercício mostrou que existe uma enorme diversidade de simulações e animações sobre temas científicos, em particular de Física e de Química. No entanto, muitas centram-se na explicação dos mesmos conteúdos, sendo umas mais atrativas e interessantes que outras, principalmente ao nível do aprofundamento da temática inerente à mesma. Foram, também encontradas várias animações e simulações destinadas à aprendizagem à distância, através da internet, o que se designa vulgarmente por *e-learning*. Nestas, as simulações eram intercaladas com vídeos e/ou animações, onde um professor expõe, oralmente, os conteúdos científicos. Estas últimas não se enquadram no perfil procurado, pois o que se pretende é um recurso educativo que sirva de auxílio ao professor, como estratégia de ensino-aprendizagem, e não algo que o substitua totalmente.

São de destacar dois sites que contêm simulações particularmente interessantes no âmbito da Física e da Química. O primeiro pertence à Universidade do Colorado e apresenta uma enorme diversidade de simulações, adequadas a variadas áreas científicas e muito atrativas do ponto de vista do design gráfico, podendo ser consultado em <http://phet.colorado.edu/>. O segundo, um pouco mais simples a nível gráfico, mas com simulações muito práticas e objetivas, pertence à Universidade de Toronto, podendo ser consultado em <http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/>.

Muitos investigadores criam “bancos de simulações” onde, tal como está a ser realizado neste estudo, selecionam simulações e agrupam-nas consoante a área temática em que se inserem. É o caso do “Mocho”, inserido numa página do Portal de Ensino das Ciências e de Cultura Científica que propõe, entre outras, a análise de diversas simulações dos sites acima referidos.

Por fim, salienta-se que todos os sites referidos nesta secção foram visitados, pela última vez, no dia 9 de setembro de 2013.

4.3.1 – Simulações aplicáveis no 7º ano de escolaridade

- 1**

Conteúdo Programático: Constituição do Universo; Constelações de estrelas

Simulador: Stellarium

Trata-se de um software interativo cujo download pode ser feito no site:
<http://www.stellarium.org/pt>

Descrição: Este programa permite visualizar o céu a três dimensões (hemisférios Norte e Sul), identificar galáxias, estrelas, planetas e satélites. Permite, ainda, o estudo das várias constelações. Trata-se, portanto, de um planetário digital.

Aplicação: Trata-se de um magnífico recurso de ensino, podendo ser usado para demonstrar os conteúdos teóricos que são expostos oralmente pelo professor.

- 2**

Conteúdo Programático: As fases da Lua

URL da simulação: http://sweet.ua.pt/a37868/lunar_phase3.swf

Descrição: Nesta simulação pode observar-se a Lua, iluminada pelo Sol, vista por um observador da Terra. É possível deslocar a Lua e visualizar a percentagem que se encontra iluminada nessa posição, assim como o nome da fase.

Aplicação: Poderá ser muito útil para ensinar as fases da Lua aos alunos, projetando-a para toda a turma.

- 3**

Conteúdo Programático: O movimento dos planetas e dos satélites

URL da simulação: http://phet.colorado.edu/sims/my-solar-system/my-solar-system_pt_BR.html

Descrição: Esta simulação permite construir um sistema próprio de corpos celestes e observar como estes se movem sob a ação da gravidade.

Aplicação: Pode ser projetado para os alunos visualizarem, por exemplo, os movimentos da Terra à volta do Sol e da Lua à volta da Terra, em simultâneo.

Conteúdo Programático: Estações do ano

URL da simulação:

http://astro.unl.edu/naap/motion1/animations/seasons_ecliptic.html

- 4 **Descrição:** Esta simulação explica, de forma interativa, as estações do ano. O utilizador pode movimentar a Terra, na sua órbita à volta do Sol, sendo informado do mês e da estação do ano nas várias posições. Mostra, também, para cada posição, a inclinação dos raios solares.

Aplicação: Poderá ser muito útil para explicar as estações do ano, numa aula teórica sobre esta temática.

Conteúdo Programático: Soluções concentradas e diluídas

URL da simulação: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/concentration

- 5 **Descrição:** Esta simulação permite aos alunos compreender os conceitos de solução concentrada e solução diluída, bem como adquirir o conhecimento de como se podem obter laboratorialmente.

Aplicação: Pode ser aplicada através da projeção para toda a turma ou, em alternativa, dividir a turma em pequenos grupos de alunos, onde estes trabalham com a orientação do professor e de um guião da atividade.

Conteúdo Programático: Estados físicos da matéria e transformação físicas

URL da simulação: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter-basics

- 6 **Descrição:** Trata-se de uma simulação simples onde se podem seleccionar várias substâncias e visualizar como se comportam quando estão nos diferentes estados físicos (sólido, líquido ou gasoso). Permite, ainda, aquecer ou arrefecer a amostra para visualizar as mudanças de estado físico.

Aplicação: Pode ser projetada para toda a turma, servindo de apoio à exposição oral do professor.

Conteúdo Programático: Fontes e formas de energia; Transferências e transformações de energia

URL da simulação: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-forms-and-changes

- 7 **Descrição:** Nesta simulação os alunos podem aquecer ou arrefecer alguns materiais, verificando como ocorre a transferência de energia na forma de calor. Podem, ainda, identificar várias fontes e formas de energia e criar diversos sistemas onde ocorrem transferências de energia, assim como identificar algumas transformações de energia que ocorrem num mesmo sistema.

Aplicação: A projeção desta simulação permitirá explorar com os alunos estes conceitos abstratos de forma mais atrativa e dinâmica.

4.3.2 – Simulações aplicáveis no 8º ano de escolaridade

- 1**

Conteúdo Programático: Ondas numa corda

URL da simulação: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string

Descrição: Esta simulação permite visualizar, numa corda, ondas mecânicas transversais e realça o conceito do movimento das partículas numa direção perpendicular à da direção de propagação da onda.

Aplicação: Pode projetar-se, ajudando os alunos a interiorizar que as partículas não se movem com a onda.

- 2**

Conteúdo Programático: Ondas de pressão (sonoras)

URL da simulação:
http://faraday.physics.utoronto.ca/1YearLab/Intros/StandingWaves/Flash/long_wave.html

Descrição: Esta simulação ilustra uma onda sonora (longitudinal) a propagar-se no ar. Representa o movimento das partículas constituintes do ar, assim como o gráfico da variação da amplitude (pressão) em função do tempo.

Aplicação: Poderá ser projetada para toda a turma, servindo de apoio à exposição oral do professor

- 3**

Conteúdo Programático: Ondas de rádio (eletromagnéticas)

URL da simulação: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/radio-waves

Descrição: Nesta simulação criam-se ondas de rádio entre uma estação emissora e um recetor, através da oscilação de cargas. Pode visualizar-se a onda eletromagnética criada, assim como os campos eletromagnéticos no espaço circundante.

Aplicação: Pode ser um bom recurso, quando projetado.

- 4**

Conteúdo Programático: Refração de frentes de onda

URL da animação:
<http://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/Waves/TwoMediums/TwoMediums.html>

Descrição: Nesta animação é possível visualizar frentes de onda a sofrerem refração, podendo verificar-se a variação da velocidade e do comprimento de onda na transição entre os dois meios.

Aplicação: Pode ser projetada, auxiliando o professor na explicação deste conteúdo científico.

- 5**
- Conteúdo Programático:** Fenômenos ondulatórios: reflexão, refração e reflexão total
- URL da simulação:** <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/Optics/Refraction/Refraction.html>
- Descrição:** Esta simulação ilustra os raios incidente, refletido e refratado, quando o primeiro passa do ar para o vidro e vice-versa. Possibilita, também, visualizar a reflexão total e determinar o ângulo crítico a partir do qual ocorre este fenômeno.
- Aplicação:** Pode ser projetada, tendo, portanto, um caráter demonstrativo.
- 6**
- Conteúdo Programático:** Formação de imagens em lentes convergentes
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/geometric-optics
- Descrição:** Esta simulação mostra a refração dos raios luminosos numa lente convergente e a formação da imagem. Permite visualizar as mudanças quando se altera a distância entre o objeto e a lente, o raio de curvatura da lente, o diâmetro ou o índice de refração da mesma.
- Aplicação:** Pode ser usada utilizando duas metodologias: projetando para toda a turma visualizar ou fazendo pequenos grupos de trabalho, cada um com um guião e acesso a um computador com ligação à internet.
- 7**
- Conteúdo Programático:** Caráter químico (ácido-base) e escala de pH
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/acid-base-solutions
- Descrição:** Esta simulação mostra como é constituída microscopicamente uma solução ácida, básica ou neutra. Permite simular a determinação do pH (a 25°C) usando papel indicador ou o medidor digital de pH.
- Aplicação:** É relevante ser mostrada aos alunos, independentemente da realização de uma atividade laboratorial, porque reflete a Teoria de Arrhenius, um ácido tem uma maior concentração de iões H_3O^+ , as bases uma maior concentração de HO^- e os materiais neutros apresentam igual concentração de ambos os iões. Permite uma abordagem a nível microscópico.
- 8**
- Conteúdo Programático:** Constituição de moléculas
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-a-molecule
- Descrição:** Esta simulação consiste num jogo onde os alunos têm que construir algumas moléculas simples.
- Aplicação:** Pode ser aplicado numa aula prática (aula em que a turma se encontra dividida em dois turnos), formando pequenos grupos de trabalho, tendo cada grupo acesso a um computador com ligação à internet.

- 9**
- Conteúdo Programático:** Acerto de equações químicas
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-chemical-equations
- Descrição:** Nesta simulação os alunos podem realizar um jogo didático que consiste no acerto de equações químicas.
- Aplicação:** É, tal como a anterior, um ótimo recurso para aplicar numa aula prática.
-
- 10**
- Conteúdo Programático:** Teoria cinético-molecular
- URL da simulação:**
<http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=%20123&cat=chemistry>
- Descrição:** Esta simulação mostra as propriedades dos gases. Permite visualizar o comportamento das moléculas de um gás quando se aumenta a pressão a temperatura constante, quando se aumenta a temperatura a volume constante, quando se aumenta a temperatura a pressão constante e quando se aumenta o número de partículas a pressão constante.
- Aplicação:** Pode ser usada numa aula teórica sobre as propriedades dos gases.

O programa curricular do 8º ano refere que os professores devem lecionar os estados físicos da matéria em termos de agregação corpuscular. Este tema é iniciado no 7º ano, durante a leção das “mudanças de estado físico”, pelo que a simulação 5, sugerida em 4.3.1, pode ser novamente explorada no 8º ano.

4.3.3 – Simulações aplicáveis no 9º ano de escolaridade

- 1**
- Conteúdo Programático:** Tempo de reação de um condutor
- URL da simulação:** <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=137>
- Descrição:** Nesta simulação o utilizador pode medir o tempo de reação, isto é, pode medir o tempo que demora desde que vê um sinal vermelho num semáforo até carregar no travão de um automóvel. Podem também verificar qual foi a distância de travagem e a distância de segurança.
- Aplicação:** Pode fazer-se a projeção e pedir a alguns alunos que se desloquem ao computador para jogar. Deste modo, todos os alunos podem visualizar os resultados da simulação.

- 2** **Conteúdo Programático:** Diferença entre distância e deslocamento
- URL da animação:**
<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/ClassMechanics/DisplaceDistance/DisplaceDistance.html>
- Descrição:** Trata-se de uma animação muito simples que permite distinguir entre deslocamento e distância percorrida.
- Aplicação:** Pode ser projetada, auxiliando o professor na explicação deste conteúdo científico.
-
- 3** **Conteúdo Programático:** Aceleração e gráficos velocidade versus tempo
- URL da simulação:**
<http://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/ClassMechanics/MotionDiagram/MotionDiagram.html>
- Descrição:** Esta simulação mostra um carro com uma velocidade inicial diferente de zero que se desloca retilineamente com aceleração constante, podendo esta ser controlada pelo utilizador. Pode visualizar-se a construção de um gráfico velocidade versus tempo, à medida que o carro se desloca.
- Aplicação:** Esta simulação pode ser projetada, servindo como recurso de ensino do movimento retilíneo e uniforme (MRU) e do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), acelerado e retardado.
-
- 4** **Conteúdo Programático:** Segunda lei de Newton e forças de atrito
- URL da simulação:**
http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-and-motion-basics
- Descrição:** Esta simulação permite explorar vários conceitos físicos. Através do jogo da corda, colocando jogadores a exercer forças de ambos os lados, os alunos podem compreender o conceito de força resultante. Nesta primeira etapa, o simulador apresenta vectorialmente as forças que atuam no centro de massa, assim como a força resultante. Na segunda etapa, é possível selecionar a força aplicada num objeto e a massa do mesmo, sendo-nos mostrada a velocidade. Nesta segunda parte, podem recapitular-se os conceitos de MRU e MRUV. Numa terceira parte, é aprofundado o tema das forças de fricção. É possível estudar o movimento de objetos fazendo variar a massa destes, o índice de atrito e a força aplicada. Por último, é possível verificar a relação matemática entre força resultante, massa e aceleração de um objeto, ou seja, analisa-se a segunda lei de Newton.
- Aplicação:** Trata-se de uma simulação muito completa, pelo que é pertinente a mesma ser aplicada numa aula prática, de turnos. Assim, sugere-se a formação de grupos de trabalho, tendo cada grupo acesso a um computador com ligação à internet. Os grupos trabalham de acordo com a orientação do professor, seguindo um guião da atividade.

- 5 **Conteúdo Programático:** Intensidade de corrente elétrica
- URL da animação:**
<http://faraday.physics.utoronto.ca/IYearLab/Intros/DCI/Flash/WaterAnalogy.html>
- Descrição:** Esta animação foi inspirada numa experiência realizada por Joe Vise, onde se estabelece uma analogia entre a corrente num circuito DC (corrente contínua) e uma corrente de água num tanque.
- Aplicação:** Pode ser projetada, ajudando os alunos a compreender o conceito de corrente elétrica.
-
- 6 **Conteúdo Programático:** Resistência elétrica e efeito de Joule
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/battery-resistor-circuit
- Descrição:** Esta simulação mostra o interior de uma resistência, tendo em vista a visualização o seu funcionamento. Permite ao utilizador selecionar a diferença de potencial, mostrando como os eletrões se comportam no interior da resistência elétrica indicando a intensidade de corrente e a temperatura.
- Aplicação:** Pode ser projetada, ajudando os alunos a compreender o efeito de Joule.
-
- 7 **Conteúdo Programático:** Condutividade elétrica
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/conductivity
- Descrição:** Esta simulação consiste numa experiência de condutividade. Pode verificar-se que os metais são bons condutores da corrente elétrica enquanto os plásticos não o são. Pode verificar-se, também, que os fotocondutores só conduzem a corrente elétrica quando sobre eles incide radiação eletromagnética.
- Aplicação:** Esta simulação pode ser projetada para exemplificar materiais bons e maus condutores.
-
- 8 **Conteúdo Programático:** Lei de Ohm
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/sims/ohms-law/ohms-law_pt_BR.html
- Descrição:** Esta simulação permite analisar a expressão matemática da Lei de Ohm, mostrando as relações entre as variáveis.
- Aplicação:** Pode ser projetada, ajudando os alunos a compreender a Lei de Ohm.

- 9**
- Conteúdo Programático:** Resistência equivalente
- URL da simulação:** <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap20/RR506a.htm>
- Descrição:** Nesta simulação, podem selecionar-se várias configurações de resistências em série ou em paralelo, ou uma combinação de ambas, alterar os valores das resistências que compõem o circuito e verificar o valor da resistência equivalente.
- Aplicação:** O professor pode projetar a simulação e efetuar o cálculo da resistência equivalente com os alunos comparando, seguidamente, os dois valores obtidos.
-
- 10**
- Conteúdo Programático:** Constituição do átomo; Distinção entre átomo e íão.
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-an-atom
- Descrição:** Esta simulação permite construir átomos dos vários elementos que constituem a TP, a partir dos prótons, elétrons e neutrões. São fornecidas informações sobre o elemento como o número atômico, o número de massa e a carga nuclear. Permite, ainda, fazer a distinção entre átomo e íão. A segunda parte desta simulação consiste num jogo didático sobre estes conteúdos científicos.
- Aplicação:** Pode projetar-se e pedir a cada aluno que jogue uma vez, ou formar pequenos grupos, de dois ou três alunos, que poderão jogar em equipa.
-
- 11**
- Conteúdo Programático:** Geometria molecular
- URL da simulação:**
http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecule-shapes
- Descrição:** Esta simulação permite a construção de moléculas em 3D. É possível selecionar o tipo de ligação covalente (simples, dupla ou tripla), bem como o número de pares de elétrons não ligantes. O simulador gera a molécula, apresentando informações relevantes, tais como a geometria da molécula e o ângulo de ligação.
- Aplicação:** Através da projeção desta simulação, o professor pode explicar mais facilmente os modelos de geometria molecular.

4.3.4 – Simulações aplicáveis no 10º ano de escolaridade

- 1**

Conteúdo Programático: Leitura com um micrómetro

URL da simulação:
<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Micrometer/Flash/MicSimulation.html>

Descrição: Esta simulação ilustra o procedimento com vista a efetuar a leitura de um comprimento usando um micrómetro. É possível selecionar comprimentos diferentes e visualizar o valor da respetiva leitura.

Aplicação: O URL do site pode ser facultado aos alunos na véspera de uma aula laboratorial, para que estes, individualmente, investiguem como se utiliza este instrumento de medição.

- 2**

Conteúdo Programático: Fusão nuclear de núcleos de hidrogénio

URL da animação:
[http://bcs.whfreeman.com/universe6e/pages/bcs-main.asp?s=00110&n=01000&i=18110.02&v=category&o=\[18000|01000\]&ns=0&t=&uid=0&rau=0](http://bcs.whfreeman.com/universe6e/pages/bcs-main.asp?s=00110&n=01000&i=18110.02&v=category&o=[18000|01000]&ns=0&t=&uid=0&rau=0)

Descrição: Trata-se de uma pequena animação que ilustra a fusão nuclear do hidrogénio, para formar hélio.

Aplicação: É um bom instrumento de ensino, podendo ser projetado, exemplificando uma fusão nuclear.

- 3**

Conteúdo Programático: Fusão nuclear de núcleos de hélio

URL da animação:
http://bcs.whfreeman.com/universe9e/default.asp#571828__574495__

Descrição: Trata-se de um conjunto de animações que ilustram algumas reações de fusão nuclear que ocorrem numa estrela gigante vermelha. Partindo de núcleos de hélio, ilustra a fusão do berílio, do carbono e do oxigénio.

Aplicação: É um bom instrumento de ensino, podendo ser projetado, exemplificando uma fusão nuclear.

- 4**

Conteúdo Programático: Fissão nuclear

URL da animação: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/nuclear-fission

Descrição: Esta animação ilustra a fissão nuclear do urânio e, em particular, o funcionamento de um reator nuclear onde se produz energia a partir destes núcleos.

Aplicação: Pode ser projetada, para ilustrar como ocorre a fissão nuclear do urânio.

Conteúdo Programático: Evolução dos modelos atômicos.

URL da simulação:

5 http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/hydrogen-atom

Descrição: Esta simulação descreve os principais modelos atômicos, dando a conhecer as principais características de cada um, bem como a sua evolução.

Aplicação: Através da projeção desta simulação, o professor pode explicar mais facilmente os modelos atômicos e a sua evolução ao longo do tempo.

Conteúdo Programático: Modelo de Bohr para o átomo de hidrogénio

URL da simulação:

6 <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/BohrModel/Flash/BohrModel.html>

Descrição: Nesta simulação é possível selecionar cinco valores diferentes de energia incidente e visualizar as excitações e desexcitações eletrónicas de um átomo de hidrogénio.

Aplicação: A sua projeção pode ser um recurso muito facilitador para a aprendizagem do Modelo de Bohr para o átomo de hidrogénio.

Conteúdo Programático: Espectros contínuo, descontínuo de absorção e descontínuo de emissão

URL da animação:

7 <http://bcs.whfreeman.com/universe6e/pages/bcs-main.asp?s=00110&n=01000&i=05110.02&v=category&o=|05000|01000|&ns=0&t=&uid=0&rau=0>

Descrição: Esta animação mostra a formação de um espectro contínuo e de dois espectros descontínuos, de absorção e de emissão.

Aplicação: É um bom instrumento de ensino, podendo ser projetado durante uma aula teórica sobre espectroscopia.

Conteúdo Programático: Espectro descontínuo de emissão

URL da animação:

8 <http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=124&cat=chemistry>

Descrição: Esta animação mostra como se forma um espectro de emissão de riscas. Primeiramente, mostra como surgem as riscas a partir de uma lâmpada de gás quente e, em seguida, representa as desexcitações eletrónicas num átomo de hidrogénio que originam essas mesmas riscas.

Aplicação: Esta animação pode ser mostrada aos alunos durante uma aula teórica sobre os espectros de emissão, sendo útil para a explicação de como surgem as riscas coloridas num espectro de emissão.

- 9** **Conteúdo Programático:** Efeito fotoelétrico
URL da simulação: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric
Descrição: Permite selecionar o comprimento de onda da radiação incidente, assim como a intensidade radiação, mostrando se são, ou não, ejetados elétrons de uma placa metálica.
Aplicação: A simulação poderá ser projetada e analisada com a turma. Em alternativa, poderão formar-se grupos de dois ou três alunos, facultar-lhes um computador e um guião de exploração.
- 10** **Conteúdo Programático:** Distribuição eletrónica
URL da simulação: <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/period/electron.htm>
Descrição: Esta simulação possibilita ao utilizador selecionar um número atómico, correspondente a um dado elemento, mostrando como se distribuem os elétrons desse elemento pelas várias orbitais, segundo a teoria quântica.
Aplicação: Pode ser projetado, para ilustrar a distribuição eletrónica segundo o diagrama de Pauling.
- 11** **Conteúdo Programático:** Energia envolvida na formação de uma molécula.
URL da animação:
<http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=51&cat=chemistry>
Descrição: Esta animação ilustra como varia a energia potencial durante a formação de uma molécula de dihidrogénio, a partir de dois átomos de hidrogénio separados, em função da distância internuclear.
Aplicação: Poderá ser projetada numa aula teórica sobre ligação química.
- 12** **Conteúdo Programático:** Conservação e dissipação de energia mecânica
URL da simulação: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park
Descrição: Trata-se de uma simulação que aprofunda vários conceitos físicos, desde a conservação à dissipação da energia mecânica. Mostra uma pista de skate onde vários objetos se podem movimentar, com ou sem atrito, podendo-se escolher o formato da pista, o coeficiente de atrito e a aceleração do objeto. Para o movimento, com os parâmetros escolhidos pelo utilizador, mostra gráficos da energia cinética, energia potencial, energia mecânica e energia interna em função do tempo.
Aplicação: Pode ser útil numa aula de cariz teórico-prático. O professor pode formar grupos de dois ou três alunos, com acesso a um computador, e preparar um guião de exploração da simulação, com questões às quais os alunos devem responder.

13

Conteúdo Programático: Energia na forma de trabalho

URL da simulação: <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap5/work/work.htm>

Descrição: Esta simulação mostra a relação entre a intensidade da força aplicada numa caixa e o trabalho dessa mesma força. Permite variar a massa da caixa e verificar que quanto maior esta é, mais energia na forma de trabalho é despendida no seu movimento. Permite, ainda, explorar como varia o trabalho de uma força em função da distância.

Aplicação: O professor pode projetar esta simulação, durante uma aula teórica sobre a definição de trabalho de uma força, a fim de demonstrar aos alunos que o trabalho de uma força é tanto maior, quanto maior for o deslocamento efetuado por ação dessa força e quanto maior for a intensidade da mesma.

14

Conteúdo Programático: Energia cinética e energia potencial gravítica no decurso do movimento de queda de uma bola

URL da simulação: <http://jersey.uoregon.edu/vlab/PotentialEnergy/index.html>

Descrição: Esta simulação mostra o movimento de queda de uma bola. Permite selecionar a massa da bola, a percentagem de energia perdida no impacto com o solo e a energia potencial inicial. Para os parâmetros escolhidos facultam os valores da altura inicial, da altura dos ressaltos e da velocidade final da bola. Desta forma, podem fazer-se cálculos verificando a conservação da energia mecânica durante a descida e durante a subida, assim como, o cálculo da energia dissipada durante a colisão com o solo.

Aplicação: Pode ser utilizada como um exercício de aplicação. Projeta-se para toda a turma, colocando aos alunos questões sobre o movimento da bola, às quais eles devem responder individualmente.

4.3.5 – Simulações aplicáveis no 11º ano de escolaridade

1

Conteúdo Programático: Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA). Gráficos posição vs tempo, velocidade vs tempo e aceleração vs tempo

URL da animação:

<http://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/ClassMechanics/ConstantAccel/ConstantAccel.html>

Descrição: Esta animação representa os gráficos posição vs tempo, velocidade vs tempo e aceleração vs tempo para o MRUA.

Aplicação: Pode ser projetada, permitindo analisar, sob o ponto de vista matemático este tipo de movimento.

- Conteúdo Programático:** 1ª lei de Newton
- URL da simulação:**
http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/mechanics_forces_gravitation_energy_interactive/work_kinetic_energy_theorem.htm
- Descrição:** Esta simulação ilustra uma experiência realizada com um carrinho e um corpo, ligados por um fio e uma roldana. O corpo é deixado cair, estudando-se o movimento do carrinho. São apresentados os gráficos da posição, da velocidade e da resultante das forças aplicada no carrinho em função do tempo. Trata-se de uma atividade que está incluída no programa de Física do 11º ano e tem como objetivo a verificação experimental da 1ª lei de Newton.
- Aplicação:** Na impossibilidade de realizar experimentalmente esta atividade, esta simulação é uma ótima alternativa. Pode conceber-se um guião, com questões pré e pós laboratoriais, formar pequenos grupos de trabalho, com acesso a um computador, e pedir-lhes que analisem a simulação e respondam às questões.
- 2
- Conteúdo Programático:** Comparação entre o lançamento vertical e o lançamento horizontal, com resistência do ar desprezável
- URL da simulação:**
<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/ClassMechanics/TwoBallsGravity/TwoBallsGravity.html>
- Descrição:** Nesta simulação o utilizador pode selecionar o valor da velocidade inicial de lançamento de duas bolas. Uma é lançada verticalmente e a outra horizontalmente. Permite visualizar as trajetórias das duas bolas, como varia o alcance com o valor da velocidade inicial no lançamento horizontal. Permite, ainda, mostrar que o tempo de voo é igual nas duas situações.
- Aplicação:** O professor pode questionar os alunos previamente sobre estas matérias, apresentando-lhes, posteriormente, a simulação discutindo, seguidamente, as respostas dadas pelos alunos.
- 3
- Conteúdo Programático:** Movimento de queda de um corpo com resistência do ar apreciável
- URL da simulação:**
http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/mechanics_forces_gravitation_energy_interactive/chronophotography_uniform_movement_constant_speed.htm
- Descrição:** Esta simulação visa o estudo do movimento de queda de um corpo, com resistência do ar apreciável. Permite ao utilizador deixar cair um corpo construindo, simultaneamente, os gráficos posição vs tempo e velocidade vs tempo. Se o corpo for lançado de uma altura pequena, mostra que se pode desprezar a resistência do ar.
- Aplicação:** Pode ser projetada, numa aula sobre o movimento de um paraquedista, para estudar este movimento.
- 4

- 5** **Conteúdo Programático:** Movimento Circular Uniforme (MCU)
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rotation
- Descrição:** Esta simulação mostra as características do movimento de rotação. Pode escolher-se a posição de uma joaninha (raio de uma circunferência), assim como de outros insetos. O simulador representa, no centro de massa dos insetos, para as posições escolhidas, os vetores velocidade e aceleração.
- Aplicação:** Pode ser projetada, permitindo aos alunos caracterizar os vetores velocidade e aceleração no MCU.
-
- 6** **Conteúdo Programático:** MCU como exemplo de um Movimento Harmônico Simples (MHS)
- URL da animação:**
<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/ClassMechanics/Circular2SHM/Circular2SHM.html>
- Descrição:** Esta animação demonstra que o MCU pode ser interpretado como uma forma de MHS. Enquanto um ponto roda com MCU, um gráfico $y(t)$, com uma função sinusoidal, é construído em simultâneo.
- Aplicação:** O professor pode apresentá-la aos alunos enquanto explica este conceito.
-
- 7** **Conteúdo Programático:** Linhas de campo elétrico criada por uma carga elétrica pontual
- URL da animação:**
<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/EM/FieldLines/FieldLines.html>
- Descrição:** Esta animação representa a linhas do campo elétrico criado carga pontual e mostra que quanto maior for o valor da carga, maior será a densidade das linhas de campo.
- Aplicação:** Pode ser projetada, facilitando a explicação deste conceito abstrato.
-
- 8** **Conteúdo Programático:** Linhas de campo elétrico criadas por uma carga elétrica pontual em movimento
- URL da animação:**
<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/EM/LightWave/Wave.html>
- Descrição:** Esta animação mostra as linhas de campo elétrico formadas por uma carga elétrica pontual em movimento.
- Aplicação:** Pode projetar-se, para ilustrar que um campo elétrico pode ser interpretado como uma onda.

- 9**
- Conteúdo Programático:** Campo eletromagnético
- URL da animação:**
<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/EM/EMWave/EMWave.html>
- Descrição:** Nesta animação pode visualizar-se uma carga elétrica em movimento e a criação de um campo eletromagnético. Visualizam-se dois campos, o elétrico e o magnético, perpendiculares entre si.
- Aplicação:** Pode projetar-se, facilitando a explicação oral desta temática.
-
- 10**
- Conteúdo Programático:** Funcionamento de um osciloscópio
- URL das animações:**
<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo1.html>
<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo2.html>
<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo3.html>
<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo4.html>
<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo6.html>
- Descrição:** Estas cinco animações pretendem ilustrar o funcionamento de um osciloscópio, mostrando como se regula a base de tempo, o controlo da diferença de potencial (amplitude do sinal) e o *trigger*. Permite visualizar diferentes sinais, alterando variáveis, como a frequência ou a amplitude do sinal.
- Aplicação:** É muito útil para explicar o funcionamento do osciloscópio aos alunos, principalmente nas escolas que não dispõem de orçamento para adquirir este aparelho, bastante dispendioso. Pode ser uma boa opção para substituir o osciloscópio numa aula prática. Podem formar-se pequenos grupos de alunos, facultando-lhes um computador com acesso à internet e um guião de exploração desta simulação.
-
- 11**
- Conteúdos Programáticos:** Lei de Faraday e gerador elétrico
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faraday
- Descrição:** Esta simulação pretende ilustrar a experiência realizada por Faraday. Permite visualizar a formação de uma corrente elétrica num solenoide, variando parâmetros como a intensidade do campo magnético criado por um íman em barra, a área das espiras e permite mover íman e/ou o solenoide. Conforme a intensidade da corrente elétrica criada, o brilho de lâmpada poderá ser maior ou menor. Permite, ainda, explicar o funcionamento de um transformador e de um gerador. Este é particularmente interessante, pois permite aos alunos aprender como se gera eletricidade numa barragem.
- Aplicação:** Como se trata de uma simulação muito completa pode preparar-se um guião de exploração dos vários conceitos e facultá-lo aos alunos que, divididos em pequenos grupos, com acesso a um computador, poderão aprofundar estas temáticas.

- 12** **Conteúdo Programático:** Reagente limitante e reagente em excesso
- URL da simulação:**
http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers
- Descrição:** Esta simulação traduz os conceitos de reagente limitante e reagente em excesso. Numa primeira parte permite escolher os ingredientes de uma sanduíche, mostrando quais estão em excesso. De seguida, permite ao utilizador escolher uma de três reações químicas, bem como a quantidade de cada reagente, mostrando uma imagem que permite identificar se, no final da reação, algum ficou em excesso. Propõe, também um jogo didático onde os alunos ganham pontos ao acertarem nas respostas.
- Aplicação:** Esta simulação pode ser projetada e analisada com os alunos. No final da aula poder-se-á aplicar o jogo onde cada aluno responderia a uma questão.
-
- 13** **Conteúdo Programático:** Princípio de Le Chatelier
- URL da simulação:**
<http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=%20120&cat=chemistry>
- Descrição:** Ajuda a interpretar o Princípio de Le Chatelier, em particular, o comportamento de um sistema reacional em equilíbrio quando ocorre uma variação da concentração de reagentes, da pressão e da temperatura.
- Aplicação:** Esta simulação pode ser projetada, auxiliando o professor na explicação do Princípio de Le Chatelier.
-
- 14** **Conteúdo Programático:** Fábrica de amoníaco
- URL da simulação:**
<http://www.fq.ciberprof.com/Produ%C3%A7%C3%A3o%20NH3%20haber%28preloader%29.swf>
- Descrição:** Esta simulação representa uma fábrica de amoníaco, onde o utilizador pode participar no papel de engenheiro químico, variando a temperatura e a pressão tendo em vista otimizar o processo de produção.
- Aplicação:** Depois de lecionar o Princípio de Le Chatelier, o professor pode projetar esta simulação e discutir com os alunos quais os fatores que podem aumentar o rendimento da síntese industrial do amoníaco.

- 15** **Conteúdo Programático:** Caráter químico e escala de pH
- URL da simulação:** http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/ph-scale
- Descrição:** Esta simulação mostra o pH de vários produtos do cotidiano, como leite, detergente, sangue e cerveja. Mostra a escala de pH e identifica com diferentes cores os íons H_3O^+ e HO^- , apresentando a concentração ou o número de moles de cada um. Realça que numa solução ácida a concentração de H_3O^+ é superior à de HO^- e que numa solução com carácter básico se passa o contrário.
- Aplicação:** O professor pode projetar esta simulação, como apoio à exposição oral desta temática.
-
- 16** **Conteúdo Programático:** Reações de precipitação – Efeito do ião comum
- URL da simulação:**
http://employees.oneonta.edu/viningwj/sims/common_ion_effect_s1.html
- Descrição:** Esta simulação permite selecionar um de quatro sais solúveis em água e um, entre quatro, sais insolúveis em água. O simulador permite ao utilizador escolher um valor para a concentração da solução inicial e a massa de sal insolúvel a adicionar. Indica se existe um ião comum, mostra a equação química de precipitação, calcula a solubilidade e a massa de precipitado que se forma.
- Aplicação:** O professor pode conceber um guião de exploração, com exercícios de aplicação e facultá-lo aos alunos. Pode pedir aos alunos que, individualmente, em casa, resolvam as questões colocadas. Numa aula posterior projeta a simulação, para toda a turma e faz a correção.
-
- 17** **Conteúdo Programático:** Dureza da água
- URL da simulação:**
<http://www.absorblearning.com/media/attachment.action?quick=v1&att=2224>
- Descrição:** Esta simulação mostra cinco tubos de ensaio com uma amostra de água. Permite adicionar a cada tubo, separadamente, íons sódio, íons cálcio, íons magnésio, íons lítio e íons potássio, mostrando se ocorre a formação de espuma ou de escuma.
- Aplicação:** Esta simulação é uma alternativa à atividade laboratorial sobre a dureza da água. Pode projetar-se e fazer-se a análise dos resultados com os alunos.

O programa curricular do 11º ano, na Unidade 1 de Física (Movimentos na Terra e no Espaço), refere explicitamente que os professores devem ensinar os alunos a interpretar os gráficos posição vs tempo, velocidade vs tempo e aceleração vs tempo associados aos movimentos retilíneos. Este tema é iniciado no 9º ano, pelo que as simulações 2, 3 e 4, sugeridas em 4.3.3, podem ser novamente exploradas. Também as simulações 1, 2, 3, 4 e 5, sugeridas em 4.3.2, podem ser novamente aplicadas no 11º ano, no âmbito da Unidade 2 (Comunicações).

CAPÍTULO 5 – IMPACTO DAS SIMULAÇÕES ONLINE NAS AULAS DE FÍSICA E QUÍMICA

Neste capítulo far-se-á a apresentação, análise e interpretação dos resultados do projeto concebido para avaliar o papel das simulações online nas aprendizagens dos alunos. A análise será feita com base nas respostas obtidas nos questionários aplicados quer nas turmas experimentais quer nas de controlo. Os resultados são analisados e discutidos tendo em conta as diferentes estratégias de ensino que foram aplicadas.

5.1 – Apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos com a amostra do 10º ano

Os resultados que se apresentam na Tabela 17, foram obtidos com base nas respostas dadas ao questionário, apresentado no ponto 3.2.1. O referido questionário foi aplicado no final do primeiro trimestre do ano letivo 2012/2013, na turma experimental e na de controlo do 10º ano do curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, no Colégio de Santa Doroteia, em Lisboa. Na turma experimental 28 dos 30 alunos que a compunham responderam ao questionário, enquanto na turma de controlo todos os 24 alunos responderam às mesmas questões.

Para poder fazer uma análise comparativa dos resultados obtidos nas duas turmas construiu-se o gráfico que se apresenta na Figura 10, onde se compara a percentagem de respostas corretas dadas pelos alunos das turmas experimental e de controlo.

Tabela 17 – Número de respostas corretas obtidas no questionário sobre o Efeito Fotoelétrico, aplicado nas turmas experimental e de controlo do 10º ano

Questão	Número de Respostas Corretas		
	1	2	3
Turma Experimental	27	28	27
Turma de Controlo	17	17	20

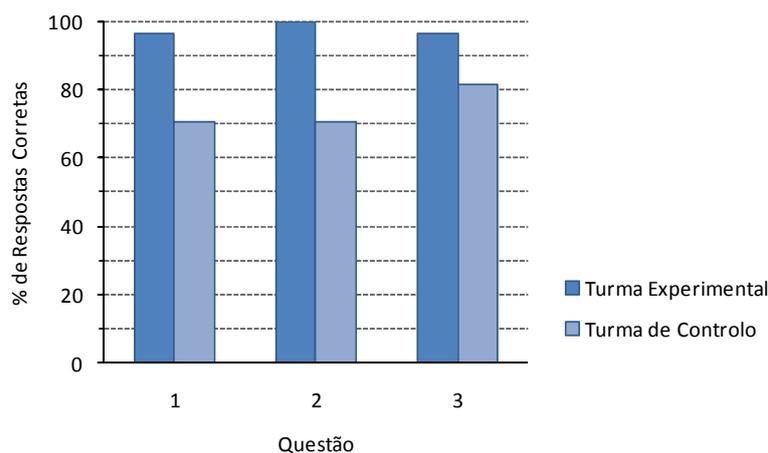


Figura 10 – Percentagem de respostas corretas obtidas no questionário sobre o Efeito Fotoelétrico, aplicado nas turmas experimental e de controlo do 10º ano

A análise do gráfico apresentado na Figura 10 mostra que a percentagem de respostas corretas, na turma experimental, a qualquer uma das três questões propostas, se situa no intervalo 95 % e 100 %. Na turma de controlo, por seu lado, a percentagem de respostas corretas situou-se entre 70 % e 85 %.

Os resultados, em ambas as turmas, podem ser considerados muito satisfatórios, embora os conseguidos pela turma experimental estejam num patamar superior. Tendo em vista fazer uma análise mais aprofundada e mais fundamentada dos resultados obtidos na amostra do 10º ano apresenta-se, na Tabela 18, para ambas as turmas, a classificação global média e a classificação média da disciplina de Física Química A, obtidas no final do 3º período do ano lectivo 2012/2013. A sua análise mostra que as médias finais globais de ambas as turmas são iguais (14,1 valores), apesar de na disciplina de Física e Química A a média da turma de controlo (13,3 valores) ser superior à da turma experimental (12,5 valores). No entanto, de acordo com os resultados deste estudo, apresentados no gráfico da Figura 10, a turma experimental obteve melhores resultados, próximo de 100 % de repostas corretas. Estes resultados parecem mostrar que os objetivos definidos para a aula foram atingidos e, conseqüentemente, pode afirmar-se que a estratégia implementada resultou muito bem.

O simulador do Efeito Fotoelétrico foi um sucesso junto dos alunos do 10º ano da turma experimental. Os mesmos manifestaram interesse, sentindo-se motivados para a aprendizagem desta temática, mesmo os alunos com mais dificuldades.

Tabela 18 – Classificações médias obtidas, no final do 3º período do ano letivo 2012/2013, pelas turmas do 10º ano envolvidas neste estudo, numa escala de 0 a 20 valores

	Média Final Obtida a FQ A	Média Final Global
Turma Experimental	12,5	14,1
Turma de Controlo	13,3	14,1

Na Tabela 19 apresentam-se as classificações qualitativas, em termos de *Insuficiente*, *Suficiente*, *Bom* e *Muito Bom* dos alunos que integram a turma experimental, em termos percentuais, obtidas no final do ano letivo 2012/2013. A sua análise mostra que a percentagem de alunos com classificação final de *Insuficiente* e de *Suficiente*, à disciplina de Física e Química A, é de 62,1 %. Este facto é muito contrastante com os resultados obtidos neste estudo (próximo de 100 % de respostas corretas) e parece mostrar que o recurso à simulação computacional possibilitou aos alunos, mesmo àqueles que revelaram mais dificuldades ao longo do ano, aprendizagens significativas.

Os resultados atrás apresentados são similares aos obtidos por outros autores. Tao e Gunstone (1999) investigaram a eficácia de simulações computacionais no processo de ensino-aprendizagem, concluindo que este recurso traz vantagens para este processo, pois leva os alunos a investigar e pensar profundamente no caso que lhes é apresentado. Geban *et al.* (1992) defendem que as experiências simuladas em computador produzem uma maior aquisição de conhecimentos. Zacharia (2003) sublinha que se trata de uma estratégia que conduz a uma relação favorável entre os alunos e a Ciência. Neste estudo, os resultados obtidos na amostra do 10º ano estão de acordo com os obtidos por estes autores. As simulações online facilitam a interpretação de Leis e Teorias Científicas, principalmente as mais abstratas, como é o caso do Efeito Fotoelétrico.

Tabela 19 – Classificações qualitativas obtidas à disciplina de Física e Química A, pela turma experimental, em percentagem, no final do ano letivo 2012/2013

Classificação qualitativa	Percentagem de alunos
Insuficiente (de 4 a 9,9 valores)	20,7
Suficiente (de 10 a 13,9 valores)	41,4
Bom (de 14 a 16,9 valores)	17,2
Muito Bom (de 17 a 20 valores)	20,7

5.2 – Apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos com a amostra do 11º ano

Os resultados que se apresentam na Tabela 20 foram obtidos com base nas respostas dadas ao questionário, apresentado no ponto 3.2.2. O referido questionário foi aplicado no final do segundo trimestre do ano letivo 2012/2013, na turma experimental e na de controlo do 11º ano do curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, no Colégio de Santa Doroteia, em Lisboa. Em ambas as turmas todos os alunos participaram no estudo, tendo-se obtido 24 questionários na turma experimental e 22 na de controlo.

Para poder fazer uma análise comparativa dos resultados obtidos nas duas turmas construiu-se o gráfico que se apresenta na Figura 11, onde se compara a percentagem de respostas correctas dadas pelos alunos das turmas experimental e de controlo.

Tabela 20 – Número de respostas corretas obtidas no questionário sobre Reagente Limitante e Reagente em Excesso, aplicado nas turmas experimental e de controlo do 11º ano

Questão	Número de Respostas Corretas				
	1	2	3	4	5
Turma Experimental	21	14	15	23	24
Turma de Controlo	21	17	21	17	18

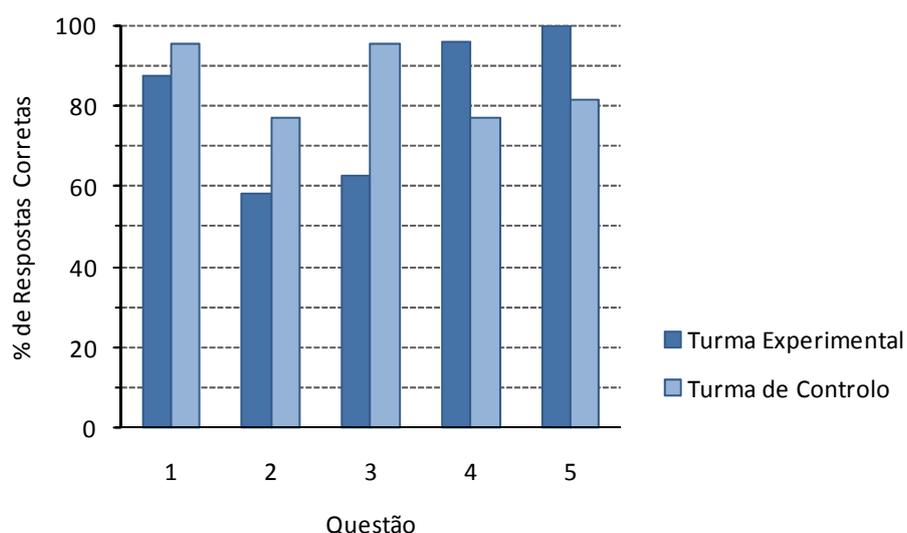


Figura 11 – Percentagem de respostas corretas obtidas no questionário sobre Reagente Limitante e Reagente em Excesso, aplicado nas turmas experimental e de controlo do 11º ano

A análise do gráfico apresentado na Figura 11 mostra que a percentagem de respostas corretas às questões 4 e 5, na turma experimental, se situa no intervalo 95 % e 100 %. Na turma de controlo, por seu lado, a percentagem de respostas corretas a estas questões situou-se entre 75 % e 85 %. No que concerne às questões 1, 2 e 3 os resultados mostraram uma tendência contrária à anterior. De facto, a percentagem de respostas corretas, obtida na turma de controlo, situou-se entre 77,3 % e 95,4 %. Já na turma experimental a referida percentagem variou entre 58,3 % e 87,5 %.

Tendo em vista fazer uma análise mais aprofundada e mais fundamentada dos resultados obtidos na amostra do 11º ano apresenta-se, na Tabela 21, para ambas as turmas, a classificação global média e a classificação média da disciplina de Física Química A, obtidas no final do 3º período do ano lectivo 2012/2013. A sua análise mostra que as médias finais globais de ambas as turmas são semelhantes (15 valores). No que à disciplina de Física e Química A diz respeito, a média da turma de controlo (14,5 valores) é ligeiramente superior à da turma experimental (14,2 valores), o que parece revelar que as turmas são homogéneas. Deste modo, levanta-se a questão: Quais serão as razões que permitem explicar/interpretar os resultados obtidos na amostra do 11º ano?

Uma explicação para o sucedido poderá estar relacionada com o facto de o Jogo Didático, associado à simulação sobre Reagente em Excesso e Reagente Limitante ter, na nossa ótica, a vantagem de obrigar os alunos a prever, mentalmente, o que se obtém de produtos de reação, quando se parte de uma determinada quantidade inicial de reagentes, usando a estequiometria da reação. A análise é feita através da visualização de imagens que ilustram as espécies químicas que se colocam a reagir bem como os produtos de reação que se obtêm. Os alunos raciocinam e aferem resultados através da interpretação das imagens da simulação. Tal é feito mentalmente, sem recurso a cálculos, em particular a regras de proporcionalidade direta, muito usadas nesta temática.

Tabela 21 – Classificações médias obtidas, no final do 3º período do ano letivo 2012/2013, pelas turmas do 11º ano envolvidas neste estudo, numa escala de 0 a 20 valores

	Média Final Obtida a FQ A	Média Final Global
Turma Experimental	14,2	14,9
Turma de Controlo	14,5	15,0

As questões 4 e 5 vão de encontro às questões colocadas no referido jogo didático, ao contrário das questões 1, 2 e 3, onde já são requeridos cálculos que a maioria dos alunos não faz mentalmente. No caso da turma de controlo a estratégia de ensino utilizada assentou numa explicação de um caso prático (síntese do amoníaco), que envolveu cálculos matemáticos, nomeadamente regras de proporcionalidade direta, realizados pela professora no quadro. Assim as questões 1, 2 e 3 foram mais acessíveis para os alunos desta turma dado que têm a possibilidade de as resolverem por “analogia”. Em contrapartida, nas questões 4 e 5, onde era exigida uma interpretação sobre as quantidades de produtos formadas, partindo de uma certa quantidade de reagente, estes alunos já não tiveram tão bons resultados.

Apesar de os resultados mostrarem tendências diferentes, a aplicação da simulação revelou resultados positivos, pelo que será benéfico enquadrá-la nas planificações das aulas de 11º ano desta temática. É um bom recurso para a compreensão da composição de um determinado sistema químico, antes e depois de ocorrer uma reação química, permitindo concluir sobre a existência de um reagente limitante ou de um reagente em excesso.

Neste estudo foi apresentada a planificação da primeira aula sobre a temática Reagente Limitante e Reagente em Excesso recorrendo a duas metodologias diferentes. Os resultados obtidos parecem mostrar que as duas metodologias se complementam. É importante reconhecer o reagente limitante através de cálculos associados à estequiometria da reação, o que foi feito com os alunos na turma de controlo. No entanto, o aprofundamento que foi realizado com os alunos da turma experimental, através de simulações que mostram a composição do sistema reacional antes e depois da ocorrência da reação química é, também muito importante, já que introduz nos alunos uma compreensão do verdadeiro significado de reagente limitante e reagente em excesso. Os alunos não se limitam a saber identificá-los, mas conseguem, também, perceber qual a composição de um determinado sistema químico depois de ter ocorrido uma reação química.

Atendendo ao que foi exposto, a estratégia que foi aplicada na turma experimental, onde foi usada uma simulação online sobre a temática da aula, será adequada como ponto de partida para a lecionação do conteúdo científico Reagente Limitante e Reagente em

Excesso. Numa segunda aula podem comprovar-se as análises teóricas discutidas anteriormente, através da simulação computacional, recorrendo a cálculos. As duas estratégias complementam-se, sendo importante aplicar ambas, em momentos distintos do ensino deste tema.

Martins *et al.* (2003a), num estudo efectuado sobre a aplicação de simulações laboratoriais nas aulas de Física e Química sugerem que a realização da simulação venha acompanhada por um roteiro de exploração e por um questionário, ao qual os alunos devem dar resposta. Os autores são de opinião que as simulações não devem ser usadas para substituir o trabalho experimental. O seu potencial deve ser aproveitado onde, por uma qualquer razão, o trabalho experimental não consegue ser um recurso útil, como no caso do estudo das linhas de força em eletrostática. Os resultados obtidos neste estudo, com a amostra do 11º ano, também apontam nesta direção. Na verdade, embora seja um recurso valioso, a simulação que se implementou na aula lecionada na turma experimental, por si só, não foi suficiente para introduzir aprendizagens nos alunos. No entanto, complementada com resolução de exercícios pode tornar-se uma estratégia muito eficaz.

Galvão *et al.* (2001), autores do programa do 3º ciclo do Ensino Básico, referem que o recurso a simulações computacionais é uma importante estratégia de aprendizagem por descoberta, que estimula a criatividade nos alunos. Os autores dos programas das disciplinas de Física e Química A do 10º ano (Martins *et al.*, 2001) e do 11º ano (Martins *et al.*, 2003b) sugerem, também, aplicação desta estratégia e indicam o URL de alguns sites da internet com simulações interessantes, como é o caso das simulações sobre a produção industrial do amoníaco (14) e sobre a dureza da água (17), apresentadas na secção 4.3.5. Por outro lado, os referidos autores salientam a importância da diversificação de estratégias no ensino. A utilização de simulações online nas aulas deve ser complementada com outras estratégias, como apresentações em *PowerPoint*, resolução de exercícios, desenvolvimento de mini-projetos, realização de atividades laboratoriais e visitas de estudo.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

Ao terminar este trabalho impõe-se olhar para trás a fim de analisar o percurso feito, equacionando de forma objetiva quais as metas que se conseguiram alcançar, de modo a perspetivar o trabalho futuro.

Este trabalho tinha, à partida, dois grandes objetivos. Se, por um lado, se pretendia fazer uma pesquisa das simulações computacionais, disponíveis online, e selecionar as mais interessantes e pertinentes, face aos Programas Curriculares em vigor, por outro, pretendia-se avaliar se as simulações são um bom recurso de ensino-aprendizagem de Física e de Química.

É nestes dois patamares que se situará a apresentação das conclusões gerais que foi possível extrair deste trabalho.

6.1 – Conclusões finais

O primeiro objetivo deste estudo consistia em fazer uma pesquisa e uma análise das simulações computacionais disponíveis online e que se poderiam articular com os programas curriculares em vigor para a disciplina de Ciências Físico-Químicas (7º, 8º e 9º anos do 3º ciclo do Ensino Básico) e para a disciplina de Física e Química A (10º e 11º anos do Ensino Secundário). No que concerne a este primeiro objetivo, analisando o capítulo 4, é possível retirar algumas conclusões.

Deve começar-se por referir que a diversidade de simulações disponíveis online na área das ciências e, em particular, na área de Física e da Química, é enorme. Foi possível encontrar simulações de variadas áreas da Física como Mecânica, Ótica, Eletromagnetismo, Luz e Ondas e Física Nuclear. No que respeita à Química, o nível de aprofundamento é muito variado, indo do simples conceito de Átomo e Molécula, passando pelo estudo das Propriedades Físicas e Químicas da Matéria, até ao estudo de Sistemas Reacionais Químicos e da Mecânica Quântica.

Na opinião dos autores, este estudo foi bastante frutífero. Foi possível destacar muitas simulações interessantes, tanto ao nível do conteúdo, como a nível da apresentação gráfica, e agrupá-las de acordo com a disciplina e o ano, onde os conteúdos inerentes à mesma devem ser lecionados. Esta pesquisa permitiu, portanto, fazer um levantamento de simulações disponíveis na internet (cujo download é gratuito), criando-se novos recursos de ensino-aprendizagem para professores e alunos, enquadrados nos Currículos Escolares de Portugal.

No que respeita ao segundo objetivo deste estudo, i.e., aferir a influência que uma abordagem mais moderna, com o recurso a simulações online, apresenta relativamente ao ensino tradicional, onde os professores explicam os conteúdos sem recorrer a apresentações multimédia, deve referir-se que também foi atingido.

Na amostra do 10º ano, o estudo realizado centrava-se no tema Efeito Fotoelétrico. Os resultados obtidos revelaram que a turma experimental apresentou melhor taxa de sucesso. Todos os resultados foram próximos dos 100 % de respostas corretas, ao contrário dos resultados obtidos na turma de controlo, onde as percentagens de respostas corretas rondaram os 70 %.

Relativamente à amostra do 11º ano, cujo tema era Reagente Limitante e Reagente em Excesso, os resultados não apontaram todos no mesmo sentido. A turma de controlo apresentou uma percentagem de respostas corretas superior à verificada na turma experimental nas questões 1, 2 e 3, o que revelou que a metodologia tradicional (explicação oral no quadro, com um exemplo concreto e usando cálculos matemáticos) foi mais eficiente do que a metodologia onde se recorreu a simulações computacionais. Já nas questões 4 e 5, de cariz mais teórico e de compreensão mais profunda, os alunos da turma experimental apresentaram uma melhor prestação. De facto, neste caso, ambas as estratégias se revelaram eficazes, embora a diferentes níveis, uma vez que o contexto das questões era, também, diferente. Se, por um lado, as simulações constituíram um recurso positivo, por outro, a estratégia de ensino tradicional não deixou de ser, também, muito importante.

Enquanto professores de Física e de Química, e depois de uma reflexão cuidada sobre este estudo, pensamos que os professores têm um papel importante no cumprimento das

metas curriculares e, especialmente, no sucesso escolar dos alunos. Para conseguirem alcançar este objetivo é fundamental motivarem os alunos para as aprendizagens, o que pode ser conseguido harmonizando as estratégias de ensino, tornando-o mais atrativo para os alunos. De facto, os instrumentos multimédia e, em particular, as simulações computacionais, são uma ótima forma de captar a atenção dos alunos, de exemplificar conceitos científicos mais abstratos, difíceis de compreender apenas com palavras, e de os ajudar a adquirir mais facilmente aprendizagens, através de modelos simultaneamente visuais e pictóricos.

No entanto, não somos de opinião que as simulações sejam o único caminho para o sucesso de professores e alunos. Como os resultados obtidos na amostra do 11º ano mostraram, existem outras estratégias que devem igualmente ser consideradas. Referimo-nos, concretamente à:

- Síntese de conteúdos usando o quadro e o giz, que ajuda os alunos a sistematizar os conhecimentos adquiridos, relacionando-os;
- Resolução de exercícios e problemas, que permitem a aplicação dos conhecimentos a situações concretas e avaliação da compreensão dos conceitos teóricos; e
- Realização de atividades experimentais, que estão incluídas nos currículos dos alunos e que são obrigatórias ao nível do ensino secundário.

Em suma, a conclusão final que se retira deste estudo, assim como de uma profunda reflexão pessoal (enquanto professores de Física e Química com alguns anos de experiência de lecionação) é que o recurso a simulações é uma excelente estratégia de ensino-aprendizagem, mas não deve ser única. Cabe ao professor planificar as suas aulas e optar pelas estratégias mais adequadas, conforme o objeto de ensino.

6.2 – Perspetivas futuras

Enquanto professores, empenhados no sucesso escolar dos alunos e na motivação dos mesmos pelas aprendizagens dos conteúdos científicos de Física e de Química, estamos

particularmente interessados nos resultados obtidos em estudos como este que presentemente se apresenta nesta dissertação e nas conclusões que eles permitem extrair.

O desenvolvimento desta investigação pretendeu, de alguma forma, explorar as simulações online enquanto um recurso didático disponível e adequado aos currículos em vigor, no nosso País. Pretendeu, também, avaliar a sua eficiência junto dos alunos, como uma estratégia de ensino-aprendizagem motivadora e eficaz. Contudo, embora estas conclusões possam ser um importante contributo, somos de opinião que as mesmas não podem ser generalizadas, pois o estudo foi realizado apenas numa escola (Colégio Particular), em quatro turmas do ensino secundário. Pensamos que um estudo mais pormenorizado, envolvendo alunos de um maior número de escolas do nosso País, particulares e públicas, seria um desafio particularmente aliciante.

A possibilidade de divulgar junto dos professores esta metodologia bastante atual e recente, de modo a envolver mais os alunos e torná-los mais interessados e participativos é, também, vista como uma perspetiva de trabalho futuro muito interessante.

Independentemente da realização de trabalhos futuros, terminamos com a convicção reforçada de que vale a pena diversificar as estratégias de ensino e investir no recurso a simulações computacionais, apesar de algumas condicionantes que possam existir. Fica a seleção de várias simulações online, devidamente enquadradas nos currículos do 3º ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário, em Portugal, assim como algumas sugestões de implementação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografia Geral

Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford, Estados Unidos da América: Oxford University Press.

Baddeley, A. D. (1999). *Human Memory*. Boston, Estados Unidos da América: Allyn & Bacon.

Baltzis, K. B. & Koukias, K. D. (2009). Using laboratory experiments and circuit simulation IT tools in an undergraduate course in analog electronics. *Journal of Science Education and Technology*, 18 (6): 546-555.

Beichner, R., Bernold, L., Burniston, E., Dail, P., Felder, R., Gastineau, J., Gjersten, M. & Risley, J. (1999). Case study of the physics component of an integrated curriculum. *American Journal of Physics* 67, S16: 16-24.

Belloni, M. & Christian, W. (2001). *Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material*. Boston, Estados Unidos da América: Addison-Wesley.

Chambliss, M. J. & Calfee, R. C. (1998). *Textbooks for Learning: Nurturing Children's Minds*. Oxford, Reino Unido: Blackwell Publishers.

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8 (4): 293-332.

Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y. & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51 (4): 1486-1498.

Chapman, N. & Chapman, J. (2009). *Digital Multimedia* (3^a ed.). Chichester, Reino Unido: John Wiley & Sons.

Chase, W. G. & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4: 55-81.

Chou, C. (1998). *The Effectiveness of Using Multimedia Computer Simulations Couples with Social Constructivist Pedagogy in a College Introductory Physics Classroom*. Nova Iorque, Estados Unidos da América: Teachers College, Columbia University.

Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2011). *E-learning and the Science of Instruction* (3ª ed.). São Francisco, Estados Unidos da América: Pfeiffer.

Clark, R. C. (2008). *Building Expertise: Cognitive Methods for Training and Performance Improvement* (3ª ed.). São Francisco, Estados Unidos da América: Pfeiffer.

Clark, R. E. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3 (3): 149-210.

Cook, L. K., & Mayer, R. E. (1988). Teaching readers about the structure of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 80 (4): 448-456.

Dalgarno, B., Bishop, A. G., Adlong, W. & Bedgood, D. R. (2009). Effectiveness of a virtual laboratory as a preparatory resource for distance education chemistry students. *Computers & Education*, 53 (3): 853-865.

de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68 (2): 179-201.

Decreto-Lei nº. 139/2012, de 5 de julho de 2012, Diário da República nº. 129, Série I-A (pp. 3476-3491) Lisboa, Portugal: Imprensa Nacional Casa da Moeda.

Duran, M. J., Gallardo, S., Toral, S. L., Martinez-Torres, R. & Barrero, F. J. (2007). A learning methodology using Matlab/Simulink for undergraduate electrical engineering courses attending to learner satisfaction outcomes. *International Journal of Technology and Design Education*, 17 (1): 55-73.

Eylon, B. S., Ronen, M. & Ganiel, U. (1996). Computer simulations as tools for teaching and learning: Using a simulation environment in optics. *Journal of Science Education and Technology*, 5 (2): 93-110.

Ferreira, V. (1998). As tecnologias interativas no ensino. *Química Nova*, 21 (6), 780-786.

Fluckiger, F. (1995). *Understanding Networked Multimedia: Applications and Technology*. New Jersey, Estados Unidos da América: Prentice-Hall.

Galvão, C., Neves, A., Freire, A. M., Lopes, A., Santos, M., Vilela, M., Oliveira, M. & Pereira, M. (2003). *Orientações Curriculares – 3º Ciclo*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação – Departamento do Ensino Básico.

Geban, O., Askar, P. & Özkan, I. (1992). Effects of computer simulations and problem-solving approaches on high school students. *Journal of Educational Research*, 86 (1): 5-10.

Gelbart, H., Brill, G. & Yarden, A. (2009). The impact of a web-based research simulation in bioinformatics on students understanding of genetics. *Research in Science Education*, 39 (5): 725-751.

Gibbons, N. J., Evans, C., Payne, A., Shah, K. & Griffin, D. K. (2004). Computer simulations improve university instructional laboratories. *Cell Biology Education*, 3 (4): 263-269.

Goldberg, F. (1997). Constructing physics understanding in a computer-supported learning environment. *AIP Conference Proceedings*, 399: 903-911.

Grayson, D. & McDermott, L. (1996). Use of the computer for research on student thinking in physics. *American Journal of Physics*, 64 (5): 557-565.

Heckler, V., Saraiva, M. & Filho, K. (2007). Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29 (2), 267-273.

Hoban, G., Loughran, J & Nielsen, W. (2011). Slowmation: Preservice elementary teachers representing science – knowledge through creating multimodal digital animations. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (9): 985-1009.

Jeung, H., Chandler, P. & Sweller, J. (1997). The role of visual indicators in dual sensory mode instruction. *Educational Psychology*, 17 (3): 329-343.

Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36 (2): 183-204.

Kiboss, J. K., Ndirangu, M. & Wekesa, E. W. (2004). Effectiveness of a computer-mediated simulations program in school biology on pupils learning outcomes in cell theory. *Journal of Science Education and Technology*, 13 (2): 207-213.

Leahy, W., Chandler, J. & Sweller, J. (2003). When auditory presentations should and should not be a component of multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 17 (4): 401-418.

Martinez-Jimenez, P., Pontes-Pedrajas, A. & Climent-Bellido, M. S. (2003). Learning in chemistry with virtual laboratories. *Journal of Chemical Education*, 80 (3): 346-352.

Martins, A. J., Fiolhais, C. & Paiva, J. (2003a). Simulações on-line no ensino de física e química. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 11 (2): 111-117.

Martins, I., Costa, J., Lopes, J., Simões, M., Simões, T., Bello, A., San-Bento, C., Pina, E., Caldeira, H., Magalhães, M., Patrício, A., Pinto, P. & Soares, S. (2001). *Programa de Física e Química A – 10º Ano*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário.

Martins, I., Costa, J., Lopes, J., Simões, M., Simões, T., Bello, A., San-Bento, C., Pina, E., Caldeira, H., Magalhães, M., Patrício, A. & Soares, S. (2003b). *Programa de Física e Química A – 11º Ano*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário.

Mayer, R. E. & Anderson, R. B. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 81 (4): 484-490.

Mayer, R. E. & Chandler, P (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages?. *Journal of Educational Psychology*, 93 (2): 390-397.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Nova Iorque, Estados Unidos da América: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2004). Should there be a three strikes rule against pure discovery learning?. *American Psychologist*, 59 (1): 14-19.

Mayer, R. E., Mathias, A. & Wetzell, K. (2002). Fostering understanding of multimedia messages through pre-training: Evidence for a two stage theory of mental model construction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8 (3): 147-154.

Mayer, R.E. (1996). Learning strategies for making sense out of expository text: The SOI model for guiding three cognitive processes in Knowledge construction. *Educational Psychology Review*, 8 (4): 357-371.

McKagan, S. B. Handley, W., Perkins, K. K. & Wieman, C. E. (2009). A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, 77 (1): 87-94.

Medeiros, A. & Medeiros, C. F. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24 (2): 77-86.

Meir, E., Perry, J., Stal, D., Maruca, S. & Klopfer, E. (2005). How effective are simulated molecular-level experiments for teaching diffusion and osmosis?. *Cell Biology Education*, 4 (3): 235-248.

Miller, G. A. (1956). The magic number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63 (2): 81-97.

Moreno, R. & Mayer, R. E. (2002). Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. *Journal of Educational Psychology*, 94 (3): 598-610.

Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A Dual-Coding Approach*. Nova Iorque, Estados Unidos da América: Oxford University Press.

Portaria nº 1322/2007, de 4 de Outubro de 2007, Diário da República nº. 129, Série I-A (pp. 7107-7123) Lisboa, Portugal: Imprensa Nacional Casa da Moeda.

Rutten, N., van Joolingen, W. R. & van der Veen, J. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computer & Education*, 58 (1): 136-153.

Scalise, K., Timms, M., Moorjani, A., Clark, L., Holtermann, K. & Irvin, P. (2011). Student learning in science simulations: Design features that promote learning gains. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (9): 1050-1078.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13 (2): 141-156.

Stern, L., Barnea, N. & Shauli, S. (2008). The effect of a computerized simulation on middle school students understanding of the kinetic molecular theory. *Journal of Science Education and Technology*, 17 (4): 305-315.

Sweller, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas*. Camberwell, Austrália: Australian Council for Educational Press.

Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *Psychology of Learning and Motivation*, 43: 215-266.

Tao, P. & Gunstone, R. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (7): 859-882.

Van Heuvelen, A. (1997). Using interactive simulations to enhance conceptual development and problem solving skills. *AIP Conference Proceedings*, 399: 1119-1135.

White, B., Kahriman, A., Lubrice, L. & Idleh, F. (2010). Evaluation of software for introducing protein structure: Visualization and simulation. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 38 (5): 284-289.

Windschitl, M. & Andre, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change: The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*. 35 (2): 145-160.

Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24 (4): 345-376.

Zacharia, Z. & Anderson, O.R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71 (6): 618-629.

Zacharia, Z. (2003). Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational – Use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (8): 792-823.

Zacharia, Z. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (2): 120-132.

Sites Acedidos em 2013/09/09

http://astro.unl.edu/naap/motion1/animations/seasons_ecliptic.html

<http://bcs.whfreeman.com/universe6e/pages/bcs-main.asp?s=00110&n=01000&i=05110.02&v=category&o=|05000|01000|&ns=0&t=&uid=0&rau=0>

<http://bcs.whfreeman.com/universe6e/pages/bcs-main.asp?s=00110&n=01000&i=18110.02&v=category&o=|18000|01000|&ns=0&t=&uid=0&rau=0>

http://bcs.whfreeman.com/universe9e/default.asp#571828__574495__

http://employees.oneonta.edu/viningwj/sims/common_ion_effect_s1.html

<http://faraday.physics.utoronto.ca/IYearLab/Intros/DCI/Flash/WaterAnalogy.html>

http://faraday.physics.utoronto.ca/IYearLab/Intros/StandingWaves/Flash/long_wave.html

<http://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/ClassMechanics/ConstantAccel/ConstantAccel.html>

<http://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/ClassMechanics/MotionDiagram/MotionDiagram.html>

<http://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/Waves/TwoMediums/TwoMediums.html>

<http://jersey.uoregon.edu/vlab/PotentialEnergy/index.html>

<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap20/RR506a.htm>

<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap5/work/work.htm>

<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/period/electron.htm>

<http://phet.colorado.edu/>

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/acid-base-solutions

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-chemical-equations

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/battery-resistor-circuit

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-a-molecule

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-an-atom

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/concentration

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/conductivity

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-forms-and-changes

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faraday

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-and-motion-basics

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/geometric-optics

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/hydrogen-atom

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecule-shapes

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/nuclear-fission

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/ph-scale

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/radio-waves

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rotation

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter-basics

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string

http://phet.colorado.edu/sims/my-solar-system/my-solar-system_pt_BR.html

http://phet.colorado.edu/sims/ohms-law/ohms-law_pt_BR.html

http://sweet.ua.pt/a37868/lunar_phase3.swf

<http://www.absorblearning.com/media/attachment.action?quick=v1&att=2224>

<http://www.fq.ciberprof.com/Produ%C3%A7%C3%A3o%20NH3%20haber%28preloader%29.swf>

<http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=%20120&cat=chemistry>

<http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=%20123&cat=chemistry>

<http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=124&cat=chemistry>

<http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=51&cat=chemistry>

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=137>

http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/mechanics_forces_gravitation_energy_interactive/work_kinetic_energy_theorem.htm

http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/mechanics_forces_gravitation_energy_interactive/chronophotography_uniform_movement_constant_speed.htm

<http://www.stellarium.org/pt>

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/>

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/ClassMechanics/TwoBallsGravity/TwoBallsGravity.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/ClassMechanics/Circular2SHM/Circular2SHM.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/ClassMechanics/DisplacementDistance/DisplaceDistance.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/EM/FieldLines/FieldLines.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/EM/LightWave/Wave.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/EM/EMWave/EMWave.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/BohrModel/Flash/BohrModel.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/Optics/Refraction/Refraction.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Micrometer/Flash/MicSimulation.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo1.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo2.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo3.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo4.html>

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo6.html>

Kamthan, P. (1999) Java applets in education. <http://www.irt.org/articles/js151/>

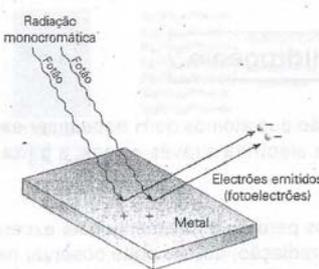
ANEXO I – TRANSPARÊNCIAS UTILIZADAS NAS TURMAS DE CONTROLO

Neste anexo apresentam-se as transparências utilizadas nas turmas de controlo e que serviram de auxílio à exposição oral do professor. Primeiro, apresentam-se as transparências usadas na turma do 10º ano, cujo tema da aula foi o Efeito Fotoelétrico e, depois, as referentes ao 11º ano, cujo tema foi Reagente Limitante e Reagente em Excesso.

I.1 – Transparências utilizadas na turma de controlo do 10º ano

Efeito Fotoelétrico

Consiste na emissão de electrões (fotoelectrões) por metais, quando sobre eles se faz incidir radiação electromagnética com energia superior à necessária para ionizar os átomos.



➡ Este efeito é praticamente instantâneo.

➡ Cada fóton (com uma certa energia) origina a emissão de um só electrão. O número de fotoelectrões emitidos é directamente proporcional ao número de fótons da radiação incidente (intensidade do feixe).

➡ Há transformação de energia radiante em energia eléctrica.

➡ Se a energia do fóton incidente exceder a energia mínima necessária para extrair um electrão, esse excesso permite que o electrão emitido saia animado com uma certa E_c .

➡ Existe um valor mínimo, ν , abaixo do qual não é possível obter emissão de electrões, por mais intenso que seja o feixe da radiação.

$$E_{\text{fóton incidente}} = E_i + E_c \quad e^- \text{ emitido}$$
$$h\nu = E_r + \frac{1}{2} m v^2$$

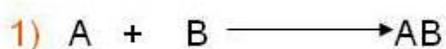
$E = h \nu =$ energia da radiação
 $E_r =$ energia de remoção electrónica

Maria Teresa Vitória - Colégio de Santa Doroteia

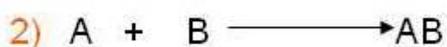
I.2 – Transparências utilizadas na turma de controlo do 11º ano

Reacções Completas e Reacções Incompletas

- Uma **reacção** diz-se **completa** quando os reagentes, presentes na proporção indicada pela respectiva equação, se esgotam completamente. Quanto mais completa for a reacção mais extensa ela é.



Reagentes na proporção indicada na equação.



Reagente limitante: limita as quantidades máximas de produtos que se formam.

Reagente em excesso: reagente que sobra, pois já não há mais do outro para reagir.

- Em muitas reacções químicas as quantidades dos produtos obtidos são inferiores às previstas:
 - reagentes com **impurezas** que não entram na reacção.
 - **reacções secundárias** (os reagentes participam simultaneamente em reacções diferentes).
 - **reacções incompletas**.

- Uma **reacção** é **incompleta** quando nenhum dos reagentes se esgota.



Rendimento de uma reacção química

Rendimento de uma reacção química, η , é a razão entre a quantidade de substância obtida na realidade (n_r) e a quantidade esperada de acordo com a equação química (n_t).

$$\eta = \frac{n_r}{n_t}$$

$$\eta \leq 1 \quad (\leq 100\%)$$

Reacção completa $\longrightarrow \eta = 100\%$

Reacção incompleta $\longrightarrow \eta < 100\%$

ANEXO II – DIAPOSITIVOS UTILIZADOS NAS TURMAS EXPERIMENTAIS

Neste anexo apresentam-se os diapositivos utilizados nas turmas experimentais e que serviram de auxílio à exposição oral do professor. Primeiro, apresentam-se os diapositivos usadas na turma do 10º ano, cujo tema da aula foi o Efeito Fotoelétrico e, depois, os referentes ao 11º ano, cujo tema foi Reagente Limitante e Reagente em Excesso.

II.1 – Diapositivos utilizados na turma de experimental do 10º ano

COLÉGIO DE SANTA DOROTEIA

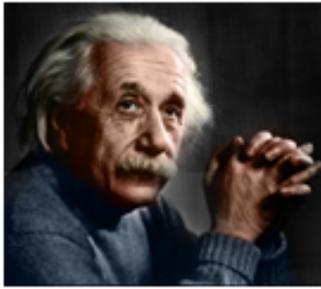
Colégio de Santa Doroteia
Física e Química A – 10º Ano

EFEITO FOTOELÉCTRICO

Photoelectron
Radiation characteristic
Photon incidente

Prof.ª Catarina Rafael

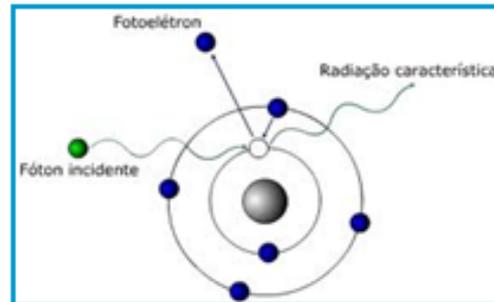
1



Albert Einstein (1879-1955) – ganhou o Prémio Nobel da Física em 1921 pela interpretação do Efeito Fotoelétrico.

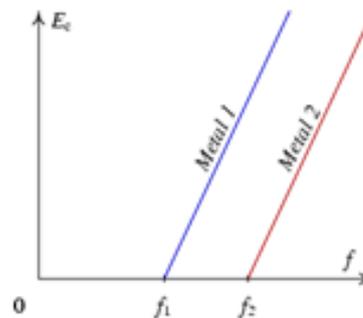
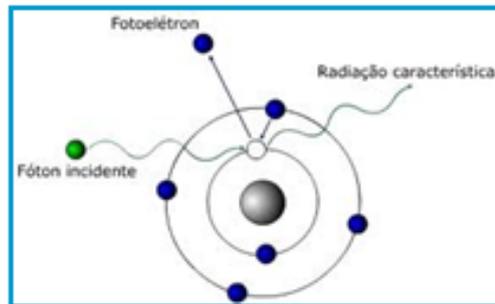


Já anteriormente os cientistas tinham descoberto que ao incidir uma radiação de determinada energia em alguns materiais, especialmente nos metais, eram ejectados electrões criando uma corrente eléctrica (num circuito fechado).



Prof.ª Catarina Rafael

2



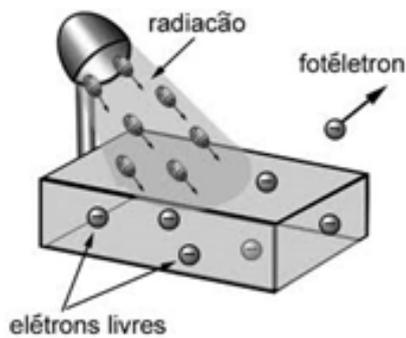
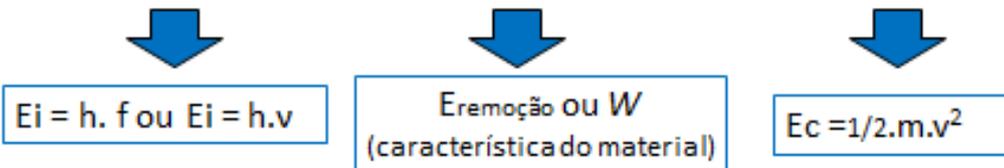
- Isto só acontecia para certos valores mínimos de energia incidente, que variavam de metal para metal.
- Para valores inferiores não se verificava a ejeção de electrões, mesmo aumentando a **intensidade da radiação incidente** (ou seja, o número de fotões dessa radiação).
- Se a radiação incidente fosse mais energética, então os electrões eram ejectados com uma velocidade maior (logo, com uma energia maior).

Prof.ª Catarina Rafael

3

Interpretação de Albert Einstein :

Energia da Radiação Incidente = Energia mínima de Remoção + Energia cinética



$$h \cdot \nu = E_{remoção} + \frac{1}{2} m_e v^2$$

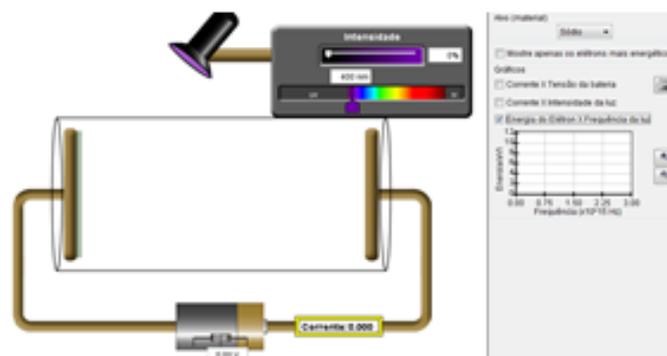
Prof.ª Catarina Rafael

4

Simulação do Phet Simulations:

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric

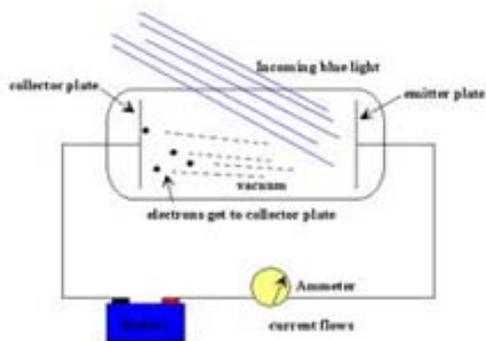
Realizar atividade proposta no guião...



Prof.ª Catarina Rafael

5

• Esquema do circuito da fotocélula:



• Aplicações:

- Portas automáticas
- Contador de bactérias
- Detector de fumos

Prof.ª Catarina Rafael

6

II.2 – Diapositivos utilizados na turma de experimental do 11º ano

Rendimento de uma reação química

Impurezas

Reagente limitante e reagente em excesso



Rendimento de uma reação química: reações completas e incompletas

Mesmo que os reagentes estejam na mesma proporção estequiométrica, a reação pode apresentar um rendimento inferior a 100%:

Principais causas:

- A ocorrência de reações laterais simultâneas;
- A ocorrência da reação inversa;
- Condições de operação não favoráveis;
- Paragem da reação;
- Existência de impurezas num reagente.

Se $\eta < 100\%$ a reação é incompleta.

Se $\eta = 100\%$, a reação é completa.

$$\eta = \frac{n, m, V \text{ obtido/real}}{n, m, V \text{ previsto/teórico}} \times 100$$

Velocidade de uma reação

O aumento da velocidade implica apenas a diminuição do intervalo de tempo necessário para se obter a mesma quantidade de produto. Não altera o valor do rendimento da reação.

Pode ser afetado por:

- Concentração dos reagentes;
- Temperatura do sistema reacional;
- A superfície de contato da mistura reacional;
- Presença de um catalisador.

Grau de pureza

O grau de pureza pode afetar o rendimento da reação. Normalmente os químicos trabalham com materiais (misturas de substâncias) e não com substâncias (**grau de pureza \neq 100%**).

$$\text{Grau de pureza} = \frac{m \text{ pura}}{m \text{ total}} \times 100$$

Reagente limitante e reagente em excesso

- O reagente limitante é aquele que condiciona a quantidade possível (teórica) que se pode obter do(s) produto(s), pois é totalmente consumido na reação.
- É, por isso, o reagente que existe em menor quantidade relativa, ou seja, em **menor quantidade atendendo à estequiometria da reação**.
- Se um reagente é o limitante, o outro será o reagente em excesso. O reagente em excesso é o que existe em quantidade superior à necessária, segundo a estequiometria da reação.

Simulação do Phet simulations – Realizar atividades propostas no guião:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/reactants-products-and-leftovers