



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA



Patrícia Gomes Pinto

RELATÓRIO DE ESTÁGIO DE MESTRADO  
EM ENSINO DE FÍSICA E DE QUÍMICA NO 3º CICLO  
DO ENSINO BÁSICO E NO ENSINO SECUNDÁRIO

Dissertação no âmbito do Mestrado em Ensino de Física e de Química  
no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário,  
orientada pelo Professor Doutor Décio Ruivo Martins  
e pelo Professor Doutor Sérgio Paulo Jorge Rodrigues  
e apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Setembro de 2018



PATRÍCIA GOMES PINTO

**Relatório de Estágio de Mestrado em  
Ensino de Física e de Química no 3º ciclo  
do Ensino Básico e no Ensino Secundário**

(setembro, 2018)

DEPARTAMENTOS DE FÍSICA E DE QUÍMICA



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA





PATRÍCIA GOMES PINTO

Relatório de Estágio de Mestrado em  
Ensino de Física e de Química no 3º ciclo  
do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Relatório de Estágio Pedagógico apresentado à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, nos termos estabelecidos no Regulamento de Estágio Pedagógico, para a obtenção do Grau de Mestre em Ensino de Física e de Química, realizado sob a orientação pedagógica de Dr.<sup>a</sup> ANA PAULA BRANQUINHO, e dos orientadores científicos Professor Doutor DÉCIO RUIVO MARTINS e Professor Doutor SÉRGIO PAULO JORGE RODRIGUES.



## DECLARAÇÕES

Declaro que este Relatório se encontra em condições de ser apreciado pelo júri a designar.

A candidata,

---

Coimbra, 16 de setembro de 2018

Declaro que este Relatório se encontra em condições de ser apresentado a provas públicas.

Os(As) Orientadores(as),

---

---

---

Coimbra, 16 de setembro de 2018

## AGRADECIMENTOS

O Estágio Pedagógico finaliza a minha formação académica enquanto futura professora de Física e de Química no 3º ciclo do ensino básico e no ensino secundário. A elaboração deste relatório é o culminar de um ano letivo repleto de experiências únicas e enriquecedoras, ao lado de pessoas que me fizeram chegar mais longe e querer sempre ser e fazer melhor. Deste modo, gostaria de expressar o meu apreço e gratidão:

À professora Ana Paula Branquinho, orientadora cooperante, pelo apoio incondicional, carinho, disponibilidade e dedicação.

Ao Orientador Científico Professor Doutor Décio Martins, pelos esclarecimentos, partilha de conhecimentos e sugestões.

Ao Orientador Científico Professor Doutor Sérgio Rodrigues, pela colaboração, envolvimento e pelas experiências enriquecedoras que me proporcionou.

A todos os alunos das turmas B e C do décimo primeiro ano da Escola Secundária Infanta Dona Maria, por todo o carinho, apoio, incentivo e colaboração, bem como por todos os momentos vividos na vossa presença.

A toda a comunidade escolar da Escola Secundária Infanta Dona Maria, especialmente ao grupo recrutamento de Física e Química pelo apoio, carinho, incentivo e disponibilidade para o desenvolvimento de todas as atividades realizadas no âmbito do Estágio Pedagógico. Quero deixar aqui um agradecimento muito especial à Dona Margarida e à Dona Alice, funcionárias dos laboratórios de Física e de Química, por tudo o que fizeram por mim e ao professor Jorge Valadares por ter sempre acompanhado o meu trabalho e cooperado nas atividades que desenvolvi.

Finalmente, aos meus familiares e amigos por ultrapassarem comigo as pequenas grandes batalhas da vida e nunca me deixarem desistir deste sonho, à minha mãe pelo encorajamento e por acreditar em mim, e ao Marco por garantir que nunca nada me faltasse.

A todos, o meu mais sentido, OBRIGADA!

# RESUMO

**PATRÍCIA GOMES PINTO**

**PALAVRAS-CHAVE:** Formação de Professores, Ensino de Física, Ensino de Química, Prática de Ensino Supervisionada, Metodologias, Análise, Reflexão.

O presente Relatório de Estágio, elaborado no âmbito do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, pretende descrever e analisar, numa perspetiva reflexiva, todas as atividades desenvolvidas pela Professora Estagiária, Patrícia Gomes Pinto, durante o estágio pedagógico, realizado na Escola Secundária Infanta Dona Maria, em Coimbra, no ano letivo 2017/2018.

O estágio pedagógico teve início em setembro de 2017, sob a Orientação Pedagógica da Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Branquinho, tendo, ainda, a Orientação Científica do Professor Doutor Décio Martins, na componente de Física, e do Professor Doutor Sérgio Rodrigues, na componente de Química.

Este relatório compreende uma introdução, cinco capítulos, referências bibliográficas e anexos. A **introdução** incide numa abordagem sobre o papel dos professores, bem como uma reflexão sobre o caminho que deverá ser planeado para se atingir um ensino da Física e da Química mais eficaz. No **capítulo I – Enquadramento geral**, é realizada uma apresentação da escola e das duas turmas de ensino supervisionado. No **capítulo II – Componente de Física**, procede-se à apresentação das unidades exploradas nesta componente, dos documentos das atividades letivas, incluindo, ainda, uma reflexão sobre as mesmas. No **capítulo III – Componente de Química**, repete-se a sequência, para esta componente, utilizada para o capítulo II. No **capítulo IV – Componente não letiva**, são apresentadas as atividades não letivas. No **capítulo V – Conclusão**, procede-se a uma análise reflexiva sobre o trabalho desenvolvido. Por último, são indicados as referências bibliográficas utilizadas e os anexos, para leitura e apreciação do presente relatório.

# ABSTRACT

**PATRÍCIA GOMES PINTO**

**KEYWORDS:** Teacher Training, Teaching Physics, Chemistry Teaching, Supervised Teaching Practice, Methodologies, Analysis, Reflection.

This Training Report prepared under the Master degree in Teaching Physics and Chemistry in 3rd cycle of Basic Education and Secondary Education, aims to describe and analyze, in a reflexive perspective, all the activities developed by the trainee teacher, Patrícia Gomes Pinto, during the teaching practice, held at Infanta Dona Maria Secondary School, Coimbra, in the 2017/2018 school year.

The teaching practice began in September 2017, under the tutoring of Dr. Ana Paula Branquinho, and the Scientific Orientation of Professor Dr. Décio Martins in the Physics component and Professor Dr. Sérgio Rodrigues in the Chemistry component.

This report includes an introduction, five chapters, bibliographical references and attachments. The introduction focuses on an approach on the role of teachers as well as a reflection on the path that should be planned to achieve a more effective teaching of Physics and Chemistry. Chapter I – “General Framework” includes a presentation of the school and the two supervised teaching groups. Chapter II – “Physics Component” includes documents showing the units explored in the component of the course as well as a reflection on them. Chapter III – “Chemistry Component” includes the sequence for the component used on chapter II. Chapter IV – “Non-learner component” includes non-learner activities. Chapter V – “Conclusion” includes a reflexive analysis of the work carried out. Lastly, bibliographic references as well as attachments are provided for reading and appreciation of this report.

# ÍNDICE

INTRODUÇÃO .....	1
CAPÍTULO I – ENQUADRAMENTO GERAL.....	5
I.1 – Caracterização da Escola .....	5
I.2 – Caracterização da Turma .....	10
CAPÍTULO II – COMPONENTE DE FÍSICA .....	15
II.1 – Organização da Componente de Física do Programa de 11º ano .....	15
II.2 – Organização das regências.....	19
II.3 – Projeto de Investigação Educacional em Física.....	19
II.4 – Primeiro contacto com os alunos.....	21
II. 5 – Regências.....	22
CAPÍTULO III – COMPONENTE DE QUÍMICA .....	27
III.1 – Organização da Componente de Química do Programa de 11º ano.....	27
III.2 – Organização das regências .....	30
III.3 – Regências .....	30
III.4 – Projeto de Investigação Educacional em Química .....	33
CAPÍTULO IV – COMPONENTE NÃO LETIVA.....	35
IV.1 – Enquadramento legal e desenvolvimento de competências pelos estagiários.....	35
IV.2 – Assessoria à Direção de Turma.....	37
IV. 3 – Visitas de estudo .....	38
IV. 4 – Presépio Químico.....	38
IV. 5 – Dia Aberto.....	40
IV.6 – Relação com o pessoal docente e não docente.....	40
CAPÍTULO V – CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
SÍTIOS DA INTERNET CONSULTADOS .....	49
ANEXOS.....	51
Anexo I – Caracterização da turma .....	i

Anexo II – Questionário “Caracterização da turma” .....	vii
Anexo III – Atividade 1: “Como obter o gráfico posição-tempo de um movimento real” .....	ix
Anexo IV - Análise de um gráfico posição-tempo e de um gráfico velocidade-tempo .....	x
Anexo V - Ficha nº1 – “Interação gravítica e Lei da Gravitação Universal” .....	xii
Anexo VI – Desenvolvimento da aula sobre “Movimento Circular Uniforme” .....	xiv
Anexo VII – Apresentação da aula sobre “Movimento Circular Uniforme” .....	xix
Anexo VIII – Ficha nº2 – “Movimento Circular Uniforme” .....	xxv
Anexo IX – Atividade Laboratorial 1.1 – “Queda livre: força gravítica e aceleração” .....	xxvii
Anexo X – Atividade Laboratorial 1.2 – “Forças nos movimentos retilíneos acelerado e uniforme” .....	xxx
Anexo XI – Atividade Laboratorial 1.3 – “Movimento uniformemente retardado: velocidade e deslocamento” .....	xxxiv
Anexo XII – Aulas de regência: planificação da componente de Física.....	xxxvii
Anexo XIII – Desenvolvimento da aula 1 da Componente de Física .....	xlii
Anexo XIV – Apresentação da aula 1 da Componente de Física.....	lii
Anexo XV – Desenvolvimento da aula 2 da Componente de Física .....	lix
Anexo XVI – Apresentação da aula 2 da Componente de Física.....	lxxiv
Anexo XVII – Ficha nº3 – “Reflexão da luz. Refração da luz. Reflexão total da luz” .....	lxxxv
Anexo XVIII – Desenvolvimento da aula 3 da Componente de Física .....	lxxxvii
Anexo XIX – Apresentação da aula 3 da Componente de Física.....	xcvii
Anexo XX – Desenvolvimento da aula 4 da Componente de Física (Atividade Laboratorial) .....	ciii
Anexo XXI – Grelha de observação da aula 4 da Componente de Física (Atividade Laboratorial).....	cvii
Anexo XXII – Desenvolvimento da aula 5 da Componente de Física (Ficha de exercícios)	cix
Anexo XXIII – Ficha nº4 – “Ondas eletromagnéticas” .....	cxv
Anexo XXIV – Aulas de regência: planificação da componente de Química .....	cxix
Anexo XXV – Desenvolvimento da aula 1 da Componente de Química .....	cxxi
Anexo XXVI – Apresentação da aula 1 da Componente de Química .....	cxxx

Anexo XXVII – Desenvolvimento da aula 2 da Componente de Química (Atividade Laboratorial).....	cxxxviii
Anexo XXVIII – Grelha de observação da aula 2 da Componente de Química (Atividade Laboratorial).....	cxlv
Anexo XXIX – Desenvolvimento da aula 3 da Componente de Química .....	cxlix
Anexo XXX – Apresentação da aula 3 da Componente de Química.....	cliii
Anexo XXXI – Desenvolvimento da aula 4 da Componente de Química .....	clviii
Anexo XXXII – Apresentação da aula 4 da Componente de Química .....	clxiii
Anexo XXXIII – Desenvolvimento da aula 5 da Componente de Química (Ficha de exercícios) .....	clxx
Anexo XXXIV – Ficha nº5 – “Reações ácido-base” .....	clxxvii
Anexo XXXV – Declaração da Orientadora Cooperante .....	clxxxii

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Antigas instalações da Escola Secundária Infanta D. Maria .....	6
<b>Figura 2:</b> Fachada principal da Escola Secundária Infanta D. Maria .....	7
<b>Figura 3:</b> Novo edifício onde estão instalados os laboratórios de Física e de Química .....	7
<b>Figura 4:</b> Habilitações académicas dos pais e encarregados de educação .....	11
<b>Figura 5:</b> Situação laboral dos pais e encarregados de educação .....	12
<b>Figura 6:</b> Modo de deslocação para a escola .....	12
<b>Figura 7:</b> Cursos pretendidos .....	13
<b>Figura 8:</b> Preferências culturais .....	14
<b>Figura 9:</b> Frequência de atividades extracurriculares .....	14
<b>Figura 10:</b> Visita de estudo ao Geoparque de Arouca .....	38
<b>Figura 11:</b> Presépio Químico .....	39
<b>Figura 12:</b> Árvore do Presépio Químico .....	39
<b>Figura 13:</b> Exposição no Dia Aberto do projeto <i>Química e saúde pública: quimiofobia</i> .....	40

## ÍNDICE DE TABELAS

**Tabela 1:** Distribuição de conteúdos curriculares pelas aulas de Física lecionadas pela Professora Estagiária e observações ..... 23

**Tabela 2:** Distribuição de conteúdos curriculares pelas aulas de Química lecionadas pela Professora Estagiária e observações ..... 31

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**AE:** Associação de Estudantes

**AL:** Atividade Laboratorial

**AO:** Assistentes Operacionais

**APEE:** Associação de Pais e Encarregados de Educação

**DT:** Diretor(a) de Turma

**EE:** Encarregado de Educação

**FCTUC:** Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

**GIAA:** Gabinete de Informação e Apoio ao Aluno

**NEE:** Necessidades Educativas Especiais

**PESES:** Projeto Educação para a Saúde e Educação Sexual

**PIEF:** Projeto de Investigação Educacional em Física

**PIEQ:** Projeto de Investigação Educacional em Química

**SPO:** Serviços de Psicologia e Orientação

**TIC:** Tecnologias da Informação e Comunicação



# INTRODUÇÃO

Aprender não pode ter o mesmo significado que memorizar. A educação não tem nem deve ser aborrecida e os alunos não podem ser mal ensinados. Cabe ao docente escolher o tipo de ensino que quer e acha correto lecionar. [1]

Segundo Ainsworth e Eaton [2], existem três tipos de aprendizagem: aprendizagem formal, aprendizagem não formal e aprendizagem informal.

A aprendizagem formal é intencional, organizada e estruturada. Normalmente é proporcionada pelas escolas (ou instituições de ensino). Este tipo de aprendizagem é orientado por um currículo ou outro tipo de programa formal.

A aprendizagem não formal pode ou não ser intencional ou planeada por uma instituição de ensino, mas normalmente é organizada da mesma maneira, mesmo que vagamente.

Já a aprendizagem informal é um tipo de aprendizagem que não é organizada, nem guiada por um currículo. É experimental e espontânea. [2]

Os alunos têm apresentado, por diversas vezes, insucesso na área de Física e Química, ora porque os programas das disciplinas são extensos ou mesmo porque não chegam a adquirir o conhecimento pretendido, não conseguindo assimilar, entender as explicações ou transpor a teoria para situações concretas, fazendo com que percam o interesse e o entusiasmo, se é que alguma vez os tiveram. Neste sentido, é necessário procurar e implementar medidas de forma a captar a atenção dos alunos.

Nos últimos anos, a importância da aprendizagem não formal no ensino da ciência tem sido reconhecida.

A aprendizagem formal é um sistema educacional altamente institucionalizado, cronologicamente graduado e hierarquicamente estruturado, que abrange os ensinamentos básico e secundário, assim como o superior. É considerada pela sociedade como o sistema de aprendizagem predominante. No entanto, nos últimos anos, a aprendizagem não formal também se tornou um fator importante na educação. Esta inclui qualquer atividade educacional organizada, sistemática, realizada fora da estrutura do sistema formal para fornecer determinados tipos de aprendizagem a subgrupos específicos da população, adultos e crianças. [3]

No ensino de Física e de Química é fundamental que o docente consiga que o aluno transponha o que aprende numa sala de aula para situações do quotidiano, dando todas as ferramentas que ele

necessita para se tornar ativo, crítico e observador. A paixão pelas ciências começa sempre pelo “querer saber mais” e pelos “porquês”.

O Estágio Pedagógico dá a conhecer ao futuro professor de Física e de Química grande parte da realidade do ensino desta área disciplinar. Os Projetos de Investigação Educacional em Física [4] e em Química [5] permitem à Professora Estagiária colocar em prática ideias que possibilitem um ensino mais eficaz de Física e de Química. O estágio dá a oportunidade à Professora Estagiária de explorar novas estratégias de ensino com os alunos e de enriquecer um vasto conjunto de competências ao nível da pedagogia, sendo uma etapa fundamental para a sua formação na atividade docente.

A autora deste Relatório de Estágio apresentou-se na Escola Secundária Infanta Dona Maria, em Coimbra, em setembro de 2017, com o objetivo de se qualificar para a profissão de docente de Física e Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário. Esta instituição acolheu o Núcleo de Estágio composto pela Orientadora Cooperante, Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Branquinho, e pela Professora Estagiária, Patrícia Gomes Pinto (autora deste relatório). Todas as tarefas inerentes à atividade da estagiária na escola foram realizadas com o conhecimento, a orientação e o apoio da Orientadora Cooperante e dos Orientadores Científicos, Professor Doutor Décio Martins, do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), e o Professor Doutor Sérgio Rodrigues, do Departamento de Química da FCTUC.

A Professora Estagiária acompanhou os trabalhos desenvolvidos com as turmas B e C do 11º ano de escolaridade. A lecionação supervisionada decorreu nos seguintes subdomínios:

- Componente de Física: Domínio 2 – Ondas e eletromagnetismo (subdomínio 2.3. Ondas eletromagnéticas);
- Componente de Química: Domínio 2 – Reações em sistemas aquosos (subdomínio 2.1. Reações ácido base: Titulação ácido-base; Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais; Aspectos ambientais das reações ácido-base).

Este Relatório de Estágio é composto por cinco capítulos, no primeiro dos quais – **Enquadramento Geral** – se procede à descrição da escola e das turmas onde funcionou a prática supervisionada.

O Capítulo II reporta uma abordagem relativa à **componente de Física**, onde foi realizada uma análise ao programa curricular, onde foram apresentadas as planificações e estratégias utilizadas e enquadradas na planificação concretizada pelo grupo de recrutamento de Física e Química da escola.

Da mesma forma, no Capítulo III, é apresentada uma análise do programa curricular da disciplina de Física e Química A, as planificações e estratégias utilizadas na sala de aula, para a **componente de Química**.

No Capítulo IV, é referido o trabalho de cooperação nas **atividades da escola**, nomeadamente a colaboração na direção de turma e, também, nas atividades não letivas.

No Capítulo V, é proposta uma **conclusão** deste relatório, através de uma reflexão sobre a evolução da prática letiva da Professora Estagiária, ao longo do Estágio Pedagógico.

Em anexo, encontra-se parte dos documentos elaborados ao longo deste percurso.

Deste relatório também faz parte um DVD, onde se encontra uma cópia deste texto em formato digital, para além de alguns documentos realizados no decorrer do Estágio Pedagógico.

Por último, são indicados as referências bibliográficas utilizadas e os anexos, para leitura e apreciação do presente relatório.



# CAPÍTULO I – ENQUADRAMENTO GERAL

O Estágio Pedagógico é uma componente integrante da formação de professores, na medida em que concede experiência aos professores estagiários no ambiente de ensino e aprendizagem, antes de realmente entrarem no mundo real da profissão docente. O estágio cria ainda uma mistura de antecipação, ansiedade, empolgação e apreensão nos Professores Estagiários que irão iniciar as suas práticas de ensino. [6]

Durante o estágio, o Professor Estagiário é supervisionado por vários orientadores (Orientador Cooperante e Orientadores Científicos das duas componentes), de modo a garantir apoio em todas as vertentes da formação docente. Este é o momento crucial da profissionalização do Professor Estagiário, pois é no seu decorrer que os Professores Estagiários aplicam os métodos e até mesmo a filosofia da educação que lhes foi ensinada em teoria na sala de aula. Nesta fase, o Professor Estagiário já entende a responsabilidade que irá ter a seu cargo e começa a aprender a lidar com os jovens alunos, que serão deixados sob o seu controlo e cuidado. [7]

Este Estágio Pedagógico é a última etapa do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário e tem como objetivo preparar os futuros professores de Física e de Química, proporcionando-lhes uma experiência única e bastante enriquecedora, não só ao nível da prática docente, mas também ao nível da cidadania, do saber estar, do saber ser e do saber agir. O docente terá de saber lidar não só com o aluno dentro da sala de aula, mas com toda uma comunidade escolar envolvida e responsável por fazer com que o sistema de ensino resulte.

## I.1 – Caracterização da Escola

O Estágio Pedagógico realizado no âmbito do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário decorreu na Escola Secundária Infanta Dona Maria, em Coimbra.

*Pelo Decreto 4650 de 14 de julho de 1918 foi criado o então Liceu Feminino de Coimbra que iniciou as atividades letivas em 19 de fevereiro do ano seguinte (1919), num edifício que ainda hoje existe: a casa nº111 da Avenida Sá da Bandeira. Nesse mesmo ano, decidiu o Governo, pelo Decreto 5096 de 13 de janeiro, “distinguir com designação própria os vários estabelecimentos de ensino” e “atribuir a esses estabelecimentos nomes de grandes individualidades, cuja*

*lembrança constitua para os educandos perene sugestão de virtudes cívicas e morais e o reconhecimento de sólidos valores intelectuais”. O Liceu Feminino de Coimbra passou então a designar-se por Liceu Nacional Infanta D. Maria.*

*Do nº111 da Avenida Sá da Bandeira passou o Liceu a ocupar as instalações da antiga Quinta da Rainha (área ocupada hoje pelo Instituto Maternal), indo mais tarde para o Colégio de S. Bento, aos Arcos do Jardim, edifício onde hoje se encontra instalado o Instituto de Antropologia.*

*Só em 1 de outubro de 1948 encontrou casa própria: as atuais instalações na Rua Infanta D. Maria, ao tempo uma zona praticamente deserta, conhecida, entre as alunas, pelo “deserto do Sahara”.*

*Em 1975 o Liceu, até então feminino, passou a ser misto e mudou a sua designação para ESCOLA SECUNDÁRIA INFANTA D. MARIA.*

*De 1975 a 1981, a escola ocupou ainda as instalações do então Estádio Municipal, sendo aí lecionadas treze turmas (7º, 8º e 9º anos).*

*Em 1998 foram comemorados os 50 anos do atual edifício da Escola tendo sido feita uma medalha alusiva dessa efeméride cuja autoria pertence a Luís Pereira, antigo aluno desta Escola.<sup>1</sup>*



**Figura 1** – Antigas instalações da Escola Secundária Infanta D. Maria.

*O projeto de intervenção da Escola Secundária Infanta D. Maria reflete as diretrizes definidas pelo Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário, bem como as novas exigências decorrentes do projeto educativo da escola, dos modelos de ensino - - aprendizagem contemporâneos e dos atuais parâmetros de qualidade ambiental e de eficiência energética.*

---

<sup>1</sup> <http://www.esidm.pt/index.php/a-nossa-escola>

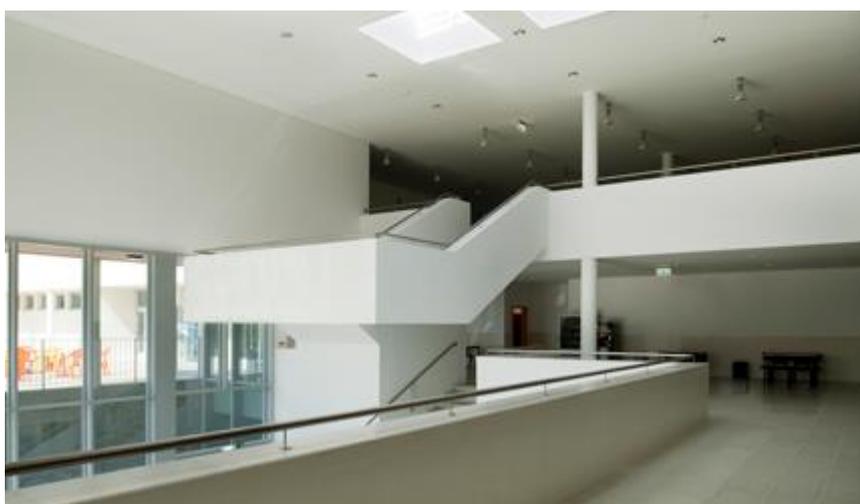
*A intervenção caracteriza-se pela remodelação das instalações existentes, ao nível do reordenamento de compartimentação, beneficiação de revestimentos interiores, remodelação integral de infraestruturas elétricas, de telecomunicações, de águas e esgotos.*

*Foi construído um novo edifício onde estão instalados seis laboratórios, três salas TIC, três salas de artes, o novo refeitório, balneários e um novo átrio.*

*Os espaços exteriores foram redesenhados, permitindo aumentar a área arborizada.<sup>2</sup>*



**Figura 2** – Fachada principal da Escola Secundária Infanta D. Maria.



**Figura 3** – Novo edifício onde estão instalados os laboratórios de Física e de Química.

---

<sup>2</sup> <https://www.parque-escolar.pt/pt/escola/068>

Durante o ano letivo 2017/2018, a escola foi frequentada por 1017 alunos, dos quais 658 do Ensino Secundário e 359 do Ensino Básico, 510 rapazes e 507 raparigas. Conta com 92 professores, dos quais 61 pertencem ao Quadro da escola. Tem ainda 2 técnicas superiores (psicóloga e assistente social), 8 assistentes técnicos e 28 assistentes operacionais.

Para além do apoio específico/especializado dado pelas técnicas superiores, em gabinetes próprios, na Escola funciona ainda o apoio a alunos com Necessidades Educativas Especiais, assegurado por duas professoras de Apoio Educativo. Existe ainda o Gabinete de Mediação de Conflitos e o Gabinete de Informação e Apoio ao Aluno (GIAA).

Entre as várias atividades a funcionar na Escola, dá-se particular relevo a:

- PESES;
- Desporto Escolar;
- Participação em Olimpíadas;
- Projeto Bibliotecas Escolares / Centro de Recursos;
- Clube de Inglês/Alemão;
- Clube de Francês;
- Clube de Jornalismo;
- Clube de Rádio;
- Sala de Estudo;
- Múltiplas atividades da responsabilidade dos Departamentos, inseridas no Plano Anual de Atividades da Escola.

A escola dispõe de instalações, serviços e equipamentos que se apresentam subdivididos em espaços para atividades letivas (salas de aula normal e específicas), salas e gabinetes de trabalho (espaços destinados ao trabalho individual ou colaborativo dos professores, gabinetes específicos ou para trabalho de âmbito organizacional), outros espaços (com funções variadas, nomeadamente as destinadas à direção) e um conjunto de outros espaços onde se desenvolvem serviços diversos.

#### Espaços para atividades letivas:

- 30 salas de aula (equipadas com computador, projetor e ligação à internet; 15 salas dispõem de quadro interativo)
- 6 laboratórios (Física e Química, Biologia e Geologia)
- 7 salas específicas (Geometria Descritiva, Oficina de Artes, Educação Visual e Expressão Dramática e três de Informática)

- 1 ginásio coberto
- 2 campos de jogos, sendo um coberto

Salas e gabinetes de trabalho:

- 4 gabinetes de trabalho (um por departamento)
- 1 sala de pausa para professores
- 6 gabinetes [do presidente do Conselho Geral, Serviços de Psicologia e Orientação (SPO), GIAA, de Mediação e Prevenção da Indisciplina, Associação de Pais e Encarregados de Educação (APEE) e Associação de Estudantes (AE)]
- 2 salas/gabinetes de Educação Especial
- 2 salas de atendimento Pais e EE
- 1 sala de diretores de turma

Outros espaços para atividades de organização e gestão e outras:

- 1 sala de estudo
- 1 espaço multimédia
- Salão Infanta D. Maria
- Salão Polivalente
- Auditório Fernando Azeiteiro
- 3 salas para a direção
- 1 sala do secretariado da direção
- 3 salas de apoio para assistentes operacionais (AO)

Outros espaços para funcionamento de serviços:

- Biblioteca e arquivo
- Reprografia/Papelaria
- Serviços de Administração Escolar
- Refeitório
- Bufete
- Guarita

## I.2 – Caracterização da Turma

No âmbito da assessoria à Direção de Turma do 11ºB, uma das atividades realizadas pela Professora Estagiária foi a caracterização da turma (**Anexo I**). Esta tarefa teve como principal objetivo dar a conhecer aos elementos do Conselho de Turma alguns aspetos fundamentais que permitissem uma melhor compreensão dos alunos que a compõem, no sentido de serem estabelecidos métodos e estratégias adequados para um ensino mais eficaz. O documento foi apresentado no Conselho de Turma intercalar pela Diretora de Turma e Orientadora Cooperante, Professora Ana Paula Branquinho, visto a escola não autorizar a presença da Professora Estagiária nos Conselhos de Turma.

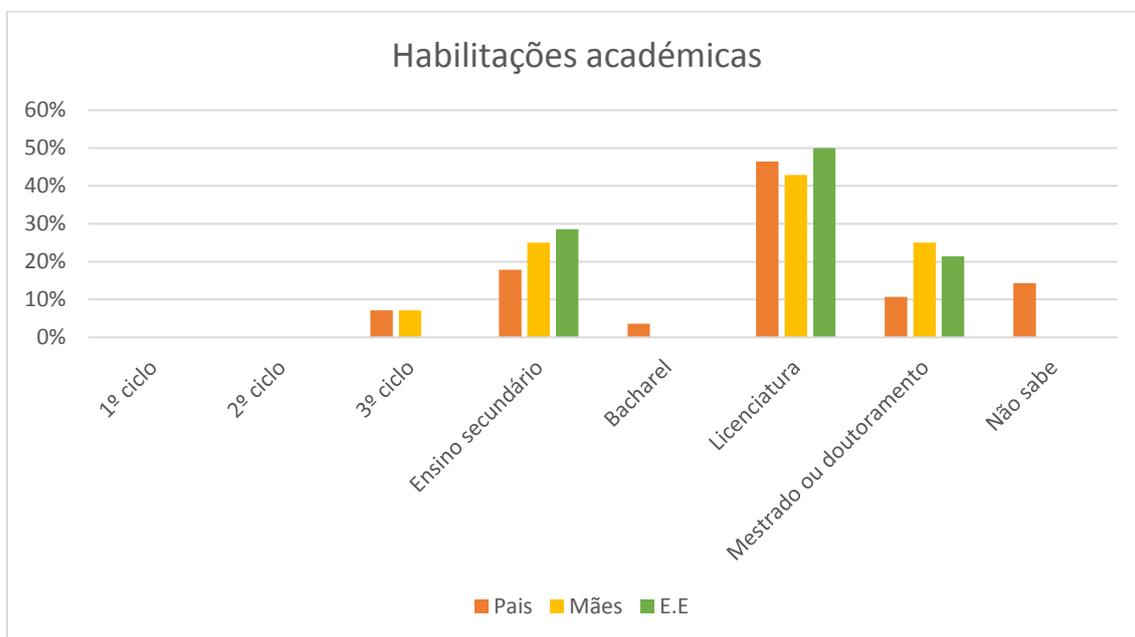
Neste estudo focaram-se os seguintes aspetos:

- Número de alunos;
- Média de idades;
- Alunos que não vivem no seu agregado familiar;
- Sexo;
- Habilitações académicas dos pais e encarregados de educação;
- Situação laboral dos pais e encarregados de educação;
- Modo de deslocação para a escola;
- Distância de casa à escola;
- Disciplinas preferidas;
- Disciplinas com mais dificuldades;
- Cursos pretendidos;
- Alunos que são apoiados nos estudos;
- Alunos com computador;
- Alunos com internet;
- Tempo médio utilizado no computador/internet;
- Preferências culturais;
- Frequência de atividades extracurriculares;
- Situações individuais a assinalar.

Todos os dados foram recolhidos com a ajuda de um questionário fornecido aos alunos pela Diretora de Turma (**Anexo II**).

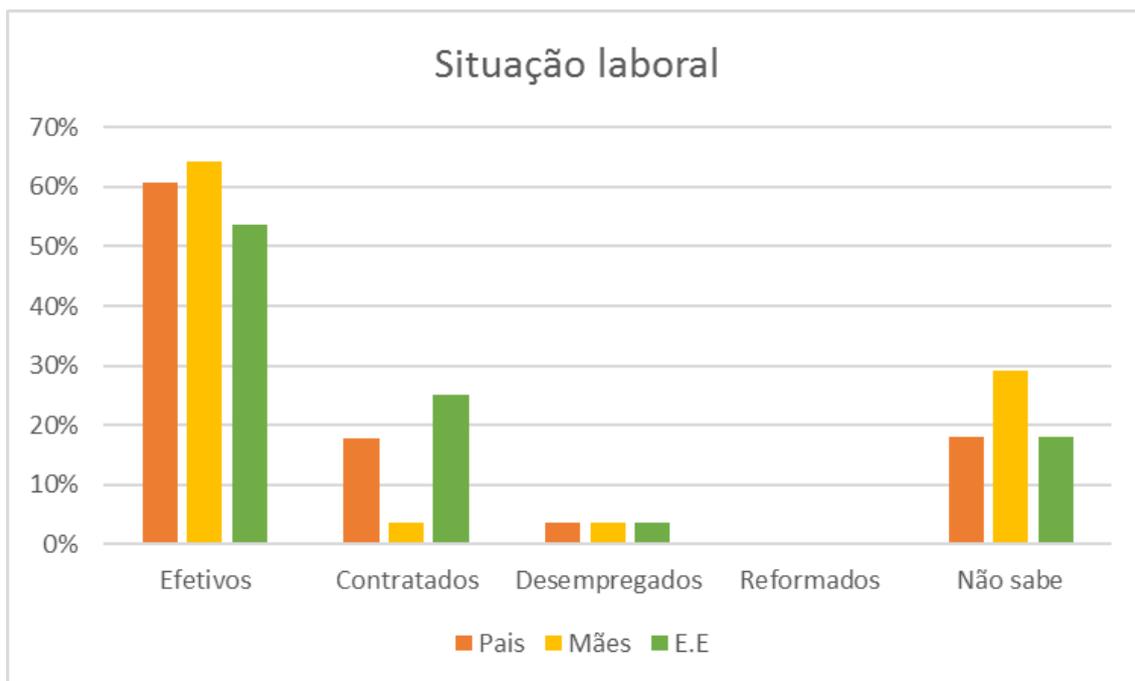
A turma, constituída inicialmente por vinte e oito alunos, dezassete rapazes e onze raparigas, apresenta uma média etária de 15,9 anos e todos vivem no seu agregado familiar.

Constatou-se que a maioria dos pais e encarregados de educação possui uma licenciatura, como se pode ver pela **figura 4**.



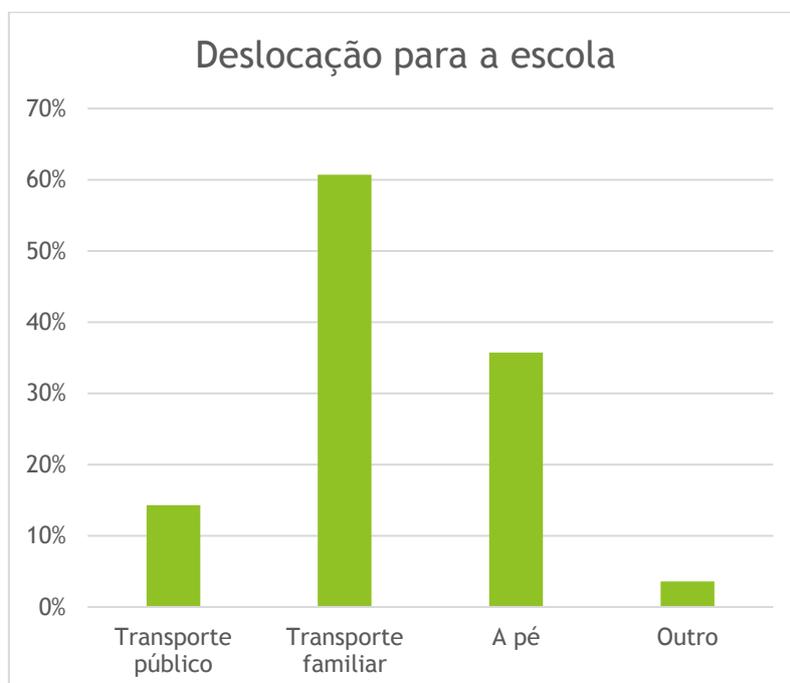
**Figura 4** – Habilitações académicas dos pais e encarregados de educação.

A maioria dos pais e encarregados de educação estão efetivos, tal como se verifica na **figura 5**. Nenhum está reformado.



**Figura 5** – Situação laboral dos pais e encarregados de educação.

Mais de metade dos alunos utiliza o transporte familiar como modo de deslocação para a escola, como mostra a **figura 6**. As distâncias de casa à escola são variadíssimas.



**Figura 6** – Modo de deslocação para a escola.

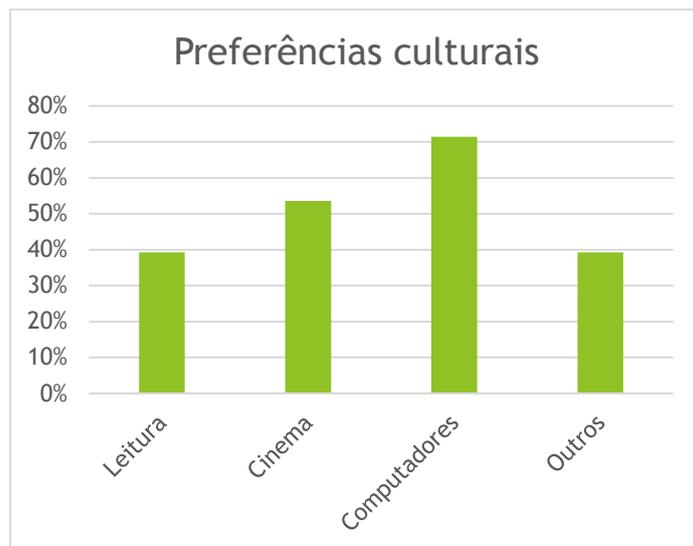
As disciplinas preferidas pelos alunos do 11ºB são a Biologia e Geologia e Matemática A, e as disciplinas com mais dificuldades são Português, Física e Química A e Filosofia, seguidas de Matemática A.

57% dos alunos ainda não sabe que curso pretende seguir, tal como mostra a **figura 7**. Os que sabem, escolhem preferencialmente as áreas de Engenharia, Medicina e Direito.



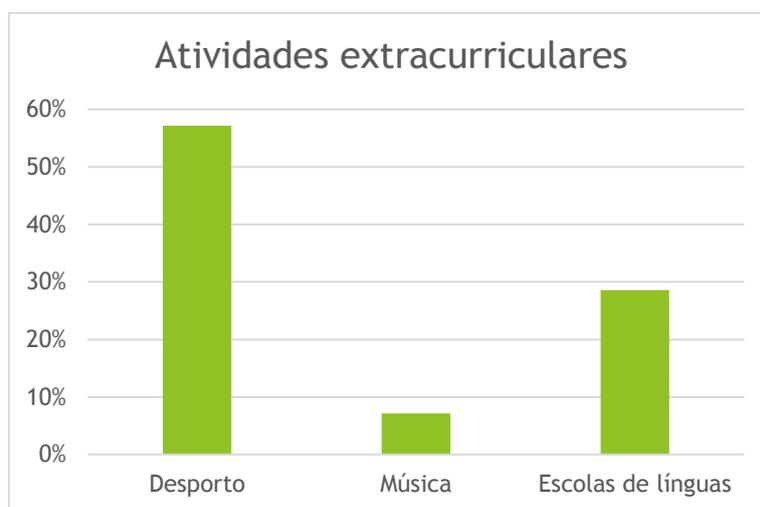
**Figura 7** – Cursos pretendidos.

57% dos alunos são apoiados nos estudos, 96% têm computador, 93% têm internet e o tempo médio diário utilizado no computador/internet é 1,6 horas. A **figura 8** mostra que a maioria dos alunos prefere estar ao computador, ir ao cinema ou ler.



**Figura 8** – Preferências culturais.

Como atividades extracurriculares, os alunos praticam desporto, frequentam escolas de línguas ou realizam atividades ligadas à música, como se pode verificar na **figura 9**.



**Figura 9** – Frequência de atividades extracurriculares.

Relativamente a situações individuais a assinalar, uma aluna tinha um problema de saúde nos rins.

No final do primeiro período, uma aluna pediu transferência para outra turma por não se sentir integrada e por achar que tal fator estava a prejudicar o seu rendimento escolar.

## CAPÍTULO II – COMPONENTE DE FÍSICA

### II.1 – Organização da Componente de Física do Programa de 11º ano

A disciplina de Física e Química A faz parte da componente específica do Curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias. É uma disciplina bienal (10º e 11º anos), dá continuidade à disciplina de Ciências Físico-Químicas do Ensino Básico (7º, 8º e 9º anos) e constitui precedência em relação às disciplinas de Física e de Química do 12º ano.

O Programa desta disciplina está elaborado atendendo a uma carga letiva semanal de 315 minutos, distribuída por dois blocos de 90 minutos e um de 135 minutos, sendo esta última dedicada a atividades práticas e laboratoriais, onde a turma funciona desdobrada. O 11º ano inicia o ano letivo com a componente de Física.

A componente de Física do 11º ano contempla dois domínios: “Mecânica” e “Ondas eletromagnéticas”.

No domínio “Mecânica”, faz-se o estudo de movimentos e das interações que os originam, considerando-se apenas sistemas mecânicos redutíveis ao seu centro de massa. No domínio “Ondas e eletromagnetismo” aborda-se a produção e a propagação de ondas mecânicas, destacando-se a sua periodicidade temporal e espacial e um modelo matemático que interpreta as vibrações sinusoidais da fonte que as produz, dando-se particular relevo às ondas sonoras. Introduzem-se a origem e a caracterização de campos elétricos e magnéticos, enfatizando a indução eletromagnética e a sua aplicação na produção industrial de corrente elétrica. Finalmente, explora-se a produção e a propagação de ondas eletromagnéticas, apoiada nos modelos geométrico e ondulatório, destacando-se a sua importância na compreensão de fenómenos naturais e a sua aplicação e utilização na nossa sociedade.

Dada a natureza experimental da física e da química, as atividades de carácter prático e laboratorial desenvolvem-se em tempos de maior duração e com a turma desdobrada. As atividades laboratoriais devem ser enquadradas com os respetivos conteúdos e referenciais teóricos. A sua planificação deve ser realizada com cuidado, procurando clarificar o tema, discutir ideias prévias dos alunos e identificar as grandezas a medir e as condições a respeitar, de modo a que os trabalhos possam decorrer com o ritmo adequado.

Os alunos devem identificar, na realização das atividades, possíveis erros aleatórios e sistemáticos. Devem ainda ter em atenção o alcance e a sensibilidade dos instrumentos de medida, que indiquem a incerteza associada à escala utilizada no instrumento e apresentar as medidas com um número correto de algarismos significativos.

Os conceitos relativos ao tratamento de dados devem ser introduzidos de modo faseado, ao longo das atividades laboratoriais, e de acordo com as metas estabelecidas para cada uma delas.

As atividades laboratoriais têm de ser feitas, obrigatoriamente, pelos alunos em trabalho de grupo. [8]

O Programa da componente de Física do 11º ano da disciplina Física e Química A é a seguir sintetizado.

Domínio: *Mecânica*

Subdomínio: *Tempo, posição e velocidade*

Objetivo geral: Compreender diferentes descrições do movimento usando grandezas cinemáticas.

Conteúdos:

- Referencial e posição: coordenadas cartesianas em movimentos retilíneos
- Distância percorrida sobre a trajetória, deslocamento, gráficos posição-tempo
- Rapidez média, velocidade média, velocidade e gráficos posição-tempo
- Gráficos velocidade-tempo; deslocamento, distância percorrida e gráficos velocidade-tempo

Subdomínio: *Interações e seus efeitos*

Objetivo geral: Compreender a ação das forças, prever os seus efeitos usando as leis de Newton da dinâmica e aplicar essas leis na descrição e interpretação de movimentos.

Conteúdos:

- As quatro interações fundamentais
- Pares ação-reação e Terceira Lei de Newton
- Interação gravítica e Lei da Gravitação Universal
- Efeitos das forças sobre a velocidade
- Aceleração média, aceleração e gráficos velocidade-tempo
- Segunda Lei de Newton
- Primeira Lei de Newton
- O movimento segundo Aristóteles, Galileu e Newton

AL 1.1. Queda livre: força gravítica e aceleração da gravidade

AL 1.2. Forças nos movimentos retilíneos acelerado e uniforme

Subdomínio: *Forças e movimentos*

Objetivo geral: Caracterizar movimentos retilíneos (uniformes, uniformemente variados e variados, designadamente os retilíneos de queda à superfície da Terra com resistência do ar desprezável ou apreciável) e movimentos circulares uniformes, reconhecendo que só é possível descrevê-los tendo em conta a resultante das forças e as condições iniciais.

Conteúdos:

Características do movimento de um corpo de acordo com a resultante das forças e as condições iniciais do movimento:

- 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)
- movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado em planos horizontais e planos inclinados
- movimento circular uniforme – periodicidade (período e frequência), forças, velocidade, velocidade angular e aceleração.

AL 1.3. Movimento uniformemente retardado: velocidade e deslocamento

Domínio: *Ondas e eletromagnetismo*

Subdomínio: *Sinais e ondas*

Objetivo geral: Interpretar um fenómeno ondulatório como a propagação de uma perturbação, com uma certa velocidade; interpretar a periodicidade temporal e espacial de ondas periódicas harmónicas e complexas, aplicando esse conhecimento ao estudo do som.

Conteúdos:

- Sinais, propagação de sinais (ondas) e velocidade de propagação
- Ondas transversais e ondas longitudinais

- Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas
- Periodicidade temporal (período) e periodicidade espacial (comprimento de onda)
- Ondas harmónicas e ondas complexas
- O som como onda de pressão; sons puros, intensidade e frequência; sons complexos

AL 2.1. Características do som

AL 2.2. Velocidade de propagação do som

Subdomínio: Eletromagnetismo

Objetivo geral: Identificar as origens de campos elétricos e magnéticos, caracterizando-os através de linhas de campo; reconhecer as condições para a produção de correntes induzidas, interpretando a produção industrial de corrente alternada e as condições de transporte de energia elétrica; identificar marcos importantes na história do eletromagnetismo.

Conteúdos:

- Carga elétrica e sua conservação
- Campo elétrico criado por uma carga pontual, sistema de duas cargas pontuais e condensador plano; linhas de campo; força elétrica sobre uma carga pontual
- Campo magnético criado por ímanes e correntes elétricas (retilínea, espira circular e num solenoide); linhas de campo
- Fluxo do campo magnético, indução eletromagnética e força eletromotriz induzida (Lei de Faraday)
- Produção industrial e transporte de energia elétrica: geradores e transformadores

Subdomínio: Ondas eletromagnéticas

Objetivo geral: Compreender a produção de ondas eletromagnéticas e caracterizar fenómenos ondulatórios a elas associados; fundamentar a sua utilização, designadamente nas comunicações e no conhecimento da evolução do Universo.

Conteúdos:

- Espectro eletromagnético
- Reflexão, transmissão e absorção
- Leis da reflexão

- Refração: Leis de Snell-Descartes
- Reflexão total
- Difração
- Efeito Doppler
- O *big bang*, o desvio para o vermelho e a radiação cósmica de fundo

AL 3.1. Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total

AL 3.2. Comprimento de onda e difração

## II.2 – Organização das regências

No início do ano letivo, numa das reuniões do Núcleo de Estágio de Física e Química, decidiu-se que a Professora Estagiária, Patrícia Gomes Pinto, iria lecionar o subdomínio 2.3 – “Ondas eletromagnéticas” conforme descrito no Programa de Física e Química A 10º e 11º anos (MEC, 2014) [8]. Para este fim, estipularam-se onze aulas, correspondendo a quatro tempos letivos de noventa minutos (aulas teórico-práticas) e a um de cento e trinta e cinco minutos (atividade laboratorial 3.1). A segunda atividade laboratorial deste subdomínio não se enquadrou nas aulas de regência, por não ser objeto de avaliação no Exame Nacional de Física e Química A de 2018. Posteriormente, a Orientadora Cooperante fez uma exploração da AL. Foi decidido que o Orientador Científico assistiria a três aulas, em que uma seria a AL 3.1 – *Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total*.

As aulas de regência foram realizadas nas duas turmas em que decorreram as aulas assistidas. No entanto, o Orientador Científico apenas assistiu às aulas da turma C, lecionadas em primeiro lugar. A Professora Estagiária teve assim a oportunidade de melhorar e corrigir, de imediato, determinados aspetos apontados pelos orientadores nas aulas lecionadas na turma C. Deste modo, as aulas lecionadas na turma B fluíram de forma mais natural e espontânea.

## II.3 – Projeto de Investigação Educacional em Física

Cada vez mais é importante explorar estratégias que permitam a um professor captar a atenção dos seus alunos. As aulas não formais como, por exemplo, “Uma Aula no Museu”, são uma possibilidade. Este projeto resulta de uma experiência feita com alunos de cinco turmas do 11º ano da Escola Secundária Infanta D. Maria, no âmbito do Estágio Pedagógico do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, orientado

pelos Professores Décio Ruivo Martins, do Departamento de Física da FCTUC e Ana Paula Branquinho, da Escola Secundária Infanta D. Maria.

Pretendeu-se verificar as repercussões que uma aula lecionada no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra tem na leção da subunidade “Ondas eletromagnéticas”. Para isso, foi planeada uma aula no museu, na exposição permanente *Segredos da luz e da matéria*, que se insere nos conteúdos programáticos em questão. Foram selecionados e organizados os módulos interativos a abordar na visita/aula, de modo que os alunos entendessem que o que estavam a observar lhes poderia ser muito útil para compreenderem os conteúdos que iriam ser lecionados em contexto de sala de aula.

Antes da aula no museu, e antes de cada professor dar início àquela subunidade, foi passado um pré-teste de vinte e uma questões, de forma a poder analisar os conhecimentos prévios dos alunos, adquiridos no programa da disciplina Ciências Físico-Químicas, do 8º ano do Ensino Básico. Esse mesmo pré-teste foi passado novamente, já como pós-teste, após a visita ao museu e toda a leção da subunidade. O objetivo era perceber o que os alunos tinham efetivamente aprendido apenas das aulas e observar o impacto que a aula no museu tinha tido no modo como as restantes aulas decorreram. Das cinco turmas envolvidas no projeto, apenas quatro tiveram a oportunidade de ter a aula no museu (A, B, C e E, onde a B e a C eram da Professora Ana Paula Branquinho). Será então fundamental a aula no museu? Devemos aproveitar os recursos alternativos que temos à disposição ou devemos simplesmente dar aulas tradicionais dentro de uma sala de aula com um quadro? A experimentação altera a perspetiva dos alunos relativamente aos conteúdos? Estas foram algumas questões que a Professora Estagiária quis ver respondidas.

A Professora Estagiária verificou que a aula lecionada no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra foi bastante produtiva. O *feedback* dos alunos foi bom, na medida em que eles julgavam que iam ter “mais uma” visita a um museu qualquer, mais ainda, a maioria deles já tinha visitado aquela exposição. A grande diferença desta visita para a outra, realizada no 10º ano, é que esta foi uma visita enquadrada na matéria que estavam / iriam lecionar. Na visita anterior, para além de não se lembrarem de muitos assuntos abordados, não conseguiam fazer a ligação com o que davam na sala de aula naquele momento.

A passagem do pré-teste antes da visita foi importante na medida em que lhes permitiu perceber o que iam abordar na visita e relembrar conceitos esquecidos, e também pensar sobre questões às quais não sabiam responder.

Já nas aulas lecionadas pela Professora Estagiária (turmas B e C), foi notório o impacto que a aula no museu teve. A Professora Estagiária conseguiu sempre fazer a ligação para os módulos correspondentes a cada assunto. Os alunos nunca foram para as aulas sem conceitos prévios, pois já os tinha referido e explicado na aula do museu. Tinham um ponto de partida. Nada do que foi

abordado lhes era indiferente ou “abstrato”, pois tinham experimentado, visto, tocado. Da visita da turma B para a visita da turma C, houve um módulo que se avariou. A turma C não observou o módulo da “Decomposição da luz”. Ao lecionar esse conteúdo nas duas turmas, não foi, de todo, permitido abordar os alunos da mesma maneira, visto que os da turma C não tinham tido contacto com a experiência e não viram a luz a decompor-se. Por outro lado, a turma B fez logo alusão ao respetivo módulo, tendo uma perceção diferente da referida demonstração de Newton.

Comparando com aulas que a Professora Estagiária tinha dado anteriormente noutra unidade, verificou-se que as aulas foram muito mais participativas e que as intervenções dos alunos tiveram mais qualidade e demonstravam mais entusiasmo por parte dos mesmos. Perceberam que a aula no museu afinal foi útil, pois os ajudava a compreender o que estavam a aprender naquele momento. Para além dos pós-testes terem mostrado que os alunos adquiriram conceitos novos e corrigiram conceções erradas (de salientar que não se prepararam para a sua realização), aquando do momento formal de avaliação (teste de avaliação escrita), verificou-se também bons resultados nas turmas B e C.

A articulação entre os diferentes recursos disponíveis e as aulas tradicionais é fundamental para atrair a atenção do público de um professor, neste caso, jovens alunos. Os professores podem e devem fazer este tipo de aulas não formais, quer em museus quer noutros espaços onde seja possível ensinar ciência. Neste caso, a exposição “Segredos da luz e da matéria”, insere-se na perfeição no programa do 11º ano da disciplina de Física e Química A. Todas as escolas da cidade de Coimbra têm facilidade em realizar uma aula deste género, pela proximidade. Se os professores fizerem uma exploração idêntica conseguem estruturar de um modo alternativo toda uma unidade programática articulando com os recursos didáticos disponíveis no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra. (PIEF, 2018) [4]

## **II.4 – Primeiro contacto com os alunos**

Logo no início do ano letivo, como forma de iniciar a atividade de leção e fazer um diagnóstico acerca das suas limitações e potencialidades, foi sugerido à Professora Estagiária que preparasse dois temas para serem lecionados durante as aulas. Deste modo, a Professora Estagiária Patrícia Gomes Pinto preparou diversas atividades:

- Atividade 1: “Como obter o gráfico posição-tempo de um movimento real” (**Anexo III**);
- Análise de um gráfico posição-tempo e de um gráfico velocidade-tempo (**Anexo IV**);
- Ficha nº1 – “Interação gravítica e Lei da Gravitação Universal” (**Anexo V**);

Lecionou ainda toda a parte 1.3.5 *Movimento circular uniforme*, do subdomínio 1.3 *Forças e movimentos*, do domínio 1 *Mecânica* (**Anexo VI**, **Anexo VII** e **Anexo VIII**), e elaborou alguns protocolos de atividades laboratoriais e participou na preparação das mesmas (**Anexo IX**, **Anexo X** e **Anexo XI**).

O contacto com os alunos ao longo do tempo foi importante, assim como as aulas lecionadas sem ser em momentos de avaliação, pois permitiu que a Professora Estagiária desenvolvesse competências como a linguagem, a postura e o controlo de uma aula adequados. Os alunos gostaram logo da primeira atividade realizada com os sensores, por ser dinâmica e interativa. A resolução de problemas ao longo dos vários subdomínios era sempre bastante participativa e os alunos consolidavam a matéria.

A aula sobre o *Movimento circular uniforme* teve algumas falhas ao nível da linguagem e do ritmo que foram imediatamente apontadas pela Orientadora Cooperante. No entanto, quando foi novamente dada na segunda turma, essas falhas foram corrigidas e o desempenho foi consideravelmente melhor. Esta evolução foi sempre evidente ao longo de todo o ano letivo: ao lecionar a mesma aula na segunda turma, as falhas que eram apontadas à Professora Estagiária na primeira aula, eram imediatamente corrigidas e a aula acabava por fluir de forma mais natural e espontânea.

Esta participação ativa ao longo das aulas promoveu uma excelente relação entre a Professora Estagiária e os alunos das duas turmas, assim como confiança e autonomia por parte da mesma.

## **II. 5 – Regências**

De forma a garantir um melhor acompanhamento dos conteúdos abordados pelos alunos nas aulas lecionadas pela Orientadora Cooperante, a Professora Estagiária assistiu a todas as aulas permitindo que as regências fossem integradas com uma visão global dos conceitos já abordados e numa perspetiva de continuidade de trabalho com os alunos. O facto de estar sempre presente, fez com que existisse alguma proximidade dos alunos e rapidamente, a Professora Estagiária deixou de ser um elemento estranho na sala de aula. Era frequente tirar dúvidas aos alunos, preparar as diversas atividades laboratoriais e ajudar na execução das mesmas. A integração da Professora Estagiária era assim feita naturalmente.

Iniciou-se a preparação das regências, a realizar na subunidade 2.3 – *Ondas eletromagnéticas*, por uma leitura do programa de Física e Química A (MEC, 2014) [8], bem como do manual adotado pela escola, Ventura *et al.* (2016) [9], para que fossem conhecidos os conteúdos curriculares a abordar, bem como os pré-requisitos necessários à leção da subunidade. Para

complementar a preparação, foram consultados outros manuais, por exemplo, Caldeira *et al.* (2016) [10], Azevedo *et al.* (2016) [11], Oliveira *et al.* (2016) [12], Correia *et al.* (2016) [13], Rodrigues *et al.* (2016) [14], livros de preparação de exames como por exemplo Arieiro *et al.* (2017) [15] e manuais do 8º ano, como por exemplo, Costa *et al.* (2014) [16].

Com base no programa e na informação obtida na pesquisa, realizou-se uma distribuição dos conteúdos curriculares a serem abordados em cada aula, que são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Distribuição de conteúdos curriculares pelas aulas de Física lecionadas pela Professora Estagiária e observações.

<b>Aula</b>	<b>Conteúdos curriculares</b>	<b>Observações</b>
1/2	Produção e propagação de ondas eletromagnéticas. Espectro eletromagnético. Os contributos de Maxwell e Hertz. Repartição da energia de uma onda eletromagnética. A energia solar e a Terra. Albedo.	Aula teórica, onde se procurou integrar os conceitos lecionados em marcos históricos da Física, promover a discussão com a turma a partir de algumas situações apresentadas, de modo a explorar os conceitos abordados, relacionar os conceitos com situações do quotidiano e reforçar o carácter interdisciplinar dos conceitos lecionados, salientando a importância das ondas eletromagnéticas do ponto de vista biológico e tecnológico.  O visionamento do vídeo “Experiência de Hertz” cativou a atenção dos alunos.
3/4	Reflexão da luz. Refração da luz. Reflexão total da luz.	Aula teórica, onde se procurou promover a discussão com a turma a partir de algumas situações apresentadas, de modo a explorar os conceitos abordados. A exploração de imagens, esquemas e exercícios de aplicação foi fundamental para a compreensão da matéria lecionada. O facto da Professora Estagiária ter levado para a aula uma amostra de fibra ótica, permitiu que a mesma fosse mais dinâmica e interessante.
5/6	Difração da luz. Efeito Doppler. Aplicações da radiação eletromagnética nas comunicações.	Última aula teórica de conclusão da subunidade. O vídeo “Efeito Doppler” e a exploração de imagens enriqueceram a aula.

	O <i>Big Bang</i> , o desvio para o vermelho e a radiação cósmica de fundo.	
7/8/9	AL 3.1 – Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absorção</li> <li>• Reflexão</li> <li>• Refração</li> <li>• Índice de refração</li> <li>• Reflexão total</li> <li>• Ângulo crítico</li> </ul>	Aula prático-laboratorial, onde os alunos puderam observar os fenómenos que aprenderam na segunda aula teórica.
10/11	Ondas eletromagnéticas	Aula teórico-prática, de conclusão da subunidade, onde foram feitas revisões dos conceitos e da matéria lecionada em toda a subunidade 2.3 “Ondas eletromagnéticas” e uma ficha de trabalho.

Com base nas metas curriculares e competências que os alunos deviam adquirir, foram definidas estratégias que pudessem levar à aprendizagem, modos de avaliação e recursos didáticos a utilizar em cada aula. Foi então elaborada uma planificação do subdomínio (**Anexo XII**). De notar que a AL 3.2 não foi realizada nas aulas de regência, conforme já foi explicado neste relatório.

Nessa planificação de subdomínio encontram-se distribuídos pelos tempos letivos previstos, os conteúdos e metas curriculares, as estratégias a aplicar, os modos de avaliação e os recursos didáticos utilizados em cada aula.

A planificação foi feita logo no início da preparação das regências, mas foi sofrendo alterações consoante a Professora Estagiária planeava aula a aula (**Anexo XIII**, **Anexo XV** e **Anexo XVIII**). A planificação serve assim como um guião inicial, mas não é rígida, nem inalterável. Um professor com pouca experiência é geralmente muito otimista relativamente ao tempo que demora a lecionar uma determinada matéria.

Na leção deste subdomínio, tentou-se diversificar as estratégias, como exposição oral, apresentações em PowerPoint, resolução de exercícios de aplicação, resolução de fichas de trabalho, visualização de vídeos com interesse para a leção, utilização de exemplos práticos e palpáveis durante as aulas teóricas, realização da atividade laboratorial prevista pelo programa da disciplina.

A leção deste subdomínio foi enquadrada no PIEF [4], cujo objetivo era estudar o impacto de uma aula no museu na forma como as aulas seguintes dentro da sala de aula iriam decorrer. A Professora Estagiária iniciou as aulas de regência após lecionar uma aula no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra. Foi notório o aumento do interesse dos alunos, ao lembrar cada módulo da exposição, à medida que se ia lecionado a matéria. Os alunos fizeram sempre a ligação do que estavam a aprender ao que tinham observado na aula no museu. Esta experiência permitiu aulas muito dinâmicas e interativas.

Após fazer uma integração dos conceitos lecionados em marcos históricos da Física, a Professora Estagiária, como uma das estratégias utilizadas, procurou sempre promover a discussão com a turma a partir de algumas situações apresentadas, de modo a explorar os conceitos abordados, relacionar os conceitos lecionados com situações do quotidiano como, por exemplo, a aplicação da reflexão total da luz na fibra ótica, entre muitos outros.

A apresentação de imagens e esquemas que foram sendo apresentados ao longo das aulas, permitiu uma exploração com os alunos, fomentando o espírito crítico e de análise. O facto de em todas as aulas terem sido apresentados exercícios de aplicação, quer retirados de outros manuais ou até de exames nacionais e testes intermédios de anos anteriores, fez com que houvesse um complemento às aprendizagens. Os alunos assimilam melhor a matéria e é um método de avaliação formativa e diagnóstica que permite detetar falhas em conceções e no domínio de determinada matéria. A resolução destes exercícios foi praticamente toda realizada pelos alunos no quadro. Durante esse processo, toda a turma se envolvia e cooperava.

O manual adotado pela Escola Secundária Infanta D. Maria denominava-se *NOVO 11F* (Ventura, *et al.*, 2016) [9]. Este foi a base da preparação de todas as aulas e, como tal, fez parte integrante de algumas estratégias utilizadas. Quer pela apresentação de esquemas e figuras, quer pela resolução de alguns exercícios selecionados previamente, o manual foi um recurso bastante utilizado na sala de aula.

As aulas foram lecionadas com o apoio de uma apresentação de PowerPoint (**Anexo XIV**, **Anexo XVI** e **Anexo XIX**) que permitiu apresentar conteúdos, conceitos, descrições e imagens além de permitir também uma melhor organização e encadeamento dos assuntos. Geralmente, os assuntos eram introduzidos no quadro e só depois apareciam no PowerPoint como recapitulação, de modo a que os alunos estivessem atentos à explicação da Professora Estagiária. A Professora Estagiária preparou para cada aula cartões de apoio para respeitar a sequência planeada. As aulas planeadas foram resultado de pesquisa sobre conteúdos a lecionar por parte da Professora Estagiária, e também de sugestões dos orientadores. As apresentações em PowerPoint foram enviadas aos alunos, após terminar cada aula, como mais um recurso didático para estudo,

complementando o manual, as fichas de trabalho (**Anexo XVII** e **Anexo XXIII**) e a exposição oral, assim como notas importantes que foram sendo escritas no quadro.

A realização da AL 3.1 *Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total* permitiu que os alunos desenvolvessem competências e cimentassem conceitos. A sua preparação foi feita atempadamente e permitiu realizar um protocolo diferente daquele que era proposto no manual, com questões-problema, introdução genérica, questões pré laboratoriais, objetivo da atividade, material e equipamento necessários, procedimento experimental, exploração dos resultados e questões pós laboratoriais (**Anexo XX**).

Na aula anterior à realização da atividade laboratorial, realizou-se uma pequena introdução teórica alertando os alunos para os conceitos que iriam ser abordados e para o modo como a aula iria decorrer, de forma a que os alunos tivessem mais autonomia e dinâmica.

A aula da atividade laboratorial foi iniciada por uma breve revisão de alguns conceitos importantes para a compreensão da mesma e por uma explicação do procedimento. Durante a mesma foram sendo registadas as participações e intervenções dos alunos numa grelha de observações, previamente preparada pela Professora Estagiária (**Anexo XXI**).

A última aula de regência foi uma aula de revisões de todo o subdomínio, envolvendo a resolução de uma ficha de trabalho (**Anexo XXII** e **Anexo XXIII**) e de exercícios do manual, de forma a que os alunos relembressem e relacionassem toda a matéria. Todas as dúvidas expostas pelos alunos foram tiradas.

De uma forma geral, todas as estratégias foram cumpridas por parte da Professora Estagiária, revelando-se todas importantes nas aprendizagens realizadas pelos alunos. Espera-se que a variedade de estratégias tenha permitido que todos os alunos tenham estado motivados e contribuído para promover aprendizagens significativas.

É de salientar, uma vez mais, que houve uma grande evolução da Professora Estagiária ao longo das aulas, notando-se alguma diferença das aulas lecionadas na turma C (sempre à primeira hora) e na turma B (as últimas), no bom sentido. Isto deve-se ao facto de os erros apontados e as sugestões feitas pelos orientadores serem imediatamente corrigidas. A experiência e os erros cometidos são, sem dúvida, o melhor caminho para a aprendizagem.

A Professora Estagiária colaborou ainda na realização das provas de avaliação, tanto teóricas como práticas, na sua vigilância e na sua correção ao longo de todo o ano letivo, tarefas essas de grande importância e responsabilidade atribuídas ao docente.

## CAPÍTULO III – COMPONENTE DE QUÍMICA

### III.1 – Organização da Componente de Química do Programa de 11º ano

A componente de Química do 11º ano contempla dois domínios: *Equilíbrio químico* e *Reações em sistemas aquosos*. Centra-se no equilíbrio químico e em aspetos quantitativos e qualitativos das reações químicas, sendo estudadas em particular reações ácido-base, de oxidação-redução e de solubilidade.

*A enorme utilidade da química no mundo atual aponta para um futuro sustentável em áreas vitais para a sociedade (energia, recursos naturais, saúde, alimentação, novos materiais, entre outros) através de avanços significativos na síntese química, na química analítica, na química computacional, na química biológica e na tecnologia química. Estes aspetos devem, por isso, ser valorizados, procurando-se que os alunos reconheçam algumas aplicações e outros resultados de investigação que tenham impacto na sociedade e no ambiente. (MEC, 2014) [8]*

Domínio: *Equilíbrio químico*

Subdomínio: *Aspetos quantitativos das reações químicas*

Objetivo geral: Compreender as relações quantitativas nas reações químicas e aplicá-las na determinação da eficiência dessas reações.

Conteúdos:

- Reações químicas: equações químicas e relações estequiométricas
- Reagente limitante e reagente em excesso
- Grau de pureza de uma amostra
- Rendimento de uma reação química
- Economia atómica e química verde

AL 1.1. Síntese do ácido acetilsalicílico

Subdomínio: *Equilíbrio químico e extensão das reações químicas*

Objetivo geral: Reconhecer a ocorrência de reações químicas incompletas e de equilíbrio químico e usar o Princípio de Le Châtelier para prever a evolução de sistemas químicos.

Conteúdos:

- Reações incompletas e equilíbrio químico: reações inversas e equilíbrio químico e equilíbrio químico
- Extensão das reações químicas: constante de equilíbrio usando concentrações e quociente da reação
- Fatores que alteram o equilíbrio químico: Princípio de Le Châtelier e equilíbrio químico e otimização de reações químicas

AL 1.2. Efeito da concentração no equilíbrio químico

Domínio: *Reações em sistemas aquosos*

Subdomínio: *Reações ácido-base*

Objetivo geral: Aplicar a teoria protônica (de Brønsted e Lowry) para reconhecer substâncias que podem atuar como ácidos ou bases e determinar o pH das suas soluções aquosas.

Conteúdos:

- Ácidos e bases: evolução histórica e ácidos e bases segundo Brønsted e Lowry
- Acidez e basicidade de soluções: escala de Sorensen e pH e concentração hidrogeniônica
- Autoionização da água: produto iônico da água, relação entre as concentrações de  $\text{H}_3\text{O}^+$  e de  $\text{OH}^-$  e efeito da temperatura na autoionização da água
- Ácidos e bases em soluções aquosas: ionização de ácidos e de bases em água, pares conjugados ácido-base e espécies químicas anfotéricas
- Constantes de acidez e de basicidade
- Força relativa de ácidos e de bases
- Titulação ácido-base: neutralização, ponto de equivalência e indicadores ácido-base
- Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais
- Aspectos ambientais das reações ácido-base: acidez da água da chuva, poluentes atmosféricos e chuva ácida e redução da emissão de poluentes atmosféricos

AL 2.1. Constante de acidez

## AL 2.2. Titulação ácido-base

### Subdomínio: *Reações de oxidação-redução*

Objetivo geral: Reconhecer as reações de oxidação-redução como reações de transferência de elétrons e interpretar a ação de ácidos sobre alguns metais como um processo de oxidação - redução.

### Conteúdos:

- Caracterização das reações de oxidação-redução: conceitos de oxidação e redução, espécie oxidada e espécie reduzida, oxidante e redutor, número de oxidação e semirreações de oxidação e redução
- Força relativa de oxidantes e redutores: reação ácido-metal, poder redutor e poder oxidante, série eletroquímica

## AL 2.3. Série eletroquímica

### Subdomínio: *Soluções e equilíbrio de solubilidade*

Objetivo geral: Compreender a dissolução de sais e reconhecer que a mineralização das águas se relaciona com processos de dissolução e equilíbrio de solubilidade.

### Conteúdos:

- Mineralização das águas e processo de dissolução: dissolução de sais e gases na água do mar, processo de dissolução e interação soluto-solvente e fatores que afetam o tempo de dissolução
- Solubilidade de sais em água: solubilidade, efeito da temperatura na solubilidade e solução não saturada, saturada e sobressaturada
- Equilíbrio químico e solubilidade de sais: constante do produto de solubilidade e solubilidade e produto de solubilidade
- Alteração da solubilidade dos sais: efeito do íon comum, efeito da adição de soluções ácidas e formação de íons complexos
- Desmineralização de águas e processos de precipitação: correção da dureza da água e remoção de poluentes

## AL 2.4. Temperatura e solubilidade de um soluto sólido em água

## III.2 – Organização das regências

Após ter terminado a componente de Física, numa das reuniões de orientação de estágio, na presença do Orientador Científico e da Orientadora Cooperante, decidiu-se que a Professora Estagiária, Patrícia Gomes Pinto, iria lecionar doze aulas, nove tempos letivos de aulas teórico - - práticas e três tempos letivos de aula prática (atividade laboratorial).

As regências decorreram no subdomínio 2.2 – *Reações ácido-base*, abrangendo os seguintes conteúdos curriculares:

- Titulação ácido-base;
- Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais;
- Aspectos ambientais das reações ácido-base;
- AL 2.2. Titulação ácido-base.

## III.3 – Regências

Da mesma forma que para a componente de Física, a Professora Estagiária assistiu a todas as aulas lecionadas pela Orientadora Cooperante, permitindo um ajuste de linguagem e da forma de abordar os assuntos, assim como uma maior integração das regências nas atividades letivas das turmas onde estas se realizaram. Também nesta componente, a Professora Estagiária realizou as atividades laboratoriais, preparando-a para as regências, uma vez que a dotou de competências importantes.

A preparação das regências na componente de Química iniciou-se pela leitura do programa da disciplina (MEC, 2014) [8], bem como do manual adotado pela escola (Silva *et al.* 2016) [17], para que fossem conhecidos os conteúdos curriculares a abordar bem como os pré-requisitos necessários à leção dos mesmos. Para complementar a preparação, foram consultados outros manuais, como por exemplo, Paiva *et al.* (2016) [18] e livros de preparação para exames, por exemplo, Arieiro *et al.* (2017)[15].

Com base no programa e em toda a pesquisa realizada, fez-se o levantamento dos conteúdos curriculares a serem abordados, os quais são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Distribuição de conteúdos curriculares pelas aulas de Química lecionadas pela Professora Estagiária e observações.

<b>Aula</b>	<b>Conteúdos curriculares</b>	<b>Observações</b>
1/2	Titulação ácido-base: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutralização</li> <li>• Ponto de equivalência e ponto final</li> <li>• Indicadores ácido-base</li> </ul>	Aula teórica que serviu de base de preparação para a atividade laboratorial 2.2 “Titulação ácido-base”.
3/4/5	AL 2.2 – Titulação ácido-base	Aula laboratorial que permitiu aos alunos verificarem experimentalmente o que era uma titulação ácido-base. A atividade fez-se centrada.
6/7	Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sal proveniente de ácido forte e base forte</li> <li>• Sal proveniente de ácido fraco e base forte</li> <li>• Sal proveniente de ácido forte e base fraca</li> <li>• Sal proveniente de ácido fraco e base fraca</li> </ul>	Aula teórica, onde se analisaram diferentes curvas de titulação.
8/9	Aspectos ambientais das reações ácido-base: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidez da água da chuva</li> <li>• Poluentes atmosféricos e chuva ácida</li> <li>• Redução da emissão de poluentes atmosféricos</li> </ul>	Última aula teórica da subunidade.
10/11/12	Reações ácido-base	Aula teórico-prática, onde foram feitas revisões sobre toda a subunidade e também resolvida uma ficha de trabalho, de forma a consolidar os conceitos e conteúdos abordados.

Com base nos conteúdos curriculares a abordar, definiram-se objetivos de aprendizagem, considerados relevantes, para que fossem preparadas estratégias que pudessem ser motivadoras e que conduzissem a aprendizagens significativas. Foi então elaborada uma planificação a médio prazo do bloco de aulas de regência (**Anexo XXIV**) distribuindo os conteúdos curriculares e estratégias, modos de avaliação e recursos didáticos a utilizar para cada aula. As aprendizagens efetuadas nas regências da componente de Física ajudaram bastante na planificação a médio prazo das aulas de Química. Por exemplo, a previsão do tempo de aplicação de cada estratégia foi muito mais realista e o plano não teve de ser alterado.

À semelhança do que aconteceu na preparação das aulas de Física, tentou-se diversificar as estratégias, como exposição oral, exploração de apresentações em PowerPoint, resolução de exercícios de aplicação propostos no decorrer das aulas, de fichas formativas e do próprio manual. A realização da atividade laboratorial foi de extrema importância para entender o tema da *Titulação ácido-base*.

As aulas de Química foram preparadas muito à semelhança das aulas de Física, com estratégias e recursos didáticos muito semelhantes. No entanto, nesta componente, é de salientar que a atividade laboratorial tem um papel de maior importância no que diz respeito à clarificação dos alunos sobre o tema. Na primeira aula de regência (**Anexo XXV** e **Anexo XXVI**) foi introduzido o que era uma titulação ácido-base e toda a aula teórica serviu para explicar conceitos importantes, a reação química que ocorria e, ao mesmo tempo, toda a atividade laboratorial que os alunos iriam realizar na aula seguinte, porque era inerente. Deste modo, a segunda aula de regência (atividade laboratorial) começou com uma explicação da atividade, como uma revisão da aula anterior. O protocolo fornecido aos alunos (**Anexo XXVII**) já havia sido explicado espontaneamente na aula anterior. Durante a aula laboratorial foram feitas observações sobre a postura e participação dos alunos numa grelha previamente estruturada pela Professora Estagiária (**Anexo XXVIII**). As duas aulas seguintes foram de cariz teórico (**Anexo XXIX**, **Anexo XXX**, **Anexo XXXI** e **Anexo XXXII**) e a última aula da subunidade foi de revisões de conceitos e conteúdos, onde se resolveu uma ficha de trabalho de consolidação (**Anexo XXXIII** e **Anexo XXXIV**).

O manual adotado pela Escola Secundária Infanta D. Maria denominava-se *Eu e a Química 11* (Silva *et al.*, 2016) [17]. Este foi a base da preparação de todas as aulas e, como tal, fez parte integrante de algumas estratégias utilizadas, quer pela apresentação de esquemas e figuras, quer pela resolução de alguns exercícios selecionados previamente, o manual foi um recurso bastante utilizado na sala de aula.

As estratégias adotadas pela Professora Estagiária mostraram-se adequadas e promoveram a aprendizagem e a aquisição de conceitos e conteúdos por parte dos alunos. A experiência adquirida durante as aulas de Física foi um elemento chave para o desenvolvimento natural de todo este processo de preparação e lecionação das aulas de Química.

À semelhança do que aconteceu na componente de Física, a Professora Estagiária também colaborou ainda na realização das provas de avaliação, tanto teóricas como práticas, na sua vigilância e na sua correção ao longo de todo o ano letivo.

### III.4 – Projeto de Investigação Educacional em Química

O Projeto de Investigação Educacional em Química [5] insere-se no Estágio Pedagógico do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, realizado durante o ano letivo 2017/2018, na Escola Secundária Infanta D. Maria, em Coimbra, sob a orientação da Professora Ana Paula Branquinho.

A Química não está apenas presente nas nossas vidas quando entramos numa sala de aula ou num laboratório. O projeto divide-se em duas partes distintas, mas que se unem no que diz respeito à aprendizagem não formal. Numa primeira parte, o projeto levado à 15ª edição do Prémio Fundação Ilídio Pinho “Ciência na escola” – *Química e saúde pública: quimiofobia* – e, numa segunda parte, a Aula de Campo realizada com os alunos do 11º ano, inserida no programa curricular de Física e Química A.

O projeto *Química e saúde pública: quimiofobia* teve como objetivo principal sensibilizar toda a comunidade escolar para os contributos da química, não só no desenvolvimento científico e tecnológico, mas principalmente nas indústrias farmacêutica e alimentar e em questões ambientais, de uma forma ativa. Envolveu alunos do 12º ano e teve também a colaboração de alunos do 11º ano.

A Aula de Campo foi realizada com duas turmas do 11º ano, no final do ano letivo, com o objetivo de lecionar uma aula diferente das que os alunos e professores estão habituados. O grande objetivo era que os alunos observassem aspetos que tinham estudado, passando do abstrato para o concreto e vivessem uma experiência que lhes proporcionasse uma melhor aprendizagem.

No seguimento do Projeto de Investigação Educacional em Física que realizado no 1º semestre - “O contributo pedagógico das visitas de estudo ao Museu da Ciência da Universidade de Coimbra e o enquadramento dos conteúdos abordados no programa e metas curriculares da disciplina Física e Química A” [4] –, este projeto pretende explorar estratégias que captem a atenção e o interesse dos alunos, através da aprendizagem não formal: numa primeira parte, envolvendo toda a comunidade escolar num projeto extracurricular e, numa segunda, tentando observar e aplicar, em Coimbra, conteúdos programáticos da disciplina Física e Química A.

Os dois projetos realizados tiveram como objetivo comum verificar até que ponto a aprendizagem não formal é ou não benéfica para o ensino da Química. Tal como a Professora Estagiária tinha verificado no Projeto de Investigação Educacional em Física [4], a aprendizagem não formal atrai a atenção dos alunos de um modo especial. Os ambientes diferentes despertam um entusiasmo que não existe normalmente na sala de aula.

O projeto levado à 15ª edição do Prémio Fundação Ilídio Pinho “Ciência na Escola” – *Química e saúde pública: quimiofobia* – não envolveu qualquer tipo de aula, mas sim uma colaboração de

toda a comunidade escolar numa aprendizagem não formal, mas direcionada e focada. A sua apresentação ocorreu na exposição no Dia Aberto da Escola Secundária Infanta D. Maria e conseguiu-se desmistificar alguns assuntos relativamente à química e aos químicos. Certamente que, pelo menos, conseguiu-se levar a maioria das pessoas que por lá passou a refletir sobre o assunto.

Relativamente à aula de campo, verificou-se uma vez mais, visto que a Professora Estagiária já tinha lecionado uma aula de Física no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, que os alunos mostram um interesse bastante maior em espaços exteriores à escola. Foi uma aula bem-sucedida. O recurso ao caderno de micas foi uma mais valia para as explicações dadas ao longo de todo o percurso, tendo permitido que os alunos observassem, aplicassem e verificassem alguns conteúdos lecionados durante o ano letivo. Mostraram-se ativos, participativos e envolvidos. A Professora Estagiária considera que foi uma excelente forma de terminar o ano, reforçando os conhecimentos dos alunos num contexto informal e motivador.

## **CAPÍTULO IV – COMPONENTE NÃO LETIVA**

### **IV.1 – Enquadramento legal e desenvolvimento de competências pelos estagiários**

A componente não letiva do pessoal docente abrange a realização de trabalho a nível individual e a prestação de trabalho a nível do estabelecimento de ensino, essencial para o funcionamento de todo o processo educativo. A tarefa de um professor não passa só por lecionar as suas aulas, mas sim por se envolver também em todo o processo educativo desde o início e pela relação com os elementos de toda a comunidade educativa.

Segundo o Estatuto da Carreira Docente dos Educadores de Infância e dos Professores dos Ensinos Básico e Secundário, artigo 5, existe um conjunto de direitos que dizem respeito à participação no processo educativo:

1. “O direito de participação exerce-se no quadro do sistema educativo, da escola e da relação com a comunidade.
2. O direito de participação, que pode ser exercido a título individual ou coletivo, nomeadamente através das organizações profissionais e sindicais do pessoal docente, compreende:
  - a) O direito a emitir opiniões e recomendações sobre as orientações e o funcionamento do estabelecimento de ensino e do sistema educativo;
  - b) O direito a participar na definição das orientações pedagógicas ao nível do estabelecimento de ensino ou das suas estruturas de coordenação;
  - c) O direito à autonomia técnica e científica e à liberdade de escolha dos métodos de ensino, das tecnologias e técnicas de educação e dos tipos de meios auxiliares de ensino mais adequados, no respeito pelo currículo nacional, pelos programas e pelas orientações programáticas curriculares ou pedagógicas em vigor;
  - d) O direito a propor inovações e a participar em experiências pedagógicas, bem como nos respetivos processos de avaliação;
  - e) O direito de eleger e ser eleito para órgãos colegiais ou singulares dos estabelecimentos de educação ou de ensino, nos casos em que a legislação sobre a sua gestão e administração o preveja.
3. O direito de participação pode ainda ser exercido, através das organizações profissionais e sindicais do pessoal docente, em órgãos que, no âmbito nacional, regional autónomo ou regional, prevejam a representação do pessoal docente.”

Já no que diz respeito à componente não letiva, o artigo 82 do Estatuto da Carreira Docente dos Educadores de Infância e dos Professores dos Ensinos Básico e Secundário refere que:

1. “A componente não letiva do pessoal docente abrange a realização de trabalho a nível individual e a prestação de trabalho a nível do estabelecimento de educação ou de ensino.
2. O trabalho a nível individual pode compreender, para além da preparação das aulas e da avaliação do processo ensino-aprendizagem, a elaboração de estudos e trabalhos de investigação de natureza pedagógica ou científico-pedagógica.
3. O trabalho a nível do estabelecimento de educação ou de ensino deve ser desenvolvido sob orientação das respetivas estruturas pedagógicas intermédias com o objetivo de contribuir para a realização do projeto educativo da escola, podendo compreender, em função da categoria detida, as seguintes atividades:
  - a) A colaboração em atividades de complemento curricular que visem promover o enriquecimento cultural e a inserção dos educandos na comunidade;
  - b) A informação e orientação educacional dos alunos em colaboração com as famílias e com as estruturas escolares locais e regionais;
  - c) A participação em reuniões de natureza pedagógica legalmente convocadas;
  - d) A participação, devidamente autorizada, em ações de formação contínua que incidam sobre conteúdos de natureza científico-didática com ligação à matéria curricular lecionada, bem como as relacionadas com as necessidades de funcionamento da escola definidas no respetivo projeto educativo ou plano de atividades;
  - e) A substituição de outros docentes do mesmo agrupamento de escolas ou escola não agrupada na situação de ausência de curta duração, nos termos do nº5;
  - f) A realização de estudos e de trabalhos de investigação que entre outros objetivos visem contribuir para a promoção do sucesso escolar e educativo;
  - g) A assessoria técnico-pedagógica de órgãos de administração e gestão da escola ou agrupamento;
  - h) O acompanhamento e apoio aos docentes em período probatório;
  - i) O desempenho de outros cargos de coordenação pedagógica;
  - j) O acompanhamento e a supervisão das atividades de enriquecimento e complemento curricular;
  - l) A orientação e o acompanhamento dos alunos nos diferentes espaços escolares;
  - m) O apoio individual a alunos com dificuldades de aprendizagem;
  - n) A produção de materiais pedagógicos.
4. (...)”

Um futuro professor necessita de adquirir competências a diversos níveis, onde se incluem as que dizem respeito à componente não letiva. O ano de estágio surge como uma oportunidade de aprender e adquirir experiência neste âmbito e, como tal, o grupo de recrutamento de Física e Química da Escola Secundária Infanta D. Maria procurou, desde o início, integrar a Professora Estagiária em algumas das atividades que esta componente prevê. Assim, desde o acompanhamento da Direção de Turma, passando pela planificação e acompanhamento de visitas de estudo, pelo envolvimento nas decorações natalícias e até à participação no Dia Aberto, a Professora Estagiária teve a oportunidade de estar envolvida em diversas atividades.

## **IV.2 – Assessoria à Direção de Turma**

A Direção de Turma é talvez uma das atividades que mais capacidade de interação, orientação e coordenação exige, uma vez que compreende a ligação entre os professores das diversas disciplinas com os alunos e com os pais e/ou Encarregados de Educação. Cabe ao Diretor de Turma (DT) conciliar todas as relações e resolver todos os problemas que surjam com a turma. Deste modo, desde o início do ano letivo que a Professora Estagiária mostrou a sua disponibilidade para ajudar a Diretora de Turma da turma B do 11º ano, Dra. Ana Paula Branquinho, também Orientadora Cooperante, nas suas tarefas como forma de adquirir outras competências que não seriam adquiridas apenas pela preparação e lecionação das aulas.

Assim, a Professora Estagiária, Patrícia Gomes Pinto, começou por elaborar a caracterização da turma, acompanhou e prestou assessoria à Diretora de Turma em diversos papéis como: justificação de faltas, informações ao diretor de turma, atas, dossiê de turma.

Foi possível aprender um pouco mais sobre a organização da escola e do que se espera de um professor com a função de DT. É da responsabilidade do DT acompanhar a aplicação dos planos aprovados pelo Conselho de Turma, tendo em vista o sucesso educativo dos alunos, controlar a assiduidade dos alunos, verificar periodicamente o seu aproveitamento, manter informados os Encarregados de Educação sobre o comportamento, o aproveitamento e a assiduidade dos seus educandos, convocar representantes dos pais e Encarregados de Educação, os Delegado e Subdelegado de turma para as reuniões intercalares do Conselho de Turma e referenciar os alunos com Necessidades Educativas Especiais (NEE). Foram adquiridas competências ao nível organizacional, processual e relacional.

No final do ano letivo, a Diretora de Turma da turma B do 11º ano, Dra. Ana Paula Branquinho, deu o seu parecer relativamente ao contributo da Professora Estagiária, Patrícia Gomes Pinto. (**Anexo XXXV**).

### IV. 3 – Visitas de estudo

“A visita de estudo é uma das estratégias que mais estimula os alunos dado o carácter motivador que constitui a saída do espaço escolar. A componente lúdica que envolve, bem como a relação professor-alunos que propicia, leva a que estes se empenhem na sua realização.”<sup>3</sup>

No dia 22 de março de 2018, a Professora Estagiária acompanhou os alunos que frequentavam a disciplina Biologia e Geologia do 11º ano, a uma visita de estudo ao Geoparque de Arouca. A visita passou por conhecer a Serra da Freita (Rota dos Geossítios), as Pedras Parideiras e algumas Aldeias Tradicionais.



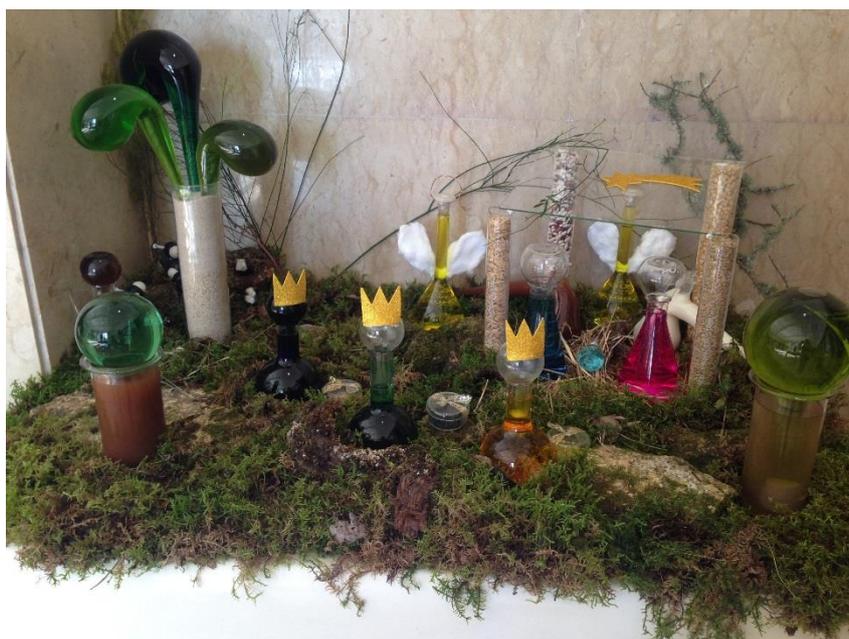
**Figura 10** – Visita de estudo ao Geoparque de Arouca.

### IV. 4 – Presépio Químico

No âmbito das atividades realizadas no Natal, o núcleo de estágio de Física e Química, juntamente com a Dona Margarida (auxiliar dos laboratórios), elaborou um Presépio Químico, montado no átrio principal da escola. Foram utilizados materiais de laboratório e água líqüida com diversos corantes (**Figura 11**). A decoração da árvore (**Figura 12**) representa os materiais de laboratório.

---

<sup>3</sup> [http://www.netprof.pt/netprof/servlet/getDocumento?TemaID=NPL0702&id\\_versao=11732](http://www.netprof.pt/netprof/servlet/getDocumento?TemaID=NPL0702&id_versao=11732)



**Figura 11** – Presépio Químico.



**Figura 12** – Árvore do Presépio Químico.

## IV. 5 – Dia Aberto

No dia 16 de maio de 2018, realizou-se a segunda edição do Dia Aberto da Escola Secundária Infanta D. Maria. Um dia onde a escola se encontra aberta a toda a comunidade, com diversas atividades organizadas pelos grupos disciplinares e com a envolvimento de todos os alunos. No final do dia, o grupo de Educação Física realizou um sarau no Pavilhão Municipal Multidesportos Mário Mexia.

A Professora Estagiária participou com a exposição do projeto *Química e saúde pública: quimiofobia* e esteve presente no almoço partilhado e também no sarau desportivo.

Este tipo de iniciativa proporciona uma excelente relação entre as pessoas, um convívio que não é habitual entre os professores, os alunos e os funcionários, e fomenta o espírito ativo e criativo de todos.



**Figura 13** – Exposição no Dia Aberto do projeto *Química e saúde pública: quimiofobia*.

## IV.6 – Relação com o pessoal docente e não docente

A integração da Professora Estagiária na comunidade escolar foi realizada pela sua Orientadora Cooperante. No primeiro dia, deu a conhecer a escola, os funcionários e professores, assim como todos os serviços disponíveis.

A partir daí, a professora Patrícia Pinto procurou integrar-se e envolver-se em todos os momentos. O grupo de professores de Física e Química encontrado nesta escola mostrou grande

simpatia, cooperação e espírito de entreaajuda, contribuindo para que houvesse motivação, bem-estar e para que a Professora Estagiária se sentisse parte do grupo.

Ao longo do ano, as relações com o pessoal docente e não docente foram de companheirismo e sempre com excelente ambiente. A Professora Estagiária realça ainda a grande simpatia do pessoal não docente que se disponibilizou, desde o primeiro dia, para que tudo se desenrolasse da melhor maneira.

A Professora Estagiária esteve presente no jantar de Natal organizado pela Escola e também no almoço partilhado de fim de ano, com os grupos de Física e Química e de Biologia e Geologia, sentindo-se acolhida e acarinhada.



## CAPÍTULO V – CONCLUSÃO

Apresentando uma reflexão mais global sobre todo o trabalho desenvolvido durante o Estágio Pedagógico durante o ano letivo 2017/2018, é possível concluir que este se traduz no conjunto de aprendizagens e de experiências que são impossíveis de alcançar apenas durante o percurso na Universidade da Professora Estagiária.

O Estágio Pedagógico possibilita ao futuro docente uma visão mais realista da profissão que pretende exercer. A Professora Estagiária conseguiu perceber o funcionamento, a dinâmica e a organização de uma escola e de toda a comunidade escolar, assim como ter, pela primeira vez, a experiência de lecionar e de gerir uma sala de aula.

São de salientar as aprendizagens efetuadas durante a planificação, preparação e realização das aulas assistidas, assim como as aprendizagens efetuadas durante o apoio à Direção de Turma, não desvalorizando todas as outras, claro.

Ao longo do tempo, a Professora Estagiária Patrícia Pinto foi deparando-se com as suas fragilidades e limitações, tendo-se focado em melhorar determinados aspetos que lhe iam sendo apontados, não só nas aulas de regência, mas também em aulas que ia lecionando ao longo do ano, de modo a ir-se preparando e aperfeiçoando para os momentos de avaliação, sempre com motivação, dedicação e empenho. Neste sentido, os orientadores apresentaram-se como peças fundamentais para as aprendizagens efetuadas e permitiram que a Professora Estagiária ultrapassasse as dificuldades sentidas. Todas as orientações, sugestões, críticas e correções apresentadas à mesma foram recebidas da melhor maneira, de forma a que houvesse uma melhoria das capacidades de lecionação e dos próprios métodos de trabalho.

A excelente relação com a Orientadora Cooperante permitiu a partilha de conhecimentos, de métodos de ensino e a realização de aprendizagens significativas para o futuro da Professora Estagiária como docente. É de salientar nestas aprendizagens toda a preparação de recursos didáticos eficazes, a planificação bem organizada e objetiva, assim como a capacidade de comunicar e transmitir conhecimento aos alunos. A Professora Estagiária procurou sempre cativar a atenção dos alunos, de forma a obter participações de qualidade por parte dos mesmos, durante as aulas lecionadas.

A autora deste relatório tem consciência de que foi melhorando ao longo do ano as suas qualidades enquanto Professora Estagiária, pois foi entendendo o que era pretendido e corrigindo as falhas inicialmente apresentadas. É de salientar o à vontade da mesma nas aulas de regência da componente de Química, pelo facto de ter corrigido as falhas apontadas na lecionação da componente de Física, mostrando-se mais confiante e mais experiente.

O facto de ter assistido a todas as aulas lecionadas pela Orientadora Cooperante, permitiu à Professora Estagiária adquirir algumas ferramentas fundamentais através da observação, tais como a gestão de uma turma na sala de aula, a relação com os alunos e a capacidade comunicativa. A preparação das atividades laboratoriais, mesmo daquelas em que não era sujeita a avaliação, permitiu que a Professora Estagiária se ambientasse com todo o material do laboratório e com as funcionárias responsáveis pelo mesmo, tendo estado confortável na preparação das atividades laboratoriais em que foi avaliada.

É na escola onde decorre o Estágio Pedagógico que a Professora Estagiária encara a profissão de docente e não no espaço da universidade, tendo o mesmo um papel muito relevante na formação de um professor.

Todas as atividades desenvolvidas que dizem respeito à componente não letiva, como planificação de atividades, apoio à Direção de Turma, acompanhamento em visitas de estudo, participação no Dia Aberto, serviram para aumentar as competências da autora deste relatório como futura docente.

A Professora Estagiária reconhece ainda a grande importância das reuniões de orientação de estágio realizadas semanalmente com os orientadores, onde se efetuavam análises e reflexões sobre o trabalho desenvolvido e ainda por desenvolver, permitindo ultrapassar falhas identificadas.

Neste último ano, a Professora Estagiária estabeleceu relações de amizade e companheirismo com os alunos, orientadores, professores e funcionários da escola, o que permitiu a troca de saberes e constituiu uma mais-valia no enriquecimento do seu conhecimento. Mais uma vez, apresentam-se os mais sinceros agradecimentos a todos.

O Estágio Pedagógico permitiu à Professora Estagiária desenvolver competências a vários níveis, enriquecer o conhecimento científico e também ao nível da didática, verificar as suas dificuldades, melhorar no que diz respeito à clareza da linguagem e também à postura na sala de aula.

A Professora Estagiária acredita que, ao longo deste ano letivo, evoluiu como pessoa e como futura professora de Física e de Química. Acredita que viveu uma grande experiência, cheia de aprendizagens e que é mesmo este o caminho que quer seguir. Espera ter ganho as ferramentas necessárias para se tornar numa excelente professora.

Com a sensação de dever cumprido, termina aqui, com este relatório que espelha o trabalho realizado ao longo de um ano letivo, um caminho com um grande enriquecimento do conhecimento e com importantes aprendizagens adquiridas.

A Professora Estagiária dá uma relevância especial à aprendizagem não formal, aspecto que já é e deve continuar a ser alvo de investigação educacional, de modo a melhorar o currículo e as estratégias de ensino.

É necessário que os professores se mantenham em constante formação e se atualizem, de forma a que o processo de ensino-aprendizagem esteja em constante evolução.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MINTZES, Joel J. *et al* – *Ensinando ciência para a compreensão: uma visão construtivista*. Trad. de Rita Clemente. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000. ISBN 972-707-264-X.
- [2] AINSWORTH, Heather L *et al* – *Formal, non-formal and informal learning in the sciences*. Canada: Jacquelyn Clydesdale, 2010. ISBN: 978-0-9733594-5-9.
- [3] SEVDALIS, Constantinos *et al*, University of the Aegean – *Teachers' Conceptions about the Implementation of Non-formal Science Education Programs*. The International Journal of Science and Society. Greece: Common Ground. ISSN 1836-6236. Vol. 7, 4, 2015.
- [4] PINTO, Patrícia - *O contributo pedagógico das visitas de estudo ao Museu da Ciência da Universidade de Coimbra e o enquadramento dos conteúdos abordados no programa e metas curriculares da disciplina Física e Química A*; sob a orientação do Professor Dr. Décio Martins. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2018. Projeto de Investigação Educacional em Física (PIEF) do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3ºciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.
- [5] PINTO, Patrícia - *O contributo pedagógico da aprendizagem não formal da Química, em contextos do quotidiano*; sob a orientação do Professor Dr. Sérgio Rodrigues. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2018. Projeto de Investigação Educacional em Química (PIEQ) do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3ºciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.
- [6] KIGGUNDU, Edith *et al* – *Teaching practice: a make or break phase for student teachers*. South African Journal of Education. Vol 29:345-358, 2009.
- [7] ANDABAI, Priye – *The Impact of Teaching Practice on Trainee Teachers in the Nigerian Tertiary Institutions: The Niger Delta University Experience*. Academic Journal of Interdisciplinary Studies. MCSER-CEMAS-Sapienza University of Rome. Vol. 2, nº5. July 2013. ISSN 2281-3993.
- [8] *Programa de Física e Química A 10º e 11º anos: Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência, 2014.
- [9] VENTURA, Graça; FIOLEAIS, Manuel; FIOLEAIS, Carlos – *Novo 11F: Física e Química A / Física / 11º Ano*. Lisboa: Texto Editores, Lda, 2016. ISBN: 978-111-11-4010-6.
- [10] CALDEIRA, Helena *et al* – *Há Física entre nós: Física e Química A / Física / 11º ano*. Porto: Porto Editora, 2016. ISBN: 978-972-0-42318-4.

- [11] AZEVEDO, Carlos *et al* – *Eu e a Física: Manual / Física e Química A / Física / 11º ano*. Porto: Porto Editora, 2016. ISBN: 978-972-0-42261-3.
- [12] OLIVEIRA, Agostinho *et al* – *Física 11: Física e Química A / 11º ano / Ensino Secundário*. Lisboa: Raiz Editora, 2016. ISBN: 978-989-744-283-4.
- [13] CORREIA, Maria do Rosário *et al* - *+Física: Física e Química A / Física / 11º ano de escolaridade*. Queluz de Baixo: Santillana, 2016. ISBN: 978-989-708-708-6.
- [14] RODRIGUES, Carla *et al* – *Física 11: Física e Química A / 11º Ano*. Porto: Areal Editores, S.A., 2016. ISBN: 978-989-767-132-6.
- [15] ARIEIRO, Maria Elisa *et al* – *Preparação para o Exame Final Nacional 2018: Física e Química A / 11º Ano*. Porto Editora, S.A., 2017. ISBN: 978-972-0-00069-9.
- [16] COSTA, Sandra *et al* – *Universo FQ: Ciências Físico-Químicas / 8º Ano*. Texto Editores, 2014. ISBN: 978-111-11-3485-3.
- [17] SILVA, Cristina Celina *et al* – *Eu e a Química: Física e Química A / Química / 11º ano*. Porto: Porto Editora, 2016. ISBN: 978-972-0-42342-9.
- [18] PAIVA, João *et al* – *Novo 11Q: Física e Química A / Química / 11º ano*. Lisboa: Texto Editores, Lda, 2016. ISBN: 978-972-47-5397-3.

## **SÍTIOS DA INTERNET CONSULTADOS**

<http://www.esidm.pt/index.php/a-nossa-escola> (Acedido em 28/6/2018)

<https://www.parque-escolar.pt/pt/escola/068> (Acedido em 28/6/2018)

[http://www.netprof.pt/netprof/servlet/getDocumento?TemaID=NPL0702&id\\_versao=11732](http://www.netprof.pt/netprof/servlet/getDocumento?TemaID=NPL0702&id_versao=11732)

(Acedido em 9/7/2018)



# ANEXOS



## Anexo I – Caracterização da turma

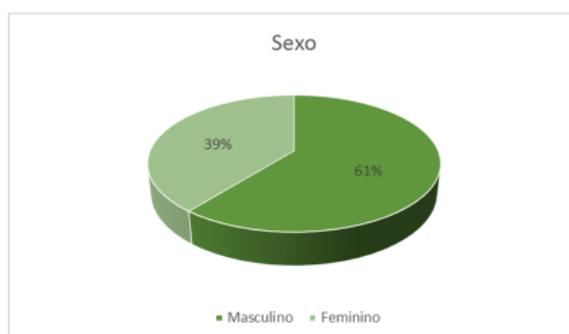


### Caracterização da Turma B do 11º Ano

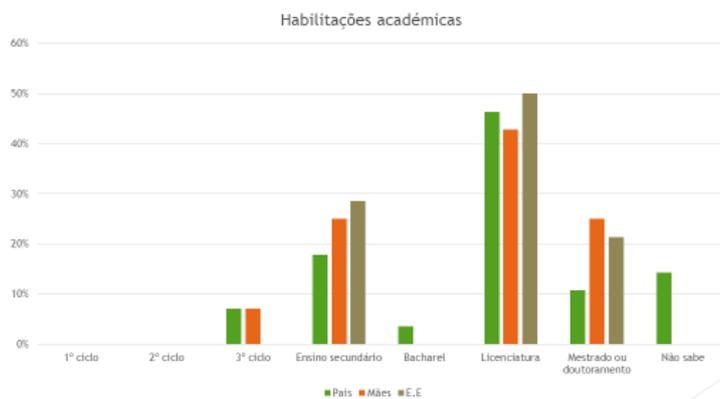
Ano letivo 2017/2018

Diretora de Turma: Ana Paula Branquinho

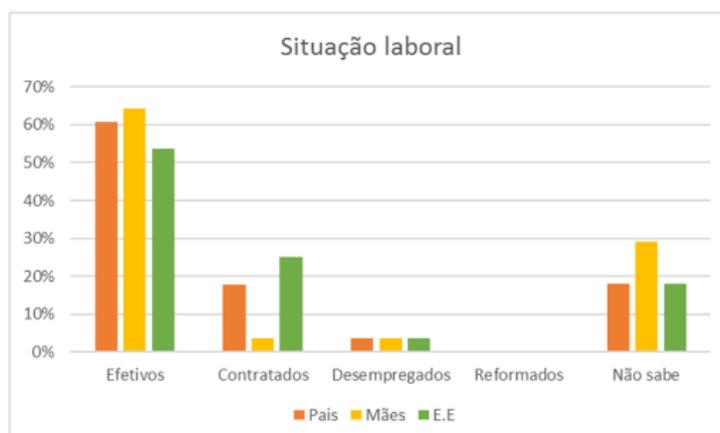
- ▶ Número de alunos: 28
- ▶ Média de idades: 15,9
- ▶ Alunos que não vivem no seu agregado familiar: 0



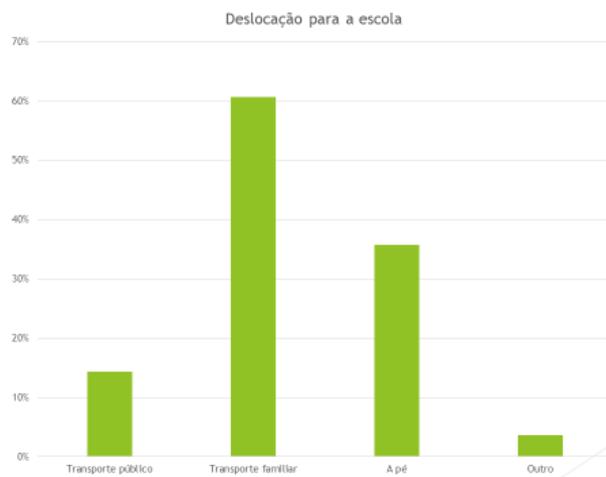
## Habilitações académicas dos pais e encarregados de educação



## Situação laboral dos pais e encarregados de educação



## Modo de deslocação para a escola



## Distância de casa à escola



## Disciplinas

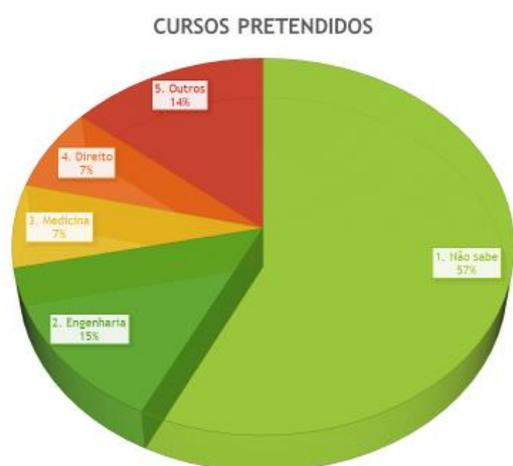
► Disciplinas preferidas:

1. Biologia e Geologia
2. Matemática A

► Disciplinas com mais dificuldades:

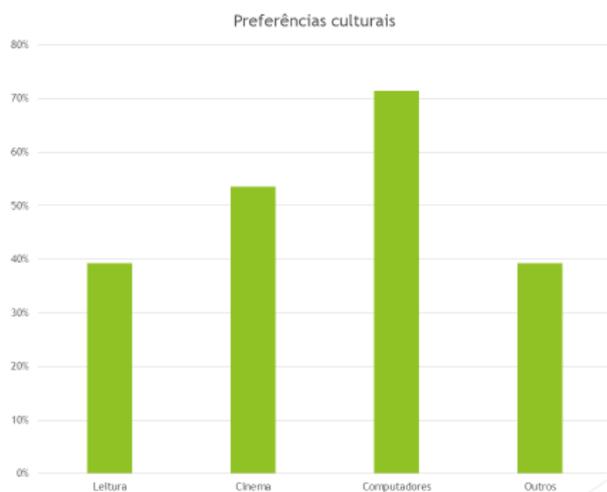
1. Português, Física e Química A e Filosofia
2. Matemática A

## Cursos pretendidos

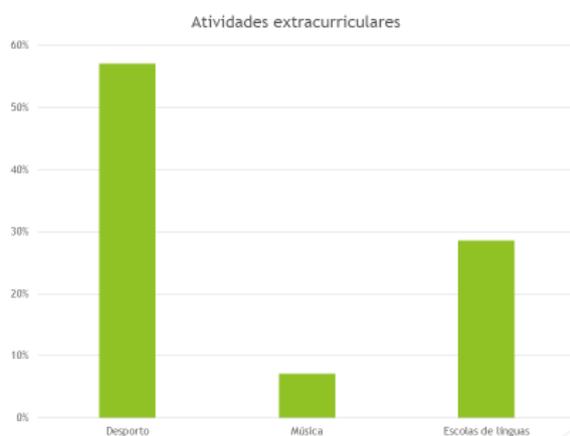


- ▶ Alunos que são apoiados nos estudos: 16 (57%)
- ▶ Alunos com computador: 27 (96%)
- ▶ Alunos com internet: 26 (93%)
- ▶ Tempo médio utilizado no computador/internet: 1,6h

## Preferências culturais



## Frequência de atividades extracurriculares



## Situações individuais a assinalar

- Francisca Costa: problema de saúde nos rins

## Anexo II – Questionário “Caracterização da turma”

**ANO LETIVO 2017/ 2018**

**CARACTERIZAÇÃO DA TURMA \_\_\_\_\_ DO \_\_\_\_\_ .º ANO**

1. Número de alunos \_\_\_\_\_
2. Média de idades \_\_\_\_\_
3. Sexo: masculino \_\_\_\_\_ feminino \_\_\_\_\_
4. Alunos que não vivem no seu agregado familiar \_\_\_\_\_
5. Habilitações dos Pais/E.E; Categorias profissionais; Situação laboral

HABILITAÇÕES ACADÉMICAS	Pais	Mães	E.E	CATEGORIAS PROFISSIONAIS	Pais	Mães	E.E
	%				%		
1º ciclo				Empresários			
2º ciclo				Quadros técnicos			
3º ciclo				Empregados de comércio e serviços			
Ensino secundário				Trabalhadores fabris			
Ensino superior				Professores			
Mestrado ou doutoramento				Outras			

SITUAÇÃO LABORAL	Pais	Mães	E.E
	%		
Efetivos			
Contratados			
Desempregados			
Reformados			

6. Modo de deslocação para a escola  
- Transporte público \_\_\_\_\_ - Transporte familiar \_\_\_\_\_ - A pé \_\_\_\_\_ - Outro \_\_\_\_\_

**7. Distância de casa à escola**

Menos de 2 Km \_\_\_\_\_

2 a 5 Km \_\_\_\_\_

Mais de 5 Km \_\_\_\_\_

**8. Do conjunto das disciplinas da turma indique as duas mais preferidas pelos alunos:**

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

**9. Do conjunto das disciplinas da turma indique as duas em que os alunos revelam mais dificuldades:**

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

**10. Cursos pretendidos:**

1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_

**11. Alunos que são apoiados nos estudos \_\_\_\_\_**

**12. Alunos com computador \_\_\_\_\_**

**13. Alunos com internet \_\_\_\_\_**

**14. Tempo médio utilizado no computador/internet \_\_\_\_\_**

**15. Preferências culturais:**

- Leitura \_\_\_\_\_ - Cinema \_\_\_\_\_ - Computadores \_\_\_\_\_ - Outros \_\_\_\_\_

**16. Frequência de atividades extracurriculares:**

- Desporto \_\_\_\_\_ Música \_\_\_\_\_ Escolas de línguas \_\_\_\_\_

**17. Situações individuais a assinalar**

---

---

---

---

---

## Anexo III – Atividade 1: “Como obter o gráfico posição-tempo de um movimento real”

### Física e Química A – 2017/2018

11º ano

#### Atividade 1: Como obter o gráfico posição-tempo de um movimento real?

Nesta atividade ligamos uma calculadora gráfica a uma ‘interface’ com sensor de movimento. O sensor mede a distância a um objeto em sucessivos instantes.

O sensor emite ultrassons que, ao incidirem no objeto em movimento, são refletidos e reenviados novamente pelo sensor. O próprio programa de aquisição de dados regista o tempo de ida e volta das ondas e, a partir deste dado e da velocidade de propagação das ondas, calcula a distância a que está o objeto. Recomenda-se que o objeto se mova entre cerca de 0,5 m e 4 m do sensor para que haja uma boa receção das ondas refletidas.

#### Questões pré-laboratoriais

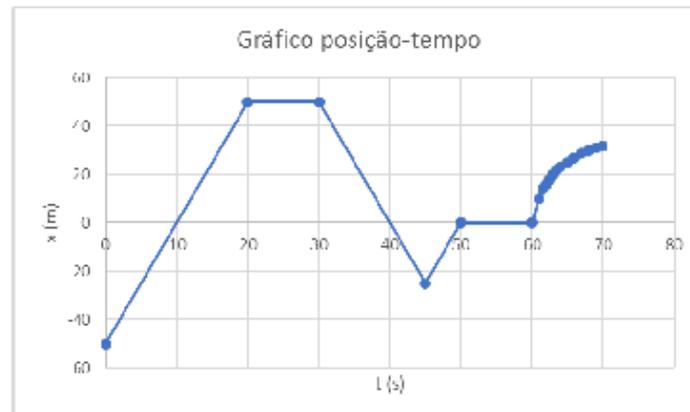
1. Que grandeza espera registar num gráfico posição-tempo no eixo horizontal? E no eixo vertical? Em que unidades se expressam essas grandezas?
2. Quando o corpo estiver em repouso como espera que seja o esboço do gráfico?
3. Se o corpo se mover no sentido positivo do eixo utilizado para descrever o movimento, a função será crescente ou decrescente? E se o corpo se mover no sentido negativo?
4. Se o gráfico intersejar o eixo horizontal que significado físico tem?
5. Que relação espera encontrar entre o valor absoluto do declive da reta tangente, num determinado intervalo de tempo, e a componente escalar da velocidade ?

## Anexo IV - Análise de um gráfico posição-tempo e de um gráfico velocidade-tempo

### Física e Química A – 2017/2018

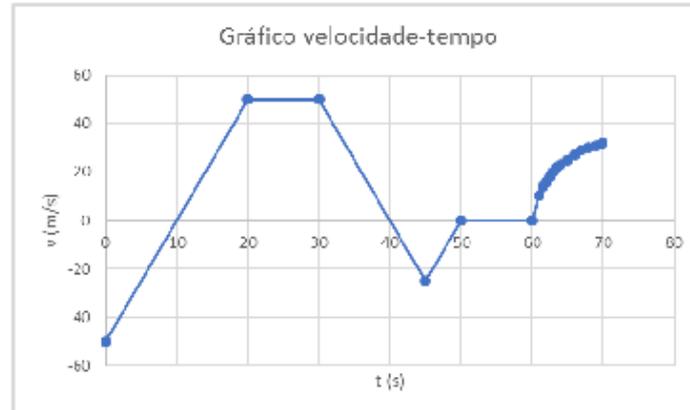
11º ano

- Análise de um gráfico posição-tempo



- ✓ [0,20]s – movimento no sentido positivo; declive da reta tangente positivo; valor da velocidade positivo; movimento retilíneo uniforme; velocidade constante.
- ✓ [20,30]s – corpo em repouso; velocidade nula.
- ✓ [30,45]s – movimento no sentido negativo; declive da reta tangente negativo; valor da velocidade negativo; movimento retilíneo uniforme; velocidade constante.
- ✓ [45,50] – movimento no sentido positivo; declive da reta tangente positivo; valor da velocidade positivo; movimento retilíneo uniforme; velocidade constante.
- ✓ [50,60] – corpo em repouso na origem das posições; velocidade nula.
- ✓ [60,70] – movimento no sentido positivo; velocidade variada; declive das retas tangentes a cada ponto positivo, diminuindo; velocidade decresce.
- ✓ Inversões: 30s, 45s
- ✓ O corpo passa na origem do referencial: 10s, 40s, 60s.
- ✓  $\Delta x = x_f - x_i = 30 - (-50) = 30 + 50 = 80\text{m}$
- ✓  $[0,60] \text{ s} \quad s = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| = |50 - (-50)| + |-25 - 50| + |0 - (-25)| = 200 \text{ m}; \Delta x = 0 - (-50) = 50 \text{ m}; v_m = \frac{s}{\Delta t} = \frac{200}{60} = 3,33 \text{ m/s}; v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{50}{60} = 0,83 \text{ m/s}.$

- Análise de um gráfico velocidade-tempo igual ao anterior



- ✓ [0,10]s – valor da velocidade negativo; movimento no sentido negativo; módulo da velocidade decrescente; movimento retilíneo uniformemente retardado.
- ✓ [10,20]s – valor da velocidade positivo; movimento no sentido positivo; módulo da velocidade crescente; movimento retilíneo uniformemente acelerado.
- ✓ [20,30]s – velocidade constante; movimento retilíneo uniforme; sentido positivo.
- ✓ [30,40] – valor da velocidade positivo; movimento no sentido positivo; módulo da velocidade decrescente; movimento retilíneo uniformemente retardado.
- ✓ [40,45] – valor da velocidade negativo; movimento no sentido negativo; módulo da velocidade crescente; movimento retilíneo uniformemente acelerado.
- ✓ [45,50] – valor da velocidade negativo; movimento no sentido negativo; módulo da velocidade decrescente; movimento retilíneo uniformemente retardado.
- ✓ [50,60] – velocidade nula; corpo em repouso.
- ✓ [60,70] – valor da velocidade positivo; movimento no sentido positivo; módulo da velocidade crescente; movimento retilíneo acelerado.
- ✓ O corpo inverte o sentido nos instantes: 10s, 40s, 60s (inversões do movimento)
- ✓  $\Delta x$  é a área acima ou abaixo do eixo horizontal.
- ✓ [0,60] s -  $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 = \frac{10 \times (-50)}{2} + \frac{10+30}{2} \times 50 + \frac{10 \times (-25)}{2} = -250 + 1000 - 125 = 625$  m

# Anexo V - Ficha nº1 – “Interação gravítica e Lei da Gravitação Universal”



## Ficha nº1 – Interação gravítica e Lei da Gravitação Universal

1. Das afirmações seguintes, assinale as corretas:

- A. Todos os objetos à superfície da Terra estão sujeitos a uma força à distância.
- B. As forças estão associadas a interações entre corpos.
- C. O peso de um corpo é uma força com origem no próprio corpo.
- D. Um corpo pode exercer uma força sobre si próprio.
- E. Numa interação entre dois corpos, um corpo exerce a força e outro sofre a ação dessa força.

2. Na sua obra *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*, editada pela primeira vez em 1687, Newton estabeleceu as três leis da Dinâmica e mostrou que tanto a queda de um corpo à superfície da Terra (por exemplo, a queda de um fruto da árvore para o solo) como o movimento da Lua na sua órbita podem ser explicados pela existência de uma força, resultante da interação entre cada um desses corpos e a Terra. Essa força depende das massas dos dois corpos que interatuam e da distância entre os seus centros de massa. Assim, um fruto cai da árvore porque é atraído para a Terra. Mas, embora tendo uma massa muito inferior à da Terra, também o fruto atrai a Terra. Considere que  $m$  representa a massa de um fruto que se encontra acima da superfície da Terra e que  $d$  representa a distância entre o centro de massa do fruto e o centro de massa da Terra.

A intensidade da força com que a Terra atrai esse fruto é

- (A) inversamente proporcional a  $m$ .
- (B) diretamente proporcional a  $d$ .
- (C) diretamente proporcional a  $m^2$ .
- (D) inversamente proporcional a  $d^2$ .

3. Dois corpos de massa  $m$  estão a uma dada distância  $d$ .

Que acontecerá à força gravítica que exercem um sobre o outro se:

- i. A massa de um deles duplicar? Estabeleça a relação de grandeza.
- ii. A distância entre eles duplicar? Estabeleça a relação de grandeza.

4. Um corpo, à distância  $R$  do centro da Terra, é atuado por uma força gravítica de módulo  $F_g$ .

Selecione a alternativa correta que completa a frase.

O módulo da força gravítica exercida no mesmo corpo, quando este está a uma distância  $3R$  do centro da Terra é...

- (A)  $\frac{1}{3} F_g$       (B)  $\frac{1}{9} F_g$       (C)  $\frac{1}{27} F_g$       (D)  $\frac{1}{81} F_g$

5. Selecione a opção que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente.

Das quatro interações fundamentais na Natureza, a que apresenta maior intensidade é a \_\_\_\_\_ (a) \_\_\_\_\_ e a que apresenta um menor alcance é a \_\_\_\_\_ (b) \_\_\_\_\_.

- (A) ... gravitacional... electromagnética
- (B) ... nuclear forte...electromagnética
- (C)...nuclear forte... nuclear fraca
- (D)...nuclear fraca... gravitacional

6. A Estação Espacial Internacional opera a uma altitude de 350 km e tem o peso de intensidade  $4,22 \times 10^6$  N à superfície da Terra.

6.1. Determine a intensidade do peso da estação em órbita.

6.2. Determine o módulo da aceleração gravítica a que a estação espacial está sujeita.

DADOS:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$  ;  $r_T = 6,40 \times 10^6 \text{ m}$  ;  $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$

7. Um corpo foi colocado entre a Terra e a Lua, de tal forma que a intensidade da força gravitacional com que a Terra o atrai é igual à intensidade da força gravitacional com que a Lua o atrai. Sabendo que a Lua se encontra a  $3,844 \times 10^5$  km da Terra e que a massa da Lua é 81 vezes menor que a da Terra, calcule a que distância do centro da Terra se encontra o corpo.



# Anexo VI – Desenvolvimento da aula sobre “Movimento Circular Uniforme”



## Aula – Movimento circular uniforme

30/10/2017

### Metas curriculares:

- ✓ Associar a variação exclusiva da direção da velocidade de um corpo ao efeito da atuação de uma força perpendicular à trajetória em cada ponto, interpretando o facto de a velocidade de um satélite, em órbita circular, não variar em módulo.
- ✓ Indicar que a força gravítica e a velocidade de um satélite permitem explicar por que razão a Lua não colide com a Terra assim como a forma das órbitas dos planetas em volta do Sol e dos satélites em volta dos planetas.
- ✓ Caracterizar o movimento circular e uniforme relacionando as direções da resultante das forças, da aceleração e da velocidade, indicando o sentido da resultante das forças e da aceleração e identificando como constantes ao longo do tempo os módulos da resultante das forças, da aceleração e da velocidade.
- ✓ Identificar exemplos de movimento circular uniforme.
- ✓ Identificar o movimento circular e uniforme com um movimento periódico, descrevê-lo indicando o seu período e frequência, definir módulo da velocidade angular e relacioná-la com o período (ou com a frequência) e com o módulo da velocidade.
- ✓ Relacionar quantitativamente o módulo da aceleração de um corpo em movimento circular e uniforme com o módulo da sua velocidade (ou da velocidade angular) e com o raio da circunferência descrita.
- ✓ Determinar o módulo da velocidade de um satélite para que ele descreva uma trajetória circular com um determinado raio.
- ✓ Indicar algumas aplicações de satélites terrestres e as condições para que um satélite seja geoestacionário.
- ✓ Calcular a altitude de um satélite terrestre, em órbita circular, a partir do seu período orbital (ou vice-versa).

A atuação de uma força sobre um corpo tem como efeito a variação da sua velocidade, em módulo e/ou em direção.

A variação exclusiva da direção da velocidade de um corpo tem a ver com o efeito da atuação de uma força perpendicular à trajetória, em cada ponto. A direção da velocidade varia, mas não o seu módulo; este permanece constante.

Nestas circunstâncias, o movimento do corpo passa a ser circular e uniforme. É o que acontece com a Lua e outros satélites em órbita à volta da Terra. A velocidade só varia em direção porque a

força gravítica é sempre perpendicular à velocidade; esta força só altera a direção da velocidade mas não o seu módulo.

A única força que atua sobre um satélite em órbita à volta da Terra é a força gravítica. A variação da direção da velocidade é consequência da atuação desta força.

Vejamos, por exemplo, o que acontece com uma maçã quando a largamos; ela cai para a Terra devido à força gravítica. Mas, se lhe aplicarmos uma força instantânea (pancada) na horizontal, ela vai adquirir uma velocidade inicial e não vai cair na vertical, mas mais à frente. E se a intensidade da pancada for maior, a velocidade inicial vai ser maior e a maçã vai cair ainda mais à frente.

E, se a intensidade da pancada fosse muito, muito grande, a maçã poderia não cair na Terra; ficaria em órbita à volta da Terra, tal como acontece com a Lua e os satélites artificiais.

A Lua e os satélites artificiais podem, portanto, ser vistos como gigantescas maçãs, em órbita à volta da Terra, com velocidades muito elevadas.

Os satélites permanecem em órbita à volta da Terra com uma velocidade (velocidade orbital) de milhares de quilómetros por hora, variando, aproximadamente, entre 11 000 km/h e 27 000 km/h.

Se um satélite fosse lançado com uma velocidade menor do que a velocidade mínima necessária para entrar em órbita, cairia na Terra; se fosse lançado com uma velocidade muito maior, escaparia da gravidade da Terra e perder-se-ia no Espaço.

Se não se fizesse sentir a força gravítica da Terra sobre a Lua e os outros satélites, a resultante das forças que sobre eles atuaria seria nula e, pela Primeira Lei de Newton, os satélites passariam a ter movimento retilíneo uniforme, com velocidade igual à que tinham inicialmente, perdendo-se no Espaço. O mesmo aconteceria com os planetas do Sistema Solar se sobre eles não se fizesse sentir a força gravítica exercida pelo Sol.

- **Características do movimento circular uniforme**

Enquanto que, num movimento retilíneo uniforme, a velocidade,  $\vec{v}$ , é constante em módulo, direção e sentido, num movimento circular uniforme só o módulo da velocidade permanece constante. Neste movimento, a velocidade,  $\vec{v}$ , é tangente à trajetória em cada instante, estando constantemente a mudar de direção, embora o seu módulo permaneça constante. Daí a aceleração,  $\vec{a}$ , do movimento não ser nula ( $\Delta\vec{v} \neq \vec{0} \rightarrow \vec{a} \neq \vec{0}$ ).

Num movimento circular uniforme, a resultante das forças que atuam sobre o corpo tem uma intensidade constante, uma direção sempre perpendicular à velocidade e sentido para o centro da trajetória. Esta força designa-se, por isso, força centrípeta.

Pela Segunda Lei de Newton, sendo  $\vec{F}_R = m\vec{a}$ , se a força resultante de módulo constante é perpendicular à velocidade, com sentido para o centro da trajetória, a aceleração de módulo constante é também perpendicular à velocidade e com sentido para o centro da trajetória – aceleração centrípeta.

Num movimento circular uniforme:

- a velocidade é tangente à trajetória em cada instante (o que acontece em qualquer movimento);
- a força resultante e a aceleração têm a mesma direção (radial) e sentido centrípeto;
- a força resultante (força centrípeta) e a aceleração (aceleração centrípeta) são perpendiculares à velocidade em cada instante;
- os módulos da força resultante, da aceleração e da velocidade são constantes ao longo do tempo.

### Período e frequência

O movimento circular uniforme é um movimento periódico, pois é um movimento que se repete em cada nova volta que o corpo descreve. Como o movimento é circular uniforme, isto significa que o corpo passa diversas vezes pela mesma posição, com a mesma velocidade e aceleração, em intervalos de tempo iguais.

- O tempo que um corpo demora a efetuar uma volta (ou rotação) completa designa-se por período,  $T$ .  
A unidade SI de período é o segundo, s.
- O número de voltas (ou rotações) que um corpo executa por unidade de tempo designa-se por frequência,  $f$ .  
A unidade SI de frequência é o hertz, Hz, ou  $s^{-1}$ .  
A frequência,  $f$ , é igual ao inverso do período,  $T$ :

$$f = \frac{1}{T}$$

### Velocidade angular

A velocidade angular é outra grandeza física importante no estudo de um movimento circular uniforme. O módulo da velocidade angular define-se como o ângulo descrito, por unidade de tempo. Assim, se no intervalo de tempo,  $\Delta t$ , o ângulo descrito for  $\Delta\theta$ , tem-se:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

A unidade SI de velocidade angular é o radiano por segundo, rad/s.

O ângulo  $\Delta\theta$  tem de ser expresso, neste caso, em radianos e não em graus, sendo, contudo, uma grandeza adimensional.

Uma vez que num período,  $T$ , o corpo dá uma volta completa, é  $\Delta\theta = 2\pi$ . Tem-se, então, que:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ ou } \omega = 2\pi f \text{ (pois } f = \frac{1}{T})$$

### Velocidade linear

Como sabemos, num movimento uniforme ( $v$ =constante), a rapidez média coincide com o módulo da velocidade. Assim, o módulo da velocidade,  $v$  (velocidade linear), de um corpo que executa um movimento circular uniforme é igual à rapidez média,  $r_m$ ,

$$v = r_m \text{ com } r_m = \frac{s}{\Delta t}$$

onde  $s$  é a distância percorrida sobre a trajetória.

Se designarmos por  $r$  o raio da trajetória circular, num intervalo de tempo correspondente a um período,  $T$ , a distância percorrida sobre a trajetória corresponde ao perímetro da circunferência,  $2\pi r$ . Então, tem-se:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \text{ ou } v = \omega r \text{ (pois } \omega = \frac{2\pi}{T})$$

Como se pode constatar através desta expressão, para uma mesma velocidade angular,  $\omega$ , o módulo da velocidade linear,  $v$ , é diretamente proporcional ao raio,  $r$ , da trajetória.

### Aceleração centrípeta

Vimos já que um corpo em movimento circular uniforme tem uma aceleração centrípeta. Pode mostrar-se que o seu módulo se relaciona com o módulo da velocidade,  $v$ , e com o raio da circunferência,  $r$ , descrita pelo corpo no seu movimento, pela seguinte expressão:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

Sendo  $v = \omega r$ , também se tem:

$$a_c = \frac{(\omega r)^2}{r} \rightarrow a_c = \omega^2 r$$

### Movimento circular uniforme de um satélite em órbita terrestre

A única força que atua num satélite em órbita terrestre é a força gravítica.

Pela Segunda Lei de Newton, é  $F_g = ma_c$ . (1)

Sendo, pela Lei da Gravitação Universal,  $F_g = \frac{GM_T m}{r^2}$ , tem-se, substituindo em (1):

$$\frac{GM_T m}{r^2} = ma_c \rightarrow \frac{GM_T}{r^2} = \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$$

- **Satélites geostacionários**

Um satélite geostacionário é um satélite que orbita no plano do equador, descrevendo uma órbita circular, com um período de translação igual ao período de rotação da Terra, ou seja, 24 horas. Logo, um satélite geostacionário encontra-se sempre na mesma posição relativamente a um ponto qualquer da superfície da Terra.

Para além dos satélites geostacionários, muitos outros satélites artificiais orbitam a Terra, a diferentes altitudes, consoante o fim a que se destinam.

O primeiro satélite artificial da Terra foi o Sputnik I, lançado pela ex-União Soviética em 4 de outubro de 1957. Desde essa data, muitos outros satélites têm sido colocados em órbita da Terra, com as mais diversas finalidades: comunicação, meteorologia, aplicações militares, investigação espacial, entre outras.

### Exercício de aplicação

Um satélite artificial, de massa  $m$ , descreve, em torno da Terra, de massa  $m_T$ , uma órbita circular de raio  $r$ .

1. Estabeleça, em função de  $m_T$ ,  $G$  e  $r$ , a expressão que permite determinar:

1.1. o módulo da velocidade orbital do satélite;

1.2. o período de rotação do satélite.

2. Para um satélite geostacionário, determine o valor da altitude que descreve a sua órbita em torno da Terra, sabendo que  $m_T=5,98 \cdot 10^{24}$  kg e  $r_T=6,37 \cdot 10^6$  m.

Soluções:

$$1.1. v = \sqrt{\frac{Gm_T}{r}} \quad 1.2. T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{Gm_T}} \quad 2. h=3,58 \cdot 10^7 \text{ m}$$

## Anexo VII – Apresentação da aula sobre “Movimento Circular Uniforme”



### Movimento circular uniforme

Física e Química A – 2017/2018  
11ºano  
30/10/2017

- A atuação de uma força sobre um corpo em movimento tem como efeito a variação da sua velocidade, em módulo e/ou em direção.

**força perpendicular** à trajetória em cada ponto

↓

variação exclusiva da **direção da velocidade** de um corpo, mas não do seu módulo



- Desprezando todas as outras interações, a única força que atua sobre a Lua e os **satélites em órbita à volta da Terra** é a **força gravítica**.
- A força gravítica e a grandeza da velocidade permitem explicar a forma das órbitas dos planetas à volta do Sol e dos satélites à volta dos planetas.

## Características do movimento circular uniforme

- Só o módulo da velocidade permanece constante.
- A velocidade,  $\vec{v}$ , é tangente à trajetória em cada instante, estando constantemente a mudar de direção, embora o seu módulo permaneça constante.

$$\Delta\vec{v} \neq \vec{0} \rightarrow \vec{a} \neq \vec{0}$$

- A resultante das forças que atuam sobre o corpo tem uma intensidade constante, uma direção sempre perpendicular à velocidade e sentido para o centro da trajetória. Designa-se por **força centrípeta**.
- Pela Segunda Lei de Newton:

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

Assim, sendo a força resultante uma força centrípeta, pode escrever-se:

$$\vec{F}_c = m\vec{a}_c$$

## Período e frequência

- O movimento circular uniforme é um **movimento periódico**, pois é um movimento que se repete em cada nova volta que o corpo descreve. O corpo passa diversas vezes pela mesma posição, com a velocidade e aceleração, em intervalos de tempo iguais.

**Período, T:** tempo que um corpo demora a efetuar uma volta (ou rotação) completa. A unidade SI é o **segundo, s**.

**Frequência, f:** número de voltas (ou rotações) que um corpo executa por unidade de tempo. A unidade SI é o **hertz, Hz**, ou  $s^{-1}$ .

$$f = \frac{1}{T}$$

## Velocidade angular

- O módulo da velocidade angular,  $\omega$ , define-se como o ângulo descrito, por unidade de tempo.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (1)$$

- A unidade SI é o **radiano por segundo, rad/s**. O ângulo  $\Delta\theta$  tem de ser expresso, neste caso, em radianos e não em graus, sendo contudo, uma grandeza adimensional.
- Se o corpo efetuar uma volta completa, o ângulo descrito é  $\Delta\theta = 2\pi$ , sendo o intervalo de tempo necessário para uma volta completa o tempo correspondente a um período,  $\Delta t = T$ . Assim, substituindo na expressão (1), obtém-se:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Como  $f = \frac{1}{T}$ , tem-se que  $\omega = 2\pi f$ .

## Relação entre velocidade angular ( $\omega$ ) e velocidade linear ( $v$ )

- $v = \text{constante}$
- A rapidez média coincide com o módulo da velocidade.

Num intervalo de tempo correspondente a um período,  $T$ , a distância percorrida sobre a trajetória corresponde ao perímetro da circunferência,  $2\pi r$ .

$$v = r_m = \frac{s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T} = \omega r$$

$s$ : distância percorrida sobre a trajetória

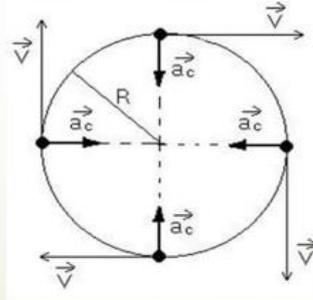
$r$ : raio da trajetória circular

## Aceleração centrípeta e força centrípeta

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

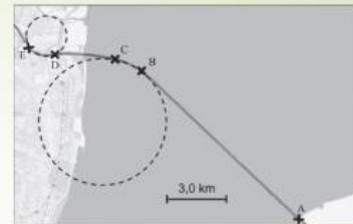
Pela Segunda Lei de Newton:

$$\vec{F}_c = m\vec{a}_c$$

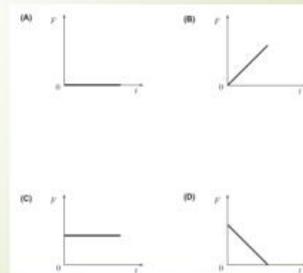


## Exercício de aplicação

■ A figura seguinte representa, esquematicamente, uma ligação rodoviária entre os pontos A e E, que se situa num mesmo plano horizontal, verificando-se que o velocímetro de um automóvel marca sempre 80 km/h, ao longo de todo o percurso entre aqueles pontos.



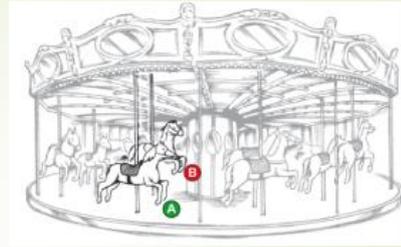
1. Considere que os treços entre B e C e entre os pontos D e E, representados na figura, correspondem a arcos de circunferência. Selecione a única opção que representa o esboço correto da intensidade da resultante das forças aplicadas no automóvel,  $F$ , em função do tempo,  $t$ , ao longo do trecho BC.
2. Conclua, justificando, em qual dos treços, BC ou DE, é maior a aceleração do automóvel.



1. (C) ; 2. DE (o raio é menor em DE e a velocidade é igual nos dois treços:  $a_c = \frac{v^2}{r}$ )

## Exercício de aplicação

- Na figura, está representado um carrossel. Quando o carrossel está em movimento, cada um dos cavalinhos move-se com movimento circular uniforme.



- Se um cavalinho efetuar quatro rotações por minuto, o módulo da sua velocidade angular será:

(A)  $\frac{2}{15}\pi$  rad/s    (B)  $8\pi$  rad/s    (C)  $\frac{1}{2}\pi$  rad/s    (D)  $30\pi$  rad/s

- Quando o carrossel está em movimento, os cavalinhos A e B descrevem circunferências de raios diferentes. Conclua, justificando, qual dos cavalinhos, A ou B, tem maior aceleração.

1. (A)

2. Os cavalinhos A e B movem-se com velocidades angulares iguais. Sendo, para o movimento circular uniforme,  $a_c = \omega^2 r$ , a aceleração será tanto maior quanto maior for o raio da circunferência descrita. Sendo o raio da circunferência descrita pelo cavalinho A maior do que o raio da circunferência descrita pelo cavalinho B, conclui-se que a aceleração do cavalinho A é maior do que a aceleração do cavalinho B.

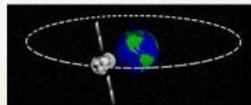
## Movimento circular uniforme de um satélite em órbita terrestre

- Desprezando todas as outras interações, a única força que atua num satélite em órbita terrestre é a força gravítica. Pela Segunda Lei de Newton e pela Lei da Gravitação Universal conclui-se que o módulo da velocidade do satélite em órbita é dado pela expressão:

(dedução da expressão da velocidade orbital do satélite e do período orbital)

$$v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_{\text{órbita}}}}$$

O módulo da velocidade,  $v$ , de um satélite não depende da massa do satélite e diminui com o raio da órbita do mesmo.



## Satélites geoestacionários

- Um satélite geoestacionário é um satélite que orbita no **plano do equador**, descrevendo uma **órbita circular**, com um **período de translação** igual ao **período de rotação da Terra**, ou seja, **24 horas**. Logo, um satélite geoestacionário encontra-se sempre na mesma posição relativamente a um ponto qualquer da superfície da Terra.
- Para além dos satélites geoestacionários, muitos outros satélites artificiais orbitam a Terra, por exemplo, os satélites do sistema GPS, a diferentes altitudes, consoante a finalidade a que se destinam: comunicação, meteorologia, aplicações militares, investigação espacial, entre outras.



(VÍDEO – *Satélite geoestacionário GOES-R*)

(Geostationary Operational Environmental Satellite)

## Exercício de aplicação

Um satélite artificial, de massa  $m$ , descreve, em torno da Terra, de massa  $m_T$ , uma órbita circular de raio  $r$ .

1. Estabeleça, em função de  $m_T$ ,  $G$  e  $r$ , a expressão que permite determinar:

- o módulo da velocidade orbital do satélite;
- o período de rotação do satélite.

2. Para um satélite geoestacionário, determine o valor da altitude que descreve a sua órbita em torno da Terra, sabendo que  $m_T=5,98 \cdot 10^{24}$  kg e  $r_T=6,37 \cdot 10^6$  m.

$$1.1. v = \sqrt{\frac{Gm_T}{r}} \quad 1.2. T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{Gm_T}} \quad 2. h = 3,58 \cdot 10^7 \text{ m}$$

# Anexo VIII – Ficha nº2 – “Movimento Circular Uniforme”



## Ficha nº2 – Movimento circular uniforme

30/10/2017

1. A figura 1 representa, esquematicamente, uma ligação rodoviária entre os pontos A e E, que se situa num mesmo plano horizontal, verificando-se que o velocímetro de um automóvel marca sempre 80 km/h, ao longo de todo o percurso entre aqueles pontos.

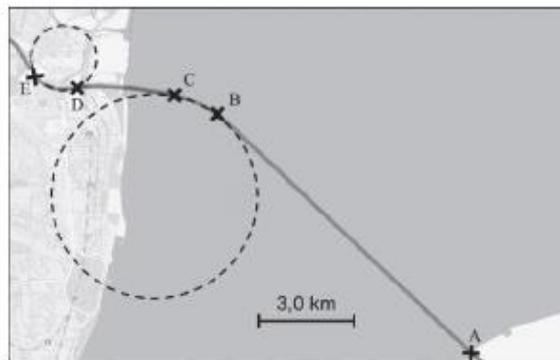
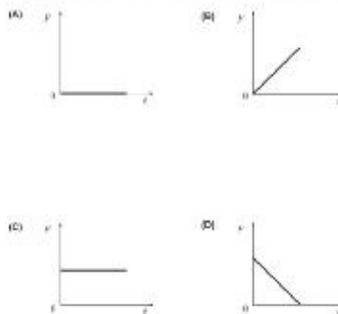


Figura 1

- 1.1. Considere que os troços entre B e C e entre os pontos D e E, representados na figura, correspondem a arcos de circunferência.

Selecione a única opção que representa o esboço correto da intensidade da resultante das forças aplicadas no automóvel,  $F$ , em função do tempo,  $t$ , ao longo do troço BC.



- 1.2. Conclua, justificando, em qual dos troços, BC ou DE, é maior a aceleração do automóvel.

2. Na figura 2, está representado um carrossel. Quando o carrossel está em movimento, cada um dos cavalinhos move-se com movimento circular uniforme.

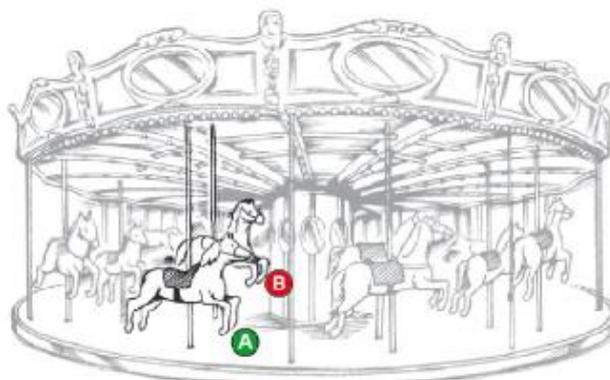


Figura 2

- 2.1. Se um cavalinho efetuar quatro rotações por minuto, o módulo da sua velocidade angular será:  
(A)  $\frac{2}{15}\pi$  rad/s (B)  $8\pi$  rad/s (C)  $\frac{1}{2}\pi$  rad/s (D)  $30\pi$  rad/s
- 2.2. Quando o carrossel está em movimento, os cavalinhos A e B descrevem circunferências de raios diferentes. Conclua, justificando, qual dos cavalinhos, A ou B, tem maior aceleração.
3. Um satélite artificial, de massa  $m$ , descreve, em torno da Terra, de massa  $m_T$ , uma órbita circular de raio  $r$ .
- 3.1. Estabeleça, em função de  $m_T$ ,  $G$  e  $r$ , a expressão que permite determinar:
- 3.1.1. o módulo da velocidade orbital do satélite;
- 3.1.2. o período de rotação do satélite.
- 3.2. Para um satélite geoestacionário, determine o valor da altitude que descreve a sua órbita em torno da Terra, sabendo que  $m_T=5,98 \cdot 10^{24}$  kg e  $r_T=6,37 \cdot 10^6$  m.

# Anexo IX – Atividade Laboratorial 1.1 – “Queda livre: força gravítica e aceleração”



## Atividade Laboratorial 1.1 – Queda livre: força gravítica e aceleração

### 1. Questões-Problema

- 1) Dois atletas com ‘pesos’ diferentes, em queda livre, experimentam ou não a mesma aceleração?
- 2) Um grupo de amigos salta para uma piscina. Terão a mesma aceleração no movimento de queda?

### 2. Introdução genérica

Na primeira atividade laboratorial do 10º ano determinaram-se velocidades a partir do conceito de velocidade média. Nesta atividade pretende-se medir a aceleração da gravidade usando o conceito de aceleração média, o que pressupõe a determinação de duas velocidades. Assim, é necessário saber fazer a diferença entre velocidade média e velocidade.

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

São medidas as velocidades médias, que serão tanto mais próximas das velocidades, que se fazem corresponder a um dado instante, quanto menor for o intervalo de tempo.

Nesta atividade irá utilizar-se uma barra de acrílico *Picket Fence*, a qual apresenta faixas pretas separadas por distâncias iguais entre si, *l*.

A célula fotoelétrica encontra-se ligada à calculadora gráfica, mediada por uma interface CBL2. Ao atravessar a abertura da célula serão registados os instantes iniciais em que o feixe de luz é interrompido.

### 3. Questões pré-laboratoriais

- 1) Um corpo diz-se em queda livre quando sobre ele atua apenas a força gravítica.
  - a) Suponha que um corpo é deixado cair. Desenhe o diagrama da(s) força(s) que atua(m) sobre ele, assim como os vetores velocidade e aceleração, se a resistência do ar for desprezável. O movimento é acelerado ou retardado? Justifique.
  - b) Responda à questão anterior para o caso de um corpo ser lançado verticalmente para cima e estar na fase de subida.
- 2) Nesta atividade, irão fazer-se medições de tempos sabendo o valor do deslocamento. Esboce o raciocínio que deverá seguir para encontrar o valor da aceleração.
- 3) Preveja, de forma fundamentada, qual deverá ser a resposta à questão-problema.

### 4. Objetivo da atividade

**Objetivo geral:** determinar a aceleração da gravidade num movimento de queda livre e verificar se depende da massa dos corpos.

Metas específicas:

- ✓ Medir tempos e determinar velocidades num movimento de queda.
- ✓ Fundamentar o procedimento da determinação de uma velocidade com uma célula fotoelétrica.
- ✓ Determinar a aceleração num movimento de queda (medição indireta), a partir da definição de aceleração média, e compará-la com o valor tabelado para a aceleração da gravidade.

- ✓ Avaliar a exatidão do resultado e calcular o erro percentual, supondo uma queda livre.
- ✓ Concluir que, na queda livre, corpos com massas diferentes experimentam a mesma aceleração.

#### 5. Material e equipamento necessário

- ✓ 1 célula fotoelétrica
- ✓ 1 calculadora gráfica TI-84 Plus ou superior
- ✓ 1 interface CBL2
- ✓ 1 cabo de ligação
- ✓ 1 suporte universal
- ✓ 1 garra
- ✓ 1 barra de acrílico (modelo *Picket Fence*)
- ✓ Plasticina para aumentar a massa da barra
- ✓ 1 balança
- ✓ 1 craveira

#### 6. Procedimento experimental

Faça a montagem da figura 1. Em todas as medições e cálculos que efetuar tenha em atenção as regras de contagem de algarismos significativos.



Fig.1 – Montagem experimental

#### PARTE 1

- Meça e registre o comprimento,  $l$ , entre as faixas pretas da régua.
- Efetue as ligações da calculadora ao CBL e deste à célula, através da porta Dig/Soni.
- Na calculadora, escolha em APPS a aplicação EasyData e faça Enter. (Se aparecer o sensor Photogate, pode continuar a atividade, caso contrário, deve ir a Setup e escolher o sensor).
- Em Setup escolha tempo movimento (1). Abre-se a janela:

Tipo de dispositivo
<i>Picket Fence</i>
[dist margem sup. (m)]
0.05
Nº de margens
8

- Faça OK.
- Carregue em Start. A máquina fica a aguardar a recolha de dados.
- Suspenda a barra de acrílico (*Picket Fence*) sobre a célula, de modo a que esta possa passar através da sua abertura e largue-a.
- A calculadora apresentará um gráfico posição-tempo. Registe os valores de cada ponto.
- Faça mais dois ensaios para esta situação, e registe os valores lidos.

$m_1 = \text{___} \pm \text{___} \text{ kg}$

Pontos		1	2	3	4	5	6
1º ensaio	t/s						
	x/m						
2º ensaio	t/s						
	x/m						
3º ensaio	t/s						
	x/m						

**PARTE 2**

Proceda tal como fez na 1ª parte, mas modifique a massa da barra, colocando-lhe um bocado de plasticina, previamente pesada.

$m_2 = \text{___} \pm \text{___} \text{ kg}$

Pontos		1	2	3	4	5	6
1º ensaio	t/s						
	x/m						
2º ensaio	t/s						
	x/m						
3º ensaio	t/s						
	x/m						

**7. Exploração dos resultados**

- Determine, no Sistema Internacional, os valores das velocidades  $v_1$  e  $v_2$  com que a barra passa pela célula e a aceleração média do movimento de queda nas duas situações estudadas.

	$\Delta t_1 = t_4 - t_3$	$\Delta t_2 = t_6 - t_5$	$\Delta t_3 = t_8 - t_7$	$v_1 = \frac{l}{\Delta t_1}$	$v_2 = \frac{l}{\Delta t_2}$	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t_4}$	Média da aceleração
PARTE 1							
PARTE 2							

- Compare o valor médio calculado experimentalmente com o valor conhecido da aceleração da gravidade ( $9.8 \text{ m/s}^2$ ) e indique o erro percentual associado.
  - Identifique possíveis fontes de erro.
  - Para o cálculo do valor aproximado da velocidade em dois instantes diferentes usou-se a expressão  $v = \frac{l}{\Delta t_1}$  (que se refere a um movimento retilíneo uniforme). Explique porque é possível utilizar aquela expressão no cálculo aproximado da velocidade instantânea e justifique por que razão o erro introduzido no cálculo da aceleração é menor quando os intervalos de tempo considerados para o cálculo dessas velocidades são os últimos do movimento de queda e não os primeiros.
  - Compare os valores que obteve para a aceleração da barra de acrílico com e sem o pedaço de plasticina e conclua sobre o efeito da massa na aceleração de um corpo.
- Resposta às questões-problema.

# Anexo X – Atividade Laboratorial 1.2 – “Forças nos movimentos retilíneos acelerado e uniforme”



## Atividade Laboratorial 1.2 – Forças nos movimentos retilíneos acelerado e uniforme

### 1. Questão-Problema

- 1) *Um trenó, transportando crianças, é empurrado numa superfície horizontal gelada, adquirindo movimento. Será necessário continuar a empurrá-lo para manter em movimento nessa superfície?*
- 2) *Será necessária uma força para que um corpo se mova?*

### 2. Introdução genérica

Desde a Antiguidade que se efetua uma associação entre força e movimento. Aristóteles (séc. IV a.C.) pensava que *cessante causa cessat effectus*, ou seja, quando a força aplicada deixasse de atuar, o corpo parava. Estas ideias persistiram até ao século XVII e ainda hoje muitas pessoas pensam assim.

Com esta atividade pretende-se explorar experimentalmente a relação entre força, velocidade e aceleração, contextualizando a perspectiva histórica das teorias de Aristóteles até Newton.

Investiga-se o movimento de um carrinho identificando-o quanto ao tipo e relacionando-o com a resultante das forças. Esta investigação pressupõe a obtenção de um gráfico velocidade-tempo, o qual necessita de um número elevado de pontos para permitir uma análise mais significativa.

O carrinho deverá ter rodas de baixo atrito e a roldana pequena massa e rolamento também de baixo atrito. Será ainda conveniente colocar algum material no chão para o amortecimento da queda do corpo que se suspende e que vai embater no chão.

Um carrinho vai percorrer uma trajetória retilínea sobre uma calha horizontal. Considerar-se-á desprezável a resistência do ar. O carrinho entra em movimento devido a uma força de tração exercida por um fio, em cuja extremidade se encontra um corpo B em queda. Contudo, como o fio é bastante longo, o corpo B atinge o solo num determinado instante e, a partir daí, a força de tração deixa de atuar sobre o carrinho. Em alternativa, o carrinho pode entrar em movimento por ação de uma força nele aplicada por uma mola.

Um sensor de movimento (CBR) permite registar a posição do carrinho ao longo do tempo e, indiretamente, também o valor da sua velocidade.

Deste modo, podemos analisar o movimento que o carrinho terá, quer no intervalo de tempo de atuação da força, quer a partir do instante em que esta deixa de atuar.

### 3. Questões pré-laboratoriais

- 1) Dois alunos discutem: um diz que é preciso aplicar constantemente uma força a um corpo para que este se mantenha em movimento; o outro afirma que a resultante das forças que atuam sobre um corpo pode ser nula e ele continuar em movimento. Tente defender o ponto de vista de cada um dos alunos, de modo a que ambos estejam corretos.
- 2) A descrição dos movimentos foi outrora diferente da que é hoje. Qual seria a resposta à questão inicial desta atividade:
  - a) Com base no ponto de vista de Aristóteles?
  - b) Com base no ponto de vista de Galileu? Por que razão diferem os dois pontos de vista?

- 3) Para simular a situação da questão-problema, pode-se usar um carrinho, que se move sobre um plano horizontal, puxado por um fio (inextensível e de massa desprezável) ligado a um corpo suspenso, como mostra a figura.



Fig.1 – Montagem experimental

- Qual será a diferença entre usar um carrinho ou um bloco?
- Trace as forças que atuam sobre o carrinho e sobre o corpo suspenso.
- Qual é a força responsável por pôr em movimento o conjunto *carrinho + corpo suspenso*?
- Escreva as expressões da Segunda Lei de Newton para o movimento do carrinho e do corpo suspenso e, a partir delas, deduza uma expressão para a aceleração do conjunto *carrinho + corpo suspenso*.
- Classifique, justificando, o movimento anterior.
- Se o fio for suficientemente comprido, o corpo acabará por colidir com o solo e o fio deixará de puxar o carrinho.
  - Que forças passarão a atuar no carrinho e no corpo?
  - Qual será a resultante das forças sobre o carrinho? E sobre o corpo?
  - O que prevê que aconteça ao carrinho? Justifique.
  - Esboce um gráfico velocidade-tempo para o movimento do carrinho desde que o conjunto se começa a mover até que o corpo fique no solo após colidir com ele, aí permanecendo.

#### 4. Objetivo da atividade

**Objetivo geral:** identificar forças que atuam sobre um corpo, que se move em linha reta num plano horizontal, e investigar o seu movimento quando sujeito a uma resultante de forças não nula e nula.

**Metas específicas:**

- ✓ Identificar as forças que atuam sobre um carrinho que se move num plano horizontal.
- ✓ Medir intervalos de tempo e velocidades.
- ✓ Construir um gráfico da velocidade em função do tempo, identificando tipos de movimento.
- ✓ Concluir qual é o tipo de movimento do carrinho quando a resultante das forças que atuam sobre ele passa a ser nula.
- ✓ Explicar, com base no gráfico velocidade-tempo, se os efeitos do atrito são ou não desprezáveis.
- ✓ Confrontar os resultados experimentais com os pontos de vista históricos de Aristóteles, de Galileu e de Newton.

#### 5. Material e equipamento necessário

- ✓ 1 sensor de posição de ultrassons (CBR)
- ✓ 1 calculadora gráfica TI-84 Plus ou superior
- ✓ 1 corpo de massa conhecida
- ✓ 1 calha de atrito reduzido (plano horizontal)
- ✓ 1 carrinho com rodas de baixo atrito
- ✓ 1 roldana de massa pequena e rolamento de baixo atrito
- ✓ 1 fio inextensível e de massa desprezável
- ✓ Material para o amortecimento da queda

## 6. Procedimento experimental

O carrinho pode estar numa calha apoiada numa mesa. Para obter o referido gráfico, pode usar-se um sistema de aquisição automática de dados, que inclua um sensor de movimento, e que disponibilize em tempo real o gráfico velocidade-tempo. Use um fio suficientemente comprido, de modo que consiga estudar o movimento do carrinho quando o fio está em tensão e após o corpo suspenso ter colidido com o solo.

- Colocar o sensor de movimento (CBR), preso, sobre o carrinho.
- Ligar um fio com uma massa marcada numa das extremidades ao carrinho e passa-lo pela gola de uma roldana presa na outra extremidade da calha. O fio deve ter um comprimento tal que o corpo A atinja o solo quando o carrinho se encontra a meio do percurso. Em alternativa, encostar o carrinho à extremidade da calha e acionar a mola.
- Ligar o CBR à calculadora gráfica.
- Pressionar a tecla APPS, seleccionar CBL/CBR, pressionar ENTER e seleccionar 3:RANGER.
- Pressionar novamente ENTER, escolher 1:SETUP/SAMPLE e seleccionar:

```
REAL TIME: NO
TIME (IS): 2
DISPLAY: DIST
BEGINON: TRIGGER
SMOOTHING: NONE
UNITS: METERS
```

- Com o cursor em START NOW, pressionar ENTER duas vezes.
- Pressionar o TRIGGER do CBR e largar o carrinho.
- Quando terminar a recolha de dados, pressionar ENTER e será exibido na máquina o gráfico  $x=f(t)$  relativo ao movimento do carrinho.
- Pressionar ENTER, seleccionar 2:VEL-TIME e visualizar o gráfico  $v=f(t)$  relativo ao mesmo movimento.
- Obtenha o gráfico velocidade-tempo para o movimento do carrinho, em todo o percurso sobre a calha, e esboce esse gráfico no seu caderno.
- Seleccionar um intervalo de tempo que inclua o instante em que o corpo suspenso colidiu com o solo.
- Verifique que existem duas zonas distintas e aproximadamente lineares no gráfico. Seleccionando os dados experimentais para intervalos de tempo convenientes, obtenha, para cada uma dessas zonas, a equação da reta de regressão.

## 7. Exploração dos resultados

- Obtenha o gráfico velocidade-tempo para o movimento do carrinho, em todo o percurso sobre a calha, e esboce esse gráfico no seu caderno.
- Seleccionar um intervalo de tempo que inclua o instante em que o corpo suspenso colidiu com o solo.
- Verifique que existem duas zonas distintas e aproximadamente lineares no gráfico. Seleccionando os dados experimentais para intervalos de tempo convenientes, obtenha, para cada uma dessas zonas, a equação da reta de regressão.
- Identifique os tipos de movimentos no gráfico velocidade-tempo e faça-os corresponder a cada situação do movimento do carrinho.
- Confronte o gráfico obtido com o previsto nas questões pré-laboratoriais.
- Qual é o valor experimental da aceleração do movimento em cada uma dessas situações?
- Pode considerar-se desprezável a força de atrito? Justifique.
- Indique, justificando com base em alguma das Leis de Newton, se a resultante das forças que atuam no carrinho é nula em alguma parte do movimento.
- Um corpo poderá manter-se em movimento mesmo que a resultante das forças sobre ele seja nula? Justifique.

**8. Questões pós-laboratoriais**

- 1) No intervalo de tempo em que o movimento do carrinho é acelerado, a força que o fio faz sobre...
  - A. O corpo suspenso tem o mesmo módulo que o seu peso.
  - B. O corpo suspenso é maior do que o seu peso.
  - C. O carrinho é menor do que o peso do bloco em queda.
  - D. O carrinho tem módulo igual ao do peso do bloco em queda.
- 2) Na atividade experimental deixou-se o corpo suspenso a uma altura  $h$ , menor do que a distância que o carrinho poderia percorrer sobre a superfície horizontal. Explique qual foi o motivo da montagem com essa opção.
- 3) Após o corpo suspenso ter alcançado o chão...
  - A. O carrinho vai parar, pois deixa de ser puxado.
  - B. A dependência da velocidade do carrinho no tempo confirma a lei da ação-reação.
  - C. O carrinho move-se com velocidade constante porque é puxado por uma força constante.
  - D. O movimento do carrinho é uma evidência da lei da inércia.

# Anexo XI – Atividade Laboratorial 1.3 – “Movimento uniformemente retardado: velocidade e deslocamento”



Física e Química A

11º Ano

## Atividade Laboratorial 1.3 – Movimento uniformemente retardado: velocidade e deslocamento

### 1. Questão-Problema

*Como medir a intensidade da resultante das forças de atrito numa travagem?*

### 2. Introdução genérica

Durante um movimento de um corpo sobre uma superfície podem ocorrer transferências de energia entre o corpo e a superfície. Se houver transferência de energia haverá uma variação da energia mecânica do sistema.

A diminuição da energia mecânica de um sistema é devida à existência de forças dissipativas a atuar sobre o sistema. A força de atrito é um exemplo de uma força dissipativa. Estas forças dependem dos materiais em contacto.

Um objeto que desliza num plano horizontal com atrito terá uma força que se opõe ao movimento e sendo esta força constante, o movimento será uniformemente retardado.

Pela Segunda Lei de Newton,  $\vec{F}_R = \vec{F}_a \rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}_a}{m}$

As expressões que traduzem o movimento uniformemente variado de um corpo no plano horizontal são:

- Lei do movimento uniformemente variado  $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$  (SI)
- Lei das velocidades  $v = v_0 + at$

### 3. Questões pré-laboratoriais

- 1) Trace um diagrama das forças que atuam no bloco quando este desliza sobre a rampa.
- 2) Trace um diagrama das forças que atuam no bloco quando este desliza sobre o plano horizontal.
- 3) A partir da lei do movimento e da lei da velocidade, deduza a expressão que relaciona o quadrado da velocidade e o deslocamento de um corpo com movimento uniformemente variado.

### 4. Objetivo da atividade

**Objetivo geral:** relacionar a velocidade e o deslocamento num movimento uniformemente retardado e determinar a aceleração e a resultante das forças de atrito.

Metas específicas:

- ✓ Justificar que o movimento do bloco que desliza sobre um plano horizontal, acabando por parar, é uniformemente retardado.

1

Ano letivo 2017/2018

- ✓ Obter a expressão que relaciona o quadrado da velocidade e o deslocamento de um corpo com movimento retilíneo uniformemente variado a partir das equações das posições e das velocidades em função do tempo.
- ✓ Concluir que num movimento uniformemente retardado, em que o corpo acaba por parar, o quadrado da velocidade é diretamente proporcional ao deslocamento, e interpretar o significado da constante de proporcionalidade.
- ✓ Medir massas, comprimentos, tempos, distâncias e velocidades.
- ✓ Construir o gráfico do quadrado da velocidade em função do deslocamento, determinar a equação da reta de regressão e calcular a aceleração do movimento.
- ✓ Determinar a resultante das forças de atrito que atuam sobre o bloco a partir da Segunda Lei de Newton.

#### 5. Material e equipamento necessário

- ✓ Unidade portátil TI-Nspire-CX
- ✓ Lab Cradle
- ✓ Célula fotoelétrica (Photogate)
- ✓ Bloco
- ✓ Balança
- ✓ Fita métrica
- ✓ Suporte universal com garra e noz
- ✓ Suporte para célula

#### 6. Procedimento experimental

Pretende-se medir a intensidade da resultante das forças de atrito que atuam sobre um bloco numa travagem num plano horizontal.

Efetue a montagem da figura 1, usando o material seguinte: célula fotoelétrica com ligação a um cronómetro digital e suporte universal, dois planos, um horizontal e um inclinado, balança e fita métrica, bloco com tira opaca estreita na parte superior.



Figura 1 – Montagem para determinar a intensidade da resultante das forças de atrito numa situação de travagem

- Meça a massa do bloco e a largura da tira opaca.
- Largue o bloco de uma posição A da rampa. Registe o tempo de passagem da tira opaca pela célula, marcado no cronómetro. Meça a distância no plano horizontal, desde a posição da célula até à posição em que o bloco para, ou seja, a distância de travagem ( $\Delta x$ ). Repita o procedimento mais duas vezes de modo a obter uma média do tempo de passagem pela célula (que permite determinar a velocidade nessa posição) e uma média da distância de travagem.

- Elabore uma tabela para registar os dados e repita o procedimento do ponto 2 mais cinco vezes, abandonando o bloco de pontos diferentes da rampa (B, C, D, E e F, por exemplo afastados entre si cerca de 5 cm), de modo a que o bloco chegue à superfície horizontal com velocidades diferentes.

## 7. Resultados

$$m = (129,15 \pm 0,01) \text{ g}$$

$$l = (10,00 \pm 0,02) \text{ mm}$$

Posição inicial	$d_i / \text{m}$ $\pm 0,0005$	$\Delta t / \text{ms}$ $\pm 0,001$	$\Delta x / \text{m}$ $\pm 0,0005$
A	0,600	10,956	0,4930
		10,771	0,4980
		10,753	0,4840
B	0,500	11,681	0,4280
		11,812	0,4060
		11,877	0,4020
C	0,400	12,291	0,3520
		12,366	0,3580
		12,416	0,3710
D	0,300	13,869	0,2970
		13,662	0,2840
		13,785	0,3010
E	0,200	15,369	0,2690
		15,439	0,2530
		15,540	0,2420

## 8. Exploração dos resultados

- Complete a tabela de dados determinando, para cada posição em que o bloco foi abandonado, A, B...:
  - o tempo mais provável de passagem da tira pela célula e a velocidade nessa posição;
  - a distância de travagem mais provável.
- Construa um gráfico do quadrado da velocidade inicial na superfície horizontal em função da distância de travagem. Verifique que a melhor linha de ajuste aos pontos experimentais é uma reta. Determine a equação dessa reta e, a partir dela, calcule o módulo da aceleração do movimento.
- Determine a intensidade da resultante das forças de atrito na travagem.
- Identifique possíveis erros experimentais.
- Compare o resultado obtido com os de outros grupos, identificando as causas das diferenças, designadamente os fatores que afetam a distância de travagem.

## 9. Questão pós-laboratorial

- Num movimento uniformemente retardado, em que o corpo acaba por parar, o quadrado da velocidade é diretamente proporcional ao deslocamento. Qual o significado da constante de proporcionalidade?

## Anexo XII – Aulas de regência: planificação da componente de Física



REPÚBLICA  
PORTUGUESA  
PRIMEIRA



<b>ESCOLA SECUNDÁRIA INFANTA DONA MARIA</b>	Física e Química A – 11º Ano Professor: Ana Paula Branquinho / Patrícia Gomes Pinto	Ano letivo: 2017/2018
	Domínio: <i>Ondas e eletromagnetismo</i>	
Subdomínio: <i>Ondas eletromagnéticas</i>		
Turma: 11ºC		
Data de início: 5/1/2018		
Data de fim: 17/1/2018		
Nº de tempos letivos (45 min): 14		

Aula	Assunto e Conceitos	Metas curriculares / Competências O aluno deve ser capaz de:	Estratégias	Avaliação	Recursos Didáticos
1/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onda eletromagnética</li> <li>• Freqüência da onda/freqüência de oscilação da carga elétrica</li> <li>• Campo elétrico e campo magnético</li> <li>• Espectro eletromagnético</li> </ul> <p><b>Sinário:</b> Produção e propagação de ondas eletromagnéticas. Espectro eletromagnético. Os contributos de Maxwell e Hertz. Repartição da energia de uma onda eletromagnética. A energia solar e a Terra. Albedo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Associar a origem de uma onda eletromagnética (radiação eletromagnética ou luz) à oscilação de uma carga elétrica, identificando a freqüência da onda com a freqüência de oscilação da carga.</li> <li>✓ Indicar que uma onda eletromagnética resulta da propagação de campos elétrico e magnético variáveis, perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação de onda.</li> <li>✓ Identificar o contributo de Maxwell para a teoria das ondas eletromagnéticas e de Hertz para a produção e a deteção de ondas eletromagnéticas com grande comprimento de onda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar os conceitos lecionados em marcos históricos da Física.</li> <li>• Promoção de uma discussão com a turma a partir de algumas situações apresentadas, de modo a explorar os conceitos abordados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registo da participação dos alunos na discussão oral e na resolução dos exercícios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Física</li> <li>• PowerPoint 1 – “Produção e propagação de ondas eletromagnéticas; Espectro eletromagnético”</li> <li>• Vídeo “Experiência de Hertz”</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservação da energia</li> <li>• Energia refletida, transmitida e absorvida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Interpretar a repartição da energia de uma onda eletromagnética que incide na superfície de separação de dois meios:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ parte refletida, parte transmitida e parte absorvida, com base na conservação da energia.</li> </ul> </li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração de imagens</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatores de que depende a repartição da energia</li> <li>• Albedo da Terra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ indicar que essa repartição depende da frequência da onda incidente, da inclinação da luz e dos materiais.</li> <li>✓ Aplicar a repartição da energia à radiação incidente na Terra, assim como a transparência ou opacidade da atmosfera a ondas eletromagnéticas com certas frequências, para justificar a fração da radiação solar que é refletida (albedo) e a que chega à superfície terrestre e a importância (biológica, tecnológica) desta na vida do planeta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar os conceitos lecionados com situações do quotidiano.</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 191), de modo a consolidar os conceitos adquiridos.</li> <li>• Reforçar o caráter interdisciplinar dos conceitos lecionados, salientando a importância do ponto de vista biológico e tecnológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro da participação dos alunos na discussão alargada à turma e dinamizada pelo professor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Física</li> <li>• PowerPoint 2 – “Reflexão da luz. Refração da luz. Reflexão total da luz”</li> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Exercícios de aplicação</li> </ul>
<p>3/4</p> <p><u>Sumário:</u> Reflexão da luz. Refração da luz. Reflexão total da luz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexão da luz</li> <li>• Leis da reflexão da luz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Enunciar e aplicar as Leis da Reflexão da Luz.</li> <li>✓ Caracterizar a reflexão de uma onda eletromagnética, comparando as ondas incidente e refletida usando a frequência, velocidade, comprimento de onda e intensidade, e identificar aplicações da reflexão (radar, leitura de códigos de barras, etc.)</li> <li>✓ Determinar índices de refração e interpretar o seu significado.</li> <li>✓ Caracterizar a refração de uma onda, comparando as ondas incidente e refratada usando a frequência, velocidade, comprimento de onda e intensidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoção de uma discussão com a turma a partir de algumas situações apresentadas, de modo a explorar os conceitos abordados.</li> <li>• Resolução de exercícios de aplicação.</li> </ul>		

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensidade</li> <li>• Refração da luz</li> <li>• Índice de refração</li> <li>• Leis da refração da luz</li> <li>• Reflexão total da luz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estabelecer, no fenómeno de refração, relações entre índices de refração e velocidades de propagação, índices de refração e comprimentos de onda, velocidades de propagação e comprimentos de onda.</li> <li>✓ Enunciar e aplicar as Leis da Refração da Luz.</li> <li>✓ Explicitar as condições para que ocorra reflexão total da luz, exprimindo-as quer em função do índice de refração quer em função da velocidade de propagação, e calcular ângulos limite.</li> <li>✓ Justificar a constituição de uma fibra ótica com base nas diferenças de índices de refração dos materiais que a constituem e na elevada transparência do meio onde a luz se propaga de modo a evitar uma acentuada atenuação do sinal, dando exemplos de aplicação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar os conceitos lecionados com situações do quotidiano.</li> <li>• Realização de atividades práticas de sala de aula de modo a visualizarem alguns dos conceitos lecionados.</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (da pág. 191 até à 194), de modo a consolidar os conceitos adquiridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registo da participação dos alunos na resolução dos exercícios e na atividade prática de sala de aula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade prática de sala de aula</li> </ul>
5/6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difração</li> <li>• Bandas de frequência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descrever o fenómeno da difração e as condições em que pode ocorrer.</li> <li>✓ Fundamentar a utilização de bandas de frequências adequadas (ondas de rádio e micro-ondas) nas comunicações, nomeadamente por telemóvel e via satélite (incluindo o GPS).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoção de uma discussão com a turma a partir de algumas situações apresentadas, de modo a explorar os conceitos abordados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registo da participação dos alunos na discussão oral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Física</li> <li>• PowerPoint 3 – “Difração da luz. Efeito Doppler”</li> <li>• Exploração de imagens</li> </ul>	

<p>eletromagnética nas comunicações. O Big Bang, o desvio para o vermelho e a radiação cósmica de fundo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efeito Doppler no som</li> <li>Efeito Doppler na luz</li> <li>Teoria do Big Bang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descrever qualitativamente o efeito Doppler e interpretar o desvio no espectro para comprimentos de onda maiores como resultado do afastamento entre emissor e receptor, exemplificando com o som e com a luz.</li> <li>✓ Indicar que as ondas eletromagnéticas possibilitam o conhecimento da evolução do Universo, descrito pela teoria do Big Bang, segundo a qual o Universo tem estado em expansão desde o seu início.</li> <li>✓ Identificar como evidências principais do Big Bang o afastamento das galáxias, detetado pelo desvio para o vermelho nos seus espectros de emissão (equivalente ao efeito Doppler) e a existência de radiação de fundo, que se espalhou pelo Universo quando se formaram os primeiros átomos (principalmente hidrogénio e hélio) no Universo primordial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionar os conceitos lecionados com situações do quotidiano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participação individual na realização da atividade laboratorial.</li> <li>Resposta às questões pré e pós laboratoriais.</li> <li>Tratamento de dados.</li> <li>Discussão de grupo turma dos resultados obtidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vídeo "Efeito Doppler" (11F)</li> </ul>
<p>7/8/9</p> <p><b>Sumário:</b> AL 3.1 – Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absorção</li> <li>Reflexão</li> <li>Refração</li> <li>Índice de refração</li> <li>Reflexão total</li> <li>Ângulo crítico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avaliar a capacidade refletora e a transparência de diversos materiais quando neles se faz incidir luz e a diminuição da intensidade do feixe ou a mudança da direção do feixe de luz.</li> <li>✓ Medir ângulos de incidência e de reflexão, relacionando-os.</li> <li>✓ Medir ângulos de incidência e de refração.</li> <li>✓ Construir o gráfico do seno do ângulo de refração em função do seno do ângulo de incidência, determinar a equação da reta de ajuste e, a partir do seu declive, calcular o índice de refração do meio em relação ao ar.</li> <li>✓ Prever qual é o ângulo crítico de reflexão total entre o meio e o ar e verificar o fenómeno da reflexão total para ângulos de incidência superiores ao ângulo crítico, observando o que acontece à luz enviada para o interior de uma fibra ótica.</li> <li>✓ Identificar a transparência e o elevado valor do índice de refração como propriedades da fibra ótica que guiam a luz no seu interior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho de grupo.</li> <li>Utilização de um protocolo com questões pré e pós laboratoriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participação individual na realização da atividade laboratorial.</li> <li>Resposta às questões pré e pós laboratoriais.</li> <li>Tratamento de dados.</li> <li>Discussão de grupo turma dos resultados obtidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vídeo de exploração da AL 3.1 (11F)</li> <li>Protocolo AL 3.1</li> <li>Material necessário à realização das diferentes experiências</li> <li>Grelha de observação direta dos alunos sobre o empenho e participação no trabalho laboratorial</li> </ul>

<p>10/11</p> <p><b>Sumário:</b> Esclarecimento de dúvidas. Resolução de exercícios.</p>	<p>Conteúdos/conceitos abordados no subdomínio</p>	<p>✓ Resolver corretamente todos os exercícios que lhe são propostos. ✓ Relacionar os conceitos e conteúdos lecionados no subdomínio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisão geral do subdomínio.</li> <li>• Resolução de uma ficha de trabalho.</li> <li>• Resolução de exercícios do manual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registo da participação dos alunos na discussão oral e na resolução dos exercícios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquema da subunidade</li> <li>• Ficha nº3 – Ondas eletromagnéticas</li> <li>• Manual de Física</li> </ul>
<p>12/13/14</p> <p><b>Sumário:</b> AL 3.2 – Comprimento de onda e difração</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difração</li> </ul>	<p>✓ Identificar o fenómeno da difração a partir da observação das variações de forma da zona iluminada de um alvo com luz de um laser, relacionando-as com a dimensão da fenda por onde passa a luz. ✓ Concluir que os pontos luminosos observados resultam da difração e aparecem mais espaçados se se aumentar o número de fendas por unidade de comprimento. ✓ Determinar o comprimento de onda da luz do laser. ✓ Justificar o uso de redes de difração em espectroscopia, por exemplo na identificação de elementos químicos, com base na dispersão da luz policromática que elas originam.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalho de grupo.</li> <li>• Utilização de um protocolo com questões pré e pós laboratoriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participação individual na realização da atividade laboratorial.</li> <li>• Resposta às questões pré e pós laboratoriais.</li> <li>• Tratamento de dados.</li> <li>• Discussão de grupo turma dos resultados obtidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material necessário à realização das diferentes experiências</li> <li>• Protocolo AL 3.2</li> <li>• Vídeo de exploração da AL 3.2 (11F)</li> <li>• Grelha de observação direta dos alunos sobre o empenho e participação no trabalho laboratorial</li> </ul>

# Anexo XIII – Desenvolvimento da aula 1 da Componente de Física



## 2.3 – Ondas eletromagnéticas

Aulas 1/2 – 5/1/2017 (90 minutos)

### Sumário:

Produção e propagação de ondas eletromagnéticas.  
Espectro eletromagnético.  
Os contributos de Maxwell e Hertz.  
Repartição da energia de uma onda eletromagnética.  
A energia solar e a Terra.  
Albedo.

### Questões motivadoras:

- Em que consiste uma onda eletromagnética?
- O que acontece quando uma onda eletromagnética incide na superfície de separação de dois meios?
- Qual é o albedo da Terra?

Conteúdos subjacentes	Fazer notar que...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A origem de uma onda eletromagnética</li> <li>• Espectro eletromagnético</li> <li>• Repartição da energia de uma onda eletromagnética</li> <li>• Repartição da energia da radiação solar incidente na Terra</li> <li>• Importância da radiação solar na vida da Terra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As ondas ou radiações eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagarem.</li> <li>• As ondas eletromagnéticas resultam da propagação de campos elétricos e magnéticos, variáveis, perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação das ondas – são ondas transversais.</li> <li>• Os contributos de Maxwell para a teoria das ondas eletromagnéticas e de Hertz para a produção e deteção de ondas eletromagnéticas com grande comprimento de onda vieram revolucionar por completo os meios de comunicação.</li> <li>• Quando a luz incide na superfície de separação de dois meios, parte é refletida, parte é transmitida e parte é absorvida.</li> <li>• Pela Lei da Conservação da Energia, sabemos que a energia da onda incidente é igual à soma da energia da onda refletida com a energia da onda absorvida mais a energia onda transmitida.</li> <li>• Um material é opaco a uma radiação quando não se deixa atravessar por essa radiação, não a transmite.</li> <li>• Um material é transparente a uma radiação quando se deixa atravessar por essa radiação, transmite-a.</li> <li>• A radiação solar chega à superfície da Terra através das janelas do visível, das ondas de rádio, do ultravioleta de baixa frequência e do infravermelho de certas frequências.</li> <li>• A atmosfera é opaca à radiação de frequência elevada, como os raios gama, raios X e raios UV de alta frequência – radiação ionizante.</li> <li>• Da radiação solar que atinge o topo da atmosfera, cerca de 30% da radiação é refletida (albedo), cerca de 19% é absorvida pela atmosfera e cerca de 51% é transmitida para a superfície da Terra.</li> </ul>
Conceitos-chave	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onda eletromagnética</li> <li>• Lei da Conservação da Energia</li> <li>• Reflexão</li> <li>• Transmissão</li> <li>• Absorção</li> <li>• Radiação ionizante e não ionizante</li> <li>• Albedo</li> </ul>	
Atividades propostas	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 191)</li> </ul>	
Recursos de aula	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Física</li> <li>• PowerPoint 1 – “Produção e propagação de ondas eletromagnéticas. Espectro eletromagnético”</li> <li>• Vídeo “Experiência de Hertz”</li> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 191)</li> </ul>	

Metas curriculares:

- ✓ Associar a origem de uma onda eletromagnética (radiação eletromagnética ou luz) à oscilação de uma carga elétrica, identificando a frequência da onda com a frequência de oscilação da carga.
- ✓ Indicar que uma onda eletromagnética resulta da propagação de campos elétrico e magnético variáveis, perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação de onda.
- ✓ Identificar o contributo de Maxwell para a teoria das ondas eletromagnéticas e de Hertz para a produção e a deteção de ondas eletromagnéticas com grande comprimento de onda.
- ✓ Interpretar a repartição da energia de uma onda eletromagnética que incide na superfície de separação de dois meios (parte refletida, parte transmitida e parte absorvida) com base na conservação da energia, indicando que essa repartição depende da frequência da onda incidente, da inclinação da luz e dos materiais.
- ✓ Aplicar a repartição da energia à radiação incidente na Terra, assim como a transparência ou opacidade da atmosfera a ondas eletromagnéticas com certas frequências, para justificar a fração da radiação solar que é refletida (albedo) e a que chega à superfície terrestre e a importância (biológica, tecnológica) desta na vida do planeta.

DIAPOSITIVO 3

- Enquadramento histórico

*Os nomes Maxwell e Hertz são vos familiares? Quem foram?*



Figura 1 – James Maxwell (1831-1879) - físico escocês, mostrou que campos elétricos variáveis criam campos magnéticos e que as perturbações eletromagnéticas se propagam como ondas.



Figura 2 – Heinrich Hertz (1857-1894) – produziu artificialmente, e pela primeira vez, ondas eletromagnéticas com grande comprimento de onda que permitiam a comunicação entre a antena emissora e a recetora.

#### DIAPOSITIVO 4

- **Contributos de Maxwell**

Sabemos que a luz do Sol chega até nós, na Terra, propagando-se através do espaço vazio (vácuo). Ondas, como a luz, que não precisam de um meio material para se propagarem, designam-se por ondas ou radiações eletromagnéticas.

O modelo que o físico James Maxwell concebeu para o estudo dos campos elétricos e magnéticos prevê a propagação de ondas eletromagnéticas.

Segundo Maxwell, se num determinado ponto P for produzida uma perturbação elétrica causada, por exemplo, por oscilação de uma carga elétrica, essa perturbação produz um campo elétrico,  $\vec{E}$ , variável no tempo e também no espaço, à medida que a perturbação se propaga. Este campo elétrico, variável no tempo induz um campo magnético,  $\vec{B}$ , que também varia no tempo e no espaço, perpendicular a este. Esta indução recíproca de campos elétricos e de campos magnéticos, variáveis no tempo e no espaço, perpendiculares entre si, está associada à propagação de perturbações eletromagnéticas, constituindo ondas eletromagnéticas.

Estas ondas eletromagnéticas são ondas transversais.

Maxwell concluiu que:

- os campos elétricos e magnéticos se propagam como ondas eletromagnéticas;
- a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo é igual à já então conhecida velocidade da luz no vácuo ( $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s); logo, a luz é uma onda eletromagnética;
- uma onda eletromagnética apresenta todas as características de uma onda, tais como reflexão, refração, difração e interferência.



Figura 3 – Equações de Maxwell numa t-shirt.

#### DIAPOSITIVO 5

- Como se produz uma onda eletromagnética?



Figura 4 – Cargas elétricas em oscilação produzem ondas eletromagnéticas.

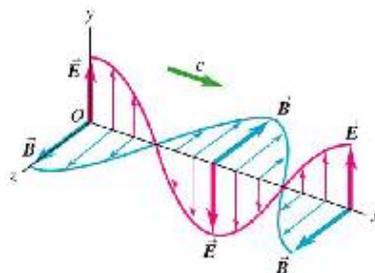


Figura 5 – Onda eletromagnética.

A fonte geradora de ondas eletromagnéticas mais simples consiste numa carga elétrica a oscilar com uma determinada frequência, sendo a frequência de onda igual à frequência de oscilação da carga.

#### DIAPOSITIVO 6

- Experiência de Hertz

Apesar da teoria de Maxwell estar bem fundamentada (física e matematicamente), não foi possível confirmá-la experimentalmente na época. Só em 1887 (cerca de vinte anos mais tarde), o

físico alemão Heinrich Hertz concebeu e realizou uma experiência que confirmou a teoria de Maxwell, ao gerar e detetar as primeiras ondas eletromagnéticas, neste caso, ondas de rádio.

Hertz utilizou uma bobina de indução ligada a duas hastes metálicas, cada uma com uma esfera metálica numa das extremidades – circuito emissor, também designado por “excitador”, de modo a criar uma tensão elétrica elevada entre as esferas.

Sempre que a bobina (fonte de impulsos elétricos alternados) era percorrida por uma corrente elétrica, Hertz observava descargas elétricas (faíscas) entre as duas hastes ligadas às esferas metálicas; passava a haver uma oscilação de cargas entre as duas esferas, o que levava à emissão de ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas produzidas por Hertz tinham uma frequência de  $5 \times 10^8$  Hz, correspondendo a um comprimento de onda de 60 cm, ou seja, a um grande comprimento de onda. Hertz descobriu, assim, uma forma de produzir, experimentalmente, ondas eletromagnéticas, mais particularmente ondas de rádio.

$$c = \frac{\lambda}{T}$$
$$f = \frac{1}{T}$$
$$\lambda = cT = \frac{c}{f} = \frac{3,0 \times 10^8}{5 \times 10^8} = 0,6 \text{ m}$$

(FAZER DEDUÇÃO NO QUADRO)

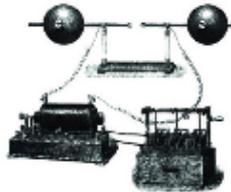


Figura 6 – Equipamento utilizado por Hertz para produzir ondas eletromagnéticas.

(VÍDEO – “EXPERIÊNCIA DE HERTZ”)

### DIAPOSITIVO 7

- Espectro eletromagnético (15 minutos)

O conjunto de todas as ondas eletromagnéticas de diferentes frequências designa-se por espectro eletromagnético.

*Que aplicações conhecem de cada tipo de radiação eletromagnética?*

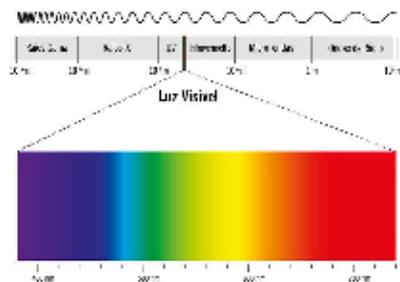


Figura 7 – Espectro eletromagnético.

### DIAPOSTIVO 8

- Repartição da energia de uma onda eletromagnética (15 minutos)

Como sabemos, uma onda é a propagação de uma perturbação no espaço, com transporte de energia. Em particular, também uma onda eletromagnética transporta energia. Quanto maior for a frequência da onda eletromagnética, maior é a energia que transporta.

Quando uma onda eletromagnética se propaga num meio material, parte da energia da onda é absorvida pelo meio.

Se a propagação da onda se der no vácuo, não há absorção de energia.

Como se reparte a energia, quando uma onda eletromagnética incide na superfície de separação de dois meios?

- Parte da radiação é refletida;
- Parte da radiação é transmitida;
- Parte da radiação é absorvida.

Pela Lei da Conservação da Energia, sabemos que:

$$E_{\text{onda incidente}} = E_{\text{onda refletida}} + E_{\text{onda absorvida}} + E_{\text{onda transmitida}}$$

- Há materiais (ou corpos) que são opacos à radiação eletromagnética, isto é, não a transmitem (não se deixam atravessar por ela).
- Há materiais (ou corpos) que são opacos à radiação eletromagnética de uma determinada frequência, mas transmitem radiações com outras frequências. É o caso do vidro normal utilizado nas janelas das nossas casas e em estufas, que é transparente à radiação visível, isto é, deixa-se atravessar por ela, praticamente não a absorvendo, mas é opaco à radiação infravermelha (IV).

### DIAPOSITIVO 9



Figura 8 – Numa estufa, o vidro ou plástico que a envolve transmitem a radiação visível para o seu interior, mas são opacos à radiação IV, resultando, assim, um aquecimento do ambiente no seu interior.



Figura 9 - A radiação solar incide na face transparente do coletor, e parte dela atinge a chapa de alumínio pintada de preto, que está no interior da caixa.

*Porque é que no Verão se verificam temperaturas mais elevadas do que no Inverno?*

Quando uma onda eletromagnética incide na superfície de separação de dois meios, a energia incidente, por unidade de área da superfície, depende da inclinação da superfície relativamente à direção de propagação da onda.

Consideremos, por exemplo, a luz proveniente do Sol e que atinge a superfície da Terra na região oeste da Península Ibérica, em junho e em dezembro:

- em junho, os raios solares estão poucos inclinados, o que faz com que a luz procedente do Sol se distribua por uma área menor, isto é, incide mais energia por unidade de área;
- em dezembro, como os raios solares estão muito mais inclinados, a luz procedente do Sol distribui-se por uma área maior, isto é, incide menos energia por unidade de área.

## DIAPOSITIVO 10

- Repartição da energia da radiação solar incidente na Terra (15 minutos)

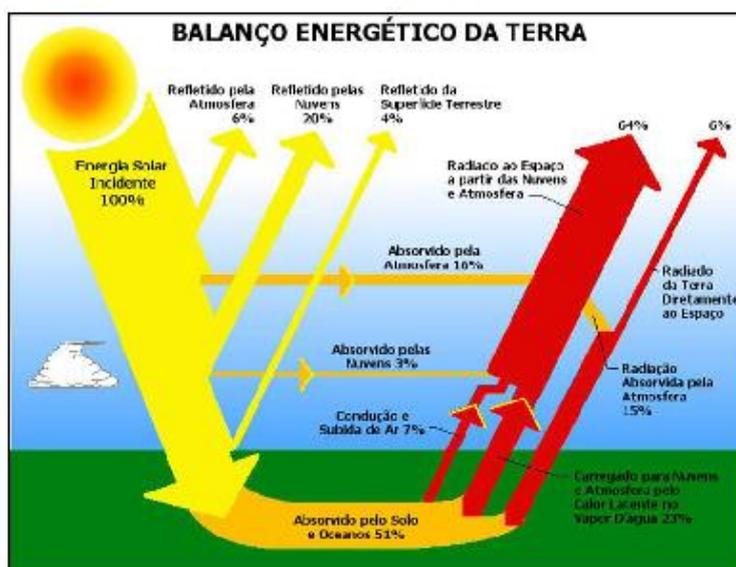


Figura 10 – Balanço energético da Terra

O Sol transfere energia para a Terra através da luz que nos envia, mas nem toda a radiação solar que atinge o topo da atmosfera chega à superfície da Terra:

- parte da radiação solar é refletida (no topo da atmosfera) para o Espaço;
- parte da radiação solar é absorvida pela atmosfera; é o caso das radiações gama, raios X, radiação ultravioleta mais energética, parte da radiação infravermelha e alguma radiação micro-ondas; diz-se que a atmosfera da Terra é opaca a estas radiações;
- parte da radiação solar é transmitida e chega à superfície da Terra; diz-se que a atmosfera da Terra é transparente a essas radiações.

A fração da energia refletida, absorvida e transmitida depende da frequência da radiação incidente e das características dos materiais sobre os quais a radiação incide.

Verifica-se que, da radiação solar que atinge o topo da atmosfera:

- cerca de 30% da radiação solar é refletida:
  - 6% pela atmosfera;
  - 20% pelas nuvens;
  - 4% pela superfície terrestre;(a radiação solar incidente que é refletida na atmosfera, nas nuvens e na superfície terrestre constitui o albedo do planeta que, no caso da Terra, é cerca de 30%);
- cerca de 19% é absorvida pela atmosfera;

- cerca de 51% é transmitida para a superfície da Terra, isto é, atinge a superfície terrestre (destes 51% de radiação solar que chega à superfície terrestre, só cerca de 25% é radiação direta do Sol; os restantes 26% são radiação refletida e dispersa pelas nuvens e atmosfera).

### DIAPOSITIVO 11

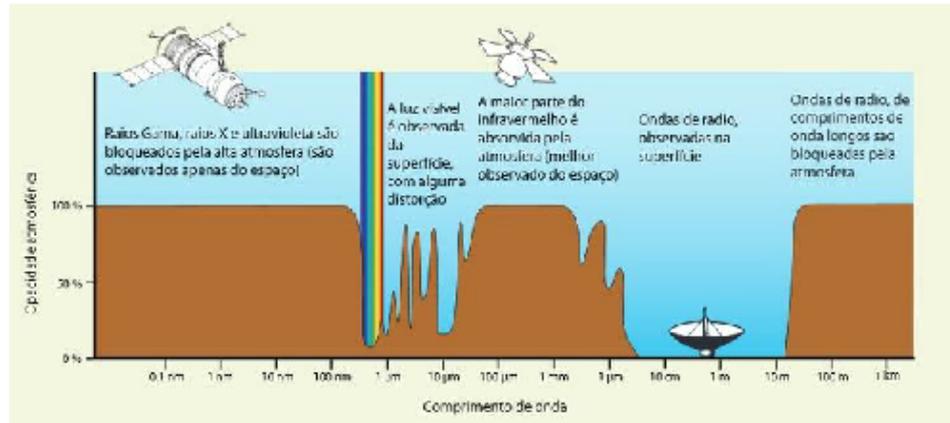


Figura 11 – “Janelas atmosféricas”: a luz de certas frequências atravessa a atmosfera até chegar à superfície terrestre.

A atmosfera é transparente a radiações, nas regiões do visível e das ondas de rádio.

A radiação solar chega, portanto, à superfície da Terra, através de várias zonas: a janela do UV, a janela do visível, as janelas do IV próximo e IV térmico e a janela das ondas de rádio. Estas zonas são muitas vezes designadas por “janelas atmosféricas”.

- Importância da radiação solar na vida da Terra (5 minutos)

### DIAPOSITIVO 12

*Qual é a importância da radiação solar no nosso dia a dia? Conseguíamos viver sem ela?*

A nível biológico (5 minutos)

A radiação solar que chega à superfície terrestre é essencial à vida na Terra. É também a principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do planeta.

Sem a luz (energia) do Sol, a vida na Terra não seria possível. Não existiriam plantas nem outros seres vivos. Não haveria rios, ventos, enfim, seríamos um planeta escuro e frio.

Todos os seres vivos precisam de energia para viver (crescer, mover-se, reproduzir-se...). As plantas suprem as suas necessidades captando a luz do Sol para realizarem a fotossíntese. Outros seres vivos, como os seres humanos, que não realizam a fotossíntese, satisfazem parte das suas necessidades energéticas alimentando-se de outros animais ou plantas.

A evaporação de parte da água dos rios, lagos e mares é provocada pela radiação solar. As nuvens que se formam e deslocam acabam por reenviar a água que se evaporou para a superfície da Terra sob a forma de chuva, neve ou granizo, e assim se gera o ciclo da água.

Também o aquecimento desigual da atmosfera terrestre pelo Sol provoca diferenças de pressão do ar atmosférico. As regiões de ar sob altas pressões tendem a mover-se para as regiões de baixas pressões, criando os ventos.

### DIAPOSTIVO 13

A nível tecnológico (5 minutos)

A radiação solar que chega à superfície terrestre tem, hoje, um papel relevante nas mais variadas aplicações tecnológicas, como, por exemplo, em sistemas de aquecimento, caso dos coletores solares, e para produzir corrente elétrica, como nos painéis fotovoltaicos.

Figura 12 - Sistemas de aquecimento (coletores solares)	
Figura 13 - Produção de corrente elétrica (painéis fotovoltaicos)	
Figura 14 - Comunicações	

## Anexo XIV – Apresentação da aula 1 da Componente de Física



ESCOLA SECUNDÁRIA INFANTA D. MARIA

# ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Produção e propagação de ondas eletromagnéticas. Espectro eletromagnético

Física e Química A – 2017/2018  
11º Ano  
5/1/2018

2

## Sumário

- Produção e propagação de ondas eletromagnéticas.
- Espectro eletromagnético.
- Os contributos de Maxwell e Hertz.
- Repartição da energia de uma onda eletromagnética.
- A energia solar e a Terra.
- Albedo.

## Enquadramento histórico



Figura 1 – James Maxwell (1831-1879)

Figura 2 – Heinrich Hertz (1857-1894)

Físico escocês, mostrou que campos elétricos variáveis criam campos magnéticos e que as perturbações eletromagnéticas se propagam como ondas.

Produziu artificialmente, e pela primeira vez, ondas eletromagnéticas com grande comprimento de onda que permitiam a comunicação entre a antena emissora e a receptora.

## Contributos de Maxwell

Com base na suas equações, Maxwell concluiu que:

- Os campos elétricos e magnéticos propagam-se como ondas eletromagnéticas;
- As ondas eletromagnéticas propagam-se no vázio com uma velocidade igual à velocidade de propagação da luz no vázio ( $c = 3,0 \times 10^8$  m/s);
- Uma onda eletromagnética apresenta as características de uma onda, sofrendo fenómenos tais como, reflexão, refração, difração e interferência.



Figura 3 – Equações de Maxwell numa t-shirt.

5

## Como se produz uma onda eletromagnética?

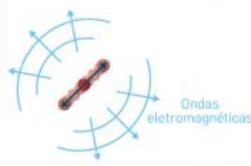


Figura 4 – Cargas elétricas em oscilação produzem ondas eletromagnéticas.

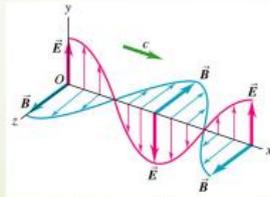


Figura 5 – Onda eletromagnética.

As **ondas eletromagnéticas** resultam da propagação de campos elétricos,  $\vec{E}$ , e magnéticos,  $\vec{B}$ , variáveis, perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação das ondas – são ondas transversais.

6

## Experiência de Hertz (vídeo)

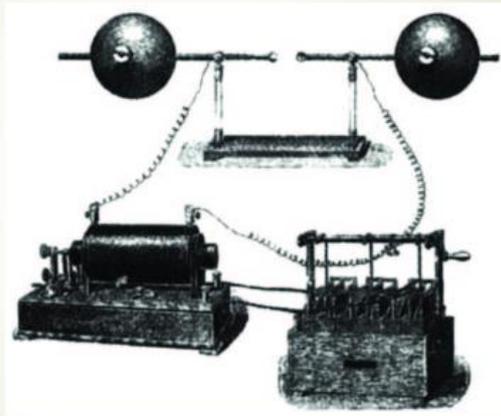


Figura 6 – Equipamento utilizado por Hertz para produzir ondas eletromagnéticas.

7

## Espetro eletromagnético

- O conjunto de todas as ondas eletromagnéticas de diferentes frequências designa-se por espectro eletromagnético.

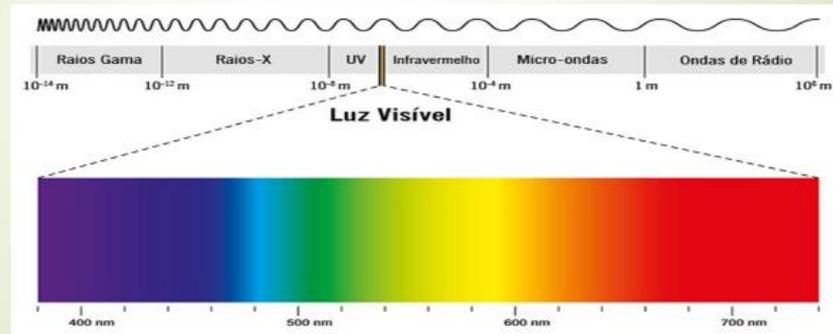


Figura 7 – Espetro eletromagnético

8

## Repartição da energia de uma onda eletromagnética

Pela Lei da Conservação da Energia:

$$E_{\text{onda incidente}} = E_{\text{onda refletida}} + E_{\text{onda absorvida}} + E_{\text{onda transmitida}}$$

- Um material é opaco a uma radiação quando não se deixa atravessar por essa radiação; não a transmite.
- Um material é transparente a uma radiação quando se deixa atravessar por essa radiação; transmite-a.
- Quando uma onda eletromagnética incide na superfície de separação de dois meios, parte é refletida, parte é transmitida e parte é absorvida.

## Repartição da energia de uma onda eletromagnética (cont.)



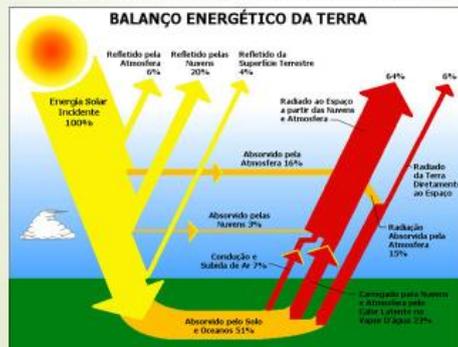
**Figura 8** – Numa estufa, o vidro ou plástico que a envolve transmitem a radiação visível para o seu interior, mas são opacos à radiação IV, resultando, assim, um aquecimento do ambiente no seu interior.



**Figura 9** - A radiação solar incide na face transparente do coletor, e parte dela atinge a chapa de alumínio pintada de preto, que está no interior da caixa.

## Repartição da energia da radiação solar incidente na Terra

- Da radiação solar que atinge o topo da atmosfera, cerca de 30% da radiação é **refletida (albedo)**, cerca de 19% é **absorvida** pela atmosfera e cerca de 51% é **transmitida** para a superfície da Terra.



**Figura 10** – Balanço energético da Terra

## Repartição da energia da radiação solar incidente na Terra (cont.)

- A radiação solar chega à superfície da Terra através das janelas do visível, das ondas de rádio, do ultravioleta de baixa frequência e do infravermelho de certas frequências.

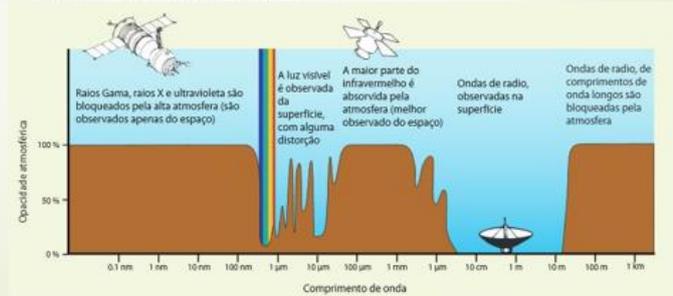


Figura 11 – “Janelas atmosféricas”: a luz de certas frequências atravessa a atmosfera até chegar à superfície terrestre.

## Importância da radiação solar na vida da Terra: a nível biológico

- Responsável pela **dinâmica da atmosfera terrestre**;
- Responsável pelas **características climáticas do planeta**;
- Utilizada pelas **plantas** para a realização da **fotossíntese**;
- Provoca a **evaporação de parte da água dos rios, lagos e mares**, gerando-se o **ciclo da água**;
- Responsável pelo **aquecimento desigual da atmosfera terrestre pelo Sol**, criando os **ventos**.

## Importância da radiação solar na vida da Terra: a nível tecnológico

**Figura 12** - Sistemas de aquecimento (coletores solares)



**Figura 13** - Produção de corrente elétrica (painéis fotovoltaicos)



**Figura 14** - Comunicações



# Anexo XV – Desenvolvimento da aula 2 da Componente de Física



Física e Química A  
Ano

11º

## 2.3 – Ondas eletromagnéticas

Aulas 3/4 – 8/1/2017 (90 minutos)

### Sumário:

Reflexão da luz.

Refração da luz.

Reflexão total da luz.

### Questões motivadoras:

- O que é a reflexão regular e irregular da luz?
- Em que consiste a refração da luz?
- Quando é que ocorre reflexão total da luz?

Conteúdos subjacentes	Fazer notar que...
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reflexão da luz</li><li>• Aplicações da reflexão da luz</li><li>• Refração da luz</li><li>• Índice de refração</li><li>• Leis da refração da luz (Leis de Snell-Descartes)</li><li>• Reflexão total da luz</li><li>• Aplicações da reflexão total da luz - fibras óticas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• A reflexão irregular ou difusa da luz ocorre predominantemente nas superfícies não polidas.</li><li>• A reflexão regular ou especular da luz ocorre predominantemente nas superfícies polidas.</li><li>• Leis da reflexão da luz:<ul style="list-style-type: none"><li>○ 1ª lei – o ângulo de incidência, <math>\theta_i</math>, ângulo que o raio incidente faz com a normal à superfície, no ponto de incidência, é igual ao ângulo de reflexão, <math>\theta_r</math>, ângulo que o raio refletido faz com a normal à superfície, no ponto de incidência;</li><li>○ 2ª lei – o raio incidente, o raio refletido e a normal à superfície no ponto de incidência estão no mesmo plano.</li></ul></li><li>• Na reflexão de uma onda eletromagnética, as ondas incidente e refletida: têm a mesma frequência, a mesma velocidade de propagação e o mesmo comprimento de onda; a intensidade da onda refletida é sempre menor do que a intensidade da onda incidente.</li><li>• A refração da luz ocorre sempre que a luz passa de um meio transparente para outro meio transparente, diferente do primeiro, sendo diferente a sua velocidade de propagação nestes meios.</li><li>• Na refração da luz, as ondas incidente e refratada têm a mesma frequência e velocidade de propagação e comprimento de onda diferentes. A intensidade da onda refratada é sempre menor do que a intensidade da onda incidente.</li><li>• O índice de refração da luz, <math>n</math>, num meio, é a razão entre a velocidade de propagação da luz no vácuo, <math>c</math>, e a velocidade, <math>v</math>, de propagação da luz nesse meio.</li><li>• O índice de refração da luz num meio e a sua velocidade de propagação</li></ul>
<b>Conceitos-chave</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reflexão da luz</li><li>• Leis da reflexão da luz</li><li>• Refração da luz</li><li>• Velocidade de propagação</li><li>• Índice de refração</li><li>• Leis da refração da luz (Leis de Snell-Descartes)</li><li>• Reflexão total da luz</li><li>• Ângulo crítico</li></ul>	
<b>Atividades propostas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Exploração de imagens</li><li>• Resolução de exercícios de aplicação</li><li>• Atividades práticas de sala de aula</li></ul>	

<p><b>Recursos de aula</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Física</li> <li>• PowerPoint 2 – “Reflexão da luz. Refração da luz. Reflexão total da luz”</li> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Exercícios propostos e do manual, das pág. 191 à 194.</li> <li>• Atividade prática de sala de aula</li> </ul>	<p>nesse meio são inversamente proporcionais.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O índice de refração da luz monocromática num meio e o seu comprimento de onda nesse meio são inversamente proporcionais</li> <li>• Leis da refração da luz: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 1ª lei – o ângulo de incidência, <math>\theta_1</math>, e o ângulo de refração, <math>\theta_2</math>, relacionam-se pela expressão: <math>n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2</math>, onde <math>n_1</math> e <math>n_2</math> são os índices de refração dos meios;</li> <li>◦ 2ª lei – o raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície no ponto de incidência estão no mesmo plano.</li> </ul> </li> <li>• Quando a luz passa de um meio transparente para outro meio transparente onde a sua velocidade de propagação é maior e, portanto, o seu índice de refração é menor, verifica-se que a partir de um determinado ângulo de incidência, designado por ângulo crítico, deixa de ocorrer refração da luz, ocorrendo a reflexão total da luz.</li> </ul>
--	---

#### Metas curriculares:

- ✓ Enunciar e aplicar as Leis da Reflexão da Luz.
- ✓ Caracterizar a reflexão de uma onda eletromagnética, comparando as ondas incidente e refletida usando a frequência, velocidade, comprimento de onda e intensidade, e identificar aplicações da reflexão (radar, leitura de códigos de barras, etc.).
- ✓ Determinar índices de refração e interpretar o seu significado.
- ✓ Caracterizar a refração de uma onda, comparando as ondas incidente e refratada usando a frequência, velocidade, comprimento de onda e intensidade.
- ✓ Estabelecer, no fenómeno de refração, relações entre índices de refração e velocidades de propagação, índices de refração e comprimentos de onda, velocidades de propagação e comprimentos de onda.
- ✓ Enunciar e aplicar as Leis da Refração da Luz.
- ✓ Explicitar as condições para que ocorra reflexão total da luz, exprimindo-as quer em função do índice de refração quer em função da velocidade de propagação, e calcular ângulos limite.
- ✓ Justificar a constituição de uma fibra ótica com base nas diferenças de índices de refração dos materiais que a constituem e na elevada transparência do meio onde a luz se propaga de modo a evitar uma acentuada atenuação do sinal, dando exemplos de aplicação.

#### DIAPOSITIVO 3

- Reflexão da luz (5 minutos)

*Porque é que conseguimos ver os objetos?*

O tipo de reflexão sofrida pela luz depende das características da superfície sobre a qual a luz incide. Assim:

- as superfícies não polidas, como as paredes de uma sala, são visíveis quando a luz que incide nelas é refletida e se propaga até aos nossos olhos; a reflexão que ocorre predominantemente nestas superfícies designa-se por reflexão irregular da luz ou reflexão difusa da luz, pois os raios luminosos de um feixe de raios paralelos incidente nessas superfícies é refletido de uma forma irregular em todas as direções do espaço;
- nas superfícies polidas, como a superfície polida de um metal, grande parte da luz que sobre elas incide sofre reflexão regular ou reflexão especular, pois, neste caso, os raios luminosos de um feixe de raios paralelos incidente nessa superfície é refletido de uma

forma regular, mantendo-se paralelos numa direção bem definida, de acordo com as leis da reflexão da luz.

A reflexão irregular da luz e a reflexão regular ocorrem sempre em simultâneo, embora predomine uma delas, conforme a superfície seja mais ou menos polida.

Outro aspeto importante a ter em conta na reflexão da luz é que esta também é acompanhada de absorção da luz. Assim, o feixe de luz refletido por uma superfície é menos intenso do que o feixe de luz incidente na superfície.

(ESQUEMA NO QUADRO: reflexão regular (especular) e reflexão irregular (difusa))

#### DIAPOSITIVO 4

Leis da reflexão da luz (5 minutos)

- O ângulo de incidência,  $\theta_i$ , ângulo que o raio incidente faz com a normal à superfície, no ponto de incidência, é igual ao ângulo de reflexão,  $\theta_r$ , ângulo que o raio refletido faz com a normal à superfície, no ponto de incidência.
- O raio incidente, o raio refletido e a normal à superfície no ponto de incidência estão no mesmo plano.



Figura 1 – Reflexão regular da luz (modelo de raios luminosos).

## DIAPOSITIVO 5

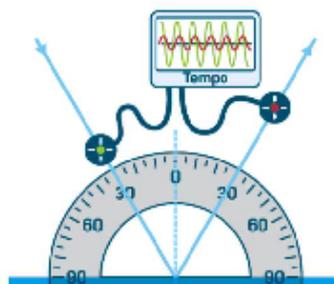


Figura 2 – A intensidade da onda refletida é menor do que a intensidade da onda incidente.

### (EXPLORAÇÃO DA FIGURA 2)

Na figura 2, verifica-se que a frequência do raio incidente é igual à frequência do raio refletido. Como não há mudança de meio de propagação do raio, a velocidade de propagação mantém-se constante e, por isso, a frequência também.

Verifica-se também que a amplitude (A) do raio refletido é inferior à amplitude do raio incidente. Porquê?

Tal como vimos na aula anterior, parte da radiação incidente é absorvida pela superfície de incidência. É por isso que a intensidade do raio refletido é inferior à intensidade do raio incidente, o que se reflete nos diferentes valores da amplitude dos respetivos sinais sinusoidais.

A fração de luz refletida relativamente à incidente depende:

- da frequência da luz incidente – maior frequência, maior a energia, logo, maior o número de fótons; a luz incidente de maior frequência perde menos intensidade do que a luz incidente de menor frequência;
- do ângulo de incidência – quanto maior é o ângulo de incidência, maior é a área da superfície atingida pelo raio incidente e, por isso, maior é quantidade de radiação absorvida pela mesma; quanto maior é o ângulo de incidência, menos intensa é a luz refletida;
- do material – há materiais que absorvem mais radiação do que outros.

## DIAPOSITIVO 6

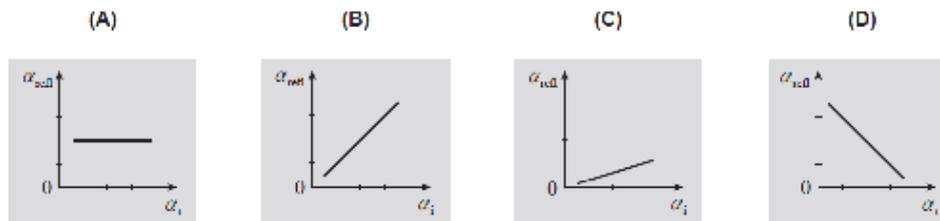
### EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO (5 minutos)

Um feixe de radiação monocromática propaga-se no ar e incide numa face de um paralelepípedo de vidro. Uma parte do feixe é refletida na face do paralelepípedo.

Para diversos ângulos de incidência na superfície de separação ar-vidro, mediram-se os ângulos de reflexão.

Os resultados obtidos permitiram traçar o gráfico do ângulo de reflexão,  $\alpha_{ref}$ , em função do ângulo de incidência,  $\alpha_i$ .

Qual é o esboço desse gráfico, assumindo a mesma escala nos dois eixos?



R: (B)

### DIAPOSITIVO 7

- Reflexão de uma onda eletromagnética (5 minutos)

Quando as ondas eletromagnéticas se refletem numa superfície:

- a onda incidente e a onda refletida têm a mesma frequência, pois a frequência é uma característica da onda, só depende da frequência de oscilação da fonte emissora;
- a onda incidente e a onda refletida têm a mesma velocidade de propagação, pois propagam-se no mesmo meio;
- a onda incidente e a onda refletida têm o mesmo comprimento de onda;
- a onda refletida é menos intensa do que a onda incidente correspondente, já que há sempre absorção de parte da radiação incidente.

### DIAPOSITIVO 8

- Aplicações da reflexão da luz (10 minutos)

O fenômeno da reflexão da luz está presente em inúmeras situações do dia a dia; existem muitos objetos e instrumentos cujo funcionamento se baseia na reflexão da luz, como o periscópio, o radar, os códigos de barras, etc.

#### Periscópio

O periscópio é um instrumento fundamental, por exemplo, nos submarinos. É usado nestes para observar objetos que se encontram acima do nível da água. Também teve largo uso durante a Primeira e Segunda Guerras Mundiais, para observar o inimigo a partir de trincheiras e de tanques de guerra.

Os submarinos dispõem de periscópios complexos, mas estes, na sua forma mais simples, são constituídos por uma caixa ou tubo no interior do qual são colocados dois espelhos paralelos.

Os raios luminosos atingem o primeiro espelho, que os reflete para o segundo espelho; daí são novamente refletidos para o visor. A luz refletida pelos objetos a serem observados entra por uma das extremidades do periscópio e pela outra atinge os olhos do observador. Assim, objetos que se

encontram num plano superior ou inferior àquele a que se encontra o observador, e que estariam fora do seu alcance de visão, podem ser vistos.



Figura 3 - Periscópio e esquema do funcionamento básico.

*Lembram-se do funcionamento do sensor de movimento CBR utilizado na primeira atividade de laboratório?*

### Radar

O radar (*radio detection and ranging*) foi desenvolvido por vários países, antes e durante a Segunda Guerra Mundial. É um dispositivo que utiliza a propagação e reflexão de ondas de rádio e micro-ondas para determinar a posição de objetos a grandes distâncias, a até a sua velocidade. A deteção das ondas refletidas permite determinar a localização do objeto. Pode ser usado com diversos fins: no controlo de tráfego aéreo, em sistemas de defesa, na vigilância marítima, no controlo da velocidade automóvel, etc.

Um radar é basicamente constituído por uma antena transmissora/recetora de sinais (pulsos) de ondas de rádio ou micro-ondas que são refletidas quando encontram obstáculos no seu trajeto.

O sinal refletido, bem mais fraco do que o emitido, é captado pela antena, agora a funcionar como recetora de sinais, e amplificado novamente para ser lido pelo operador do radar.



Figura 4 – Antena de radar.

### Códigos de barras

Os códigos de barras constituem um método muito utilizado no dia a dia na indústria e comércio, para identificar produtos e embalagens.

Existem diferentes tipos de leitor (*scanner*) de códigos de barras tais como a caneta ótica, a pistola *laser* e o leitor de fenda, entre outros, embora o princípio de funcionamento seja basicamente o mesmo em todos.

Um código de barras é uma representação gráfica de numeração binária, identificada por um conjunto de barras pretas intercaladas com espaços brancos.

A leitura ótica do código de barras é feita por um *scanner* – o leitor do código de barras.

Por exemplo, se o leitor do código de barras for uma caneta ótica, a leitura do código de barras tem por base o princípio de que os objetos escuros absorvem a luz e os objetos brancos refletem a luz. A caneta ótica tem um emissor de luz, normalmente vermelha, e um sensor que recebe a luz depois de refletida. Neste processo geram-se sinais elétricos diferentes, conforme a caneta varre barras pretas ou espaços brancos, que são detetados pelo sensor.

Um sinal ótico é, portanto, convertido num sinal elétrico que, ao ser transferido para o computador, é convertido num número binário que permite identificar o produto.



Figura 5 – Caneta ótica.

#### **DIAPOSITIVO 9**

- Refração da luz (10 minutos)

*Imaginem um carro a descrever uma curva e que numa parte da curva existe óleo. O que acontecerá à direção da velocidade do carro?*

Há uma mudança de direção que está relacionada com o meio. Há uma diminuição da intensidade da força de atrito.

*Imaginem agora que colocamos duas palhinhas dentro de um copo com água. Como interpretar o que se observa?*

O efeito tem a ver com a mudança de direção da luz. Não são as palhinhas que estão partidas.



Figura 6 – Refração da luz.

Como sabemos, a luz propaga-se com velocidade diferente em meios diferentes. Assim, quando a luz passa de um meio material transparente para outro meio diferente do primeiro, a sua velocidade de propagação altera-se.

A refração da luz ocorre sempre que a velocidade de propagação da luz sofre alteração. Nestas circunstâncias, a luz muda, em geral, a sua direção de propagação.

Quando a luz passa do ar para a água ou para o vidro, a sua velocidade de propagação diminui e, conseqüentemente, os raios luminosos mudam de direção, aproximando-se da normal à superfície de separação dos dois meios. Neste caso, o ângulo de refração (ângulo que o raio refratado faz com a normal à superfície) é menor do que o ângulo de incidência (ângulo que o raio incidente faz com a normal à superfície).

Quando a luz passa do ar para o vidro sofre um desvio maior do que quando passa do ar para a água. Este desvio depende da relação da velocidade de propagação entre os dois meios e da inclinação do raio incidente.

Quando a luz passa do vidro para a água ou para o ar, onde a sua velocidade de propagação aumenta, os raios luminosos mudam de direção, afastando-se da normal à superfície de separação dos dois meios. Neste caso, o ângulo de refração é maior do que o ângulo de incidência.

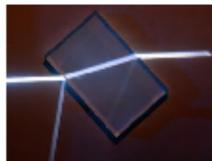


Figura 7 – Lâmina de faces paralelas onde são notórias duas reflexões e duas refrações da luz.

#### DIPOSITIVO 10

- Refração de uma onda eletromagnética (10 minutos)

Na refração de uma onda eletromagnética verifica-se que:

- a onda incidente e a onda refratada têm a mesma frequência; esta é uma característica da onda;
- a onda incidente e a onda refratada têm velocidades de propagação diferentes; a refração de uma onda deve-se precisamente à diferente velocidade de propagação da onda nos dois meios;

- o comprimento de onda da onda incidente é diferente do comprimento de onda da onda refratada;
- a onda refratada é menos intensa do que a onda incidente correspondente, já que há sempre absorção e reflexão de parte da radiação incidente.

### DIAPOSITIVO 11

- Índice de refração (10 minutos)

*Porque é que a luz, ao passar de um meio para o outro, sofre um desvio da direção de propagação? Será que há alguma característica do meio que seja responsável por esta alteração?*

O índice de refração da luz num determinado meio,  $n$ , é igual à razão entre a velocidade de propagação da luz no vácuo,  $c$  (meio de referência), e a sua velocidade,  $v$ , de propagação num dado meio.

$$n = \frac{c}{v}$$

Como  $c$  é o valor da velocidade de propagação da luz no vácuo ( $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ), é sempre maior que  $v$ . Logo, o índice de refração,  $n$ , é sempre superior a 1.

$$n > 1$$

O índice de refração de um determinado meio,  $n$ , indica, portanto, quantas vezes a velocidade da luz no vácuo é superior à velocidade da luz no meio considerado.

### DIAPOSITIVO 12

Índices de refração e velocidades de propagação

O índice de refração da luz num meio é inversamente proporcional à sua velocidade de propagação nesse meio.

(FAZER NO QUADRO)

Consideremos, por exemplo, dois meios transparentes e homogêneos, A e B.

No meio A, o índice de refração é dado por:  $n_A = \frac{c}{v_A}$  (1)

No meio B, o índice de refração é dado por:  $n_B = \frac{c}{v_B}$  (2)

Dividindo membro a as expressões (1) e (2), tem-se:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{\frac{c}{v_A}}{\frac{c}{v_B}} \rightarrow \frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A}$$

### DIAPOSITIVO 13

Índices de refração e comprimentos de onda

(FAZER NO QUADRO)

Sendo  $v = \lambda f$  e a frequência,  $f$ , da luz monocromática, uma característica da mesma, a velocidade de propagação,  $v$ , da luz monocromática, num meio é diretamente proporcional ao seu comprimento de onda,  $\lambda$ , nesse meio. Assim, retomando a expressão  $\frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A}$ , tem-se:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{\lambda_B f}{\lambda_A f} \rightarrow \frac{n_A}{n_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$v = \lambda f$$

### DIAPOSITIVO 14

- Decomposição da luz branca

Luz Monocromática	Luz Policromática
Não se decompõe.	Composta por luzes monocromáticas.
Luz vermelha Luz laranja Luz amarela Luz verde Luz azul Luz anil Luz violeta	Luz branca

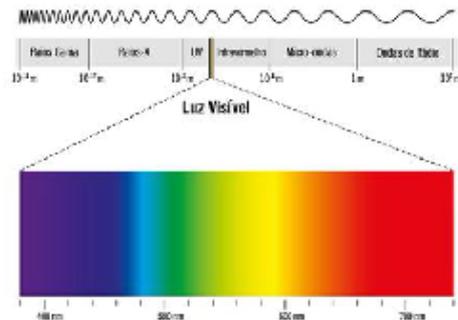


Figura 8 – Espectro eletromagnético.

### DIAPOSITIVO 15

- Leis da refração da luz (Leis de Snell-Descartes) (5 minutos)
- O ângulo de incidência,  $\theta_1$ , e o ângulo de refração,  $\theta_2$ , relacionam-se pela expressão:
 
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$
 onde  $n_1$  e  $n_2$  são os índices de refração dos meios.
- O raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície no ponto de incidência estão no mesmo plano.

### DIAPOSITIVO 16

#### EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO (5 minutos)

A figura 7 representa parte do trajeto de um feixe de luz monocromática que se propaga no ar e que incide numa face de um paralelepípedo de vidro *Flint*, propagando-se depois no interior do vidro.

Os ângulos de incidência e de refração são, respetivamente,  $24,0^\circ$  e  $16,0^\circ$ .

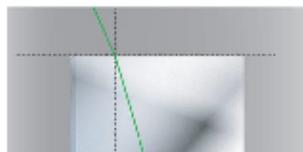
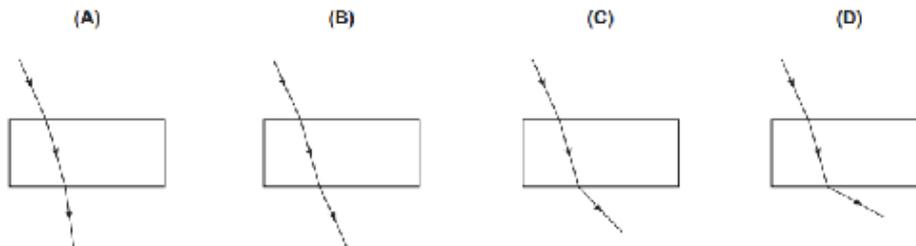


Figura 9

1. Determine a velocidade de propagação do feixe de luz monocromática no interior do vidro *Flint*.  
Apresente todas as etapas de resolução.

$$n_{ar} \text{ (índice de refração do ar) } = 1,00$$

2. Qual dos esquemas seguintes pode representar o trajeto do feixe de luz monocromática ao propagar-se do interior do vidro *Flint* novamente para o ar?



**Resolução:**

$$1. \quad n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1,00 \sin 24,0^\circ = n_{\text{vidro}} \sin 16,0^\circ$$

$$n_{\text{vidro}} = 1,476$$

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v_{\text{vidro}} = 2,03 \times 10^8 \text{ m/s}$$

2. (B)

**DIAPOSITIVO 17**

- Reflexão total da luz (10 minutos)

Quando a luz passa de um meio transparente para outro onde a sua velocidade de propagação é maior e, portanto, o seu índice de refração é menor, pode não ocorrer refração da luz.

Por exemplo, quando a luz passa do vidro para o ar ( $n_{\text{vidro}} > n_{\text{ar}}$ ), verifica-se que ela se reflete (em parte) e se refrata, afastando-se da normal. À medida que o ângulo de incidência aumenta, o ângulo de refração também aumenta, até que a partir de um determinado ângulo de incidência, designado por ângulo-limite ou ângulo crítico, a luz deixa de sofrer refração, passando a haver apenas reflexão. Diz-se que ocorre o fenómeno da reflexão total da luz.

A reflexão total só ocorre quando a luz provém de um meio mais refrigente (com maior índice de refração) para um meio menos refrigente (com menor índice de refração), ou seja,  $n_1 > n_2$ .

Sendo  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ,  $\theta_1$  é igual ao ângulo crítico,  $\theta_c$ , quando  $\theta_2 = 90^\circ$ .

Então, tem-se:

(FAZER DEMONSTRAÇÃO NO QUADRO)

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ \rightarrow n_1 \sin \theta_c = n_2 \rightarrow \sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

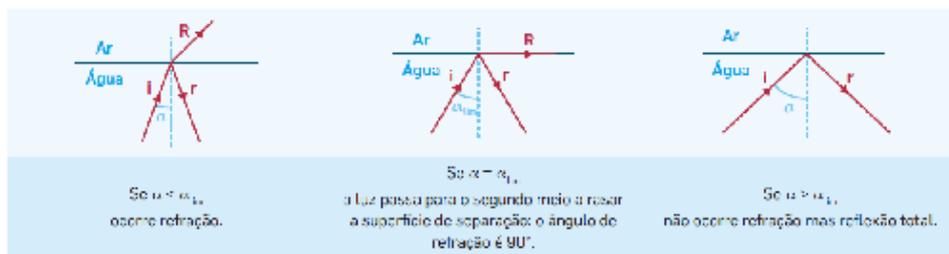


Figura 10 – Reflexão total da luz.

**DIAPOSITIVO 18**

- Condições para que ocorra reflexão total da luz

A reflexão total da luz ocorre quando:

- a luz incide na superfície de separação meio 1 – meio 2 e o índice de refração do meio 1 é superior ao do meio 2:  $n_1 > n_2$ ;
- o ângulo de incidência é superior ao ângulo limite,  $\theta > \theta_{lim}$ , sendo o ângulo limite obtido pela expressão  $\sin \theta_{lim} = \frac{n_2}{n_1}$ .

**DIAPOSITIVO 19**

- Aplicações da reflexão total da luz

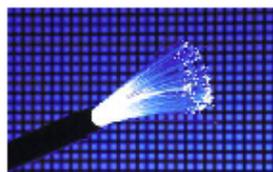


Figura 11 – Fibra ótica.



## DIAPOSITIVO 20

- Constituição da fibra ótica (5 minutos)

O fenómeno da reflexão total da luz está na base do desenvolvimento de fibras óticas. Elas são constituídas por um núcleo cilíndrico central (de vidro ou de plástico), flexível e altamente transparente, de modo a evitar uma acentuada atenuação do sinal. A luz propaga-se neste núcleo por meio de reflexões sucessivas, pelo facto de este se encontrar revestido por um material de menor índice de refração; o conjunto encontra-se envolvido por uma capa protetora exterior.

Devido à diferença de índices de refração entre o núcleo e o revestimento (o núcleo possui sempre um índice de refração mais elevado), a luz, incidindo nas paredes do núcleo com um ângulo superior ao ângulo-limite, propaga-se a grandes distâncias por sucessivas reflexões totais nas paredes interiores do núcleo.

As fibras óticas têm, hoje, inúmeras aplicações tecnológicas, nas telecomunicações, em sensores, na medicina e em outras áreas. Nas comunicações é de salientar a rede telefónica, a rede digital de serviços integrados, os cabos submarinos da rede internacional de telecomunicações entre os cinco continentes, a televisão por cabo e as aplicações militares. Em medicina, a sua aplicação é cada vez maior em sistemas de diagnóstico e cirurgia.

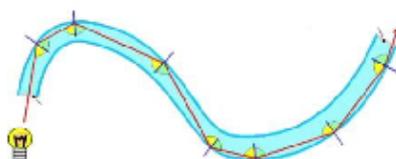


Figura 12 – Reflexão total na fibra ótica.

## DIAPOSITIVO 21

• Núcleo cilíndrico (vidro, plástico ou outro isolante), cujo diâmetro pode ser como o de um cabelo, onde a luz se propaga sofrendo múltiplas reflexões. É feito de um material de elevada transparência, baixa capacidade de absorção e elevado índice de refração.



## DIAPOSITIVO 22

### EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO (5 minutos)

A figura 9 representa um feixe de luz monocromática, muito fino, que incide na superfície de separação de dois meios transparentes, I e II. Uma parte do feixe incidente sofre reflexão nessa superfície e outra parte é refratada, passando a propagar-se no meio II.

Admita que, para a radiação considerada, o índice de refração do meio I é o dobro do índice de refração do meio II.

Qual é o ângulo de incidência a partir do qual ocorre reflexão total da radiação considerada na superfície de separação dos meios I e II?



Figura 10

### Resolução:

$$n_I \sin \theta_c = n_{II} \sin 90^\circ \rightarrow n_I \sin \theta_c = n_{II} \rightarrow \sin \theta_c = \frac{n_{II}}{n_I}$$

$$\sin \theta_c = \frac{1}{2} \rightarrow \theta_c = 30^\circ$$

## Anexo XVI – Apresentação da aula 2 da Componente de Física



The cover features a light green background with a vertical brown bar on the left side containing abstract line art. At the top left, there is a green square. In the top center, the logo of the Portuguese Republic (República Portuguesa) is displayed, with the text 'REPÚBLICA PORTUGUESA' and 'EDUCAÇÃO' below it. To the right of this is the logo of 'ESCOLA SECUNDÁRIA INFANTA D. MARIA'. The main title 'ONDAS ELETROMAGNÉTICAS' is centered in a large, bold, black font. Below the title, the subtitle 'Reflexão da luz. Refração da luz. Reflexão total da luz' is centered in a smaller font. At the bottom left, there is a red arrow pointing right, containing the number '2'. Below the arrow, the text 'Física e Química A – 2017/2018', '11º Ano', and '8/1/2018' is listed.

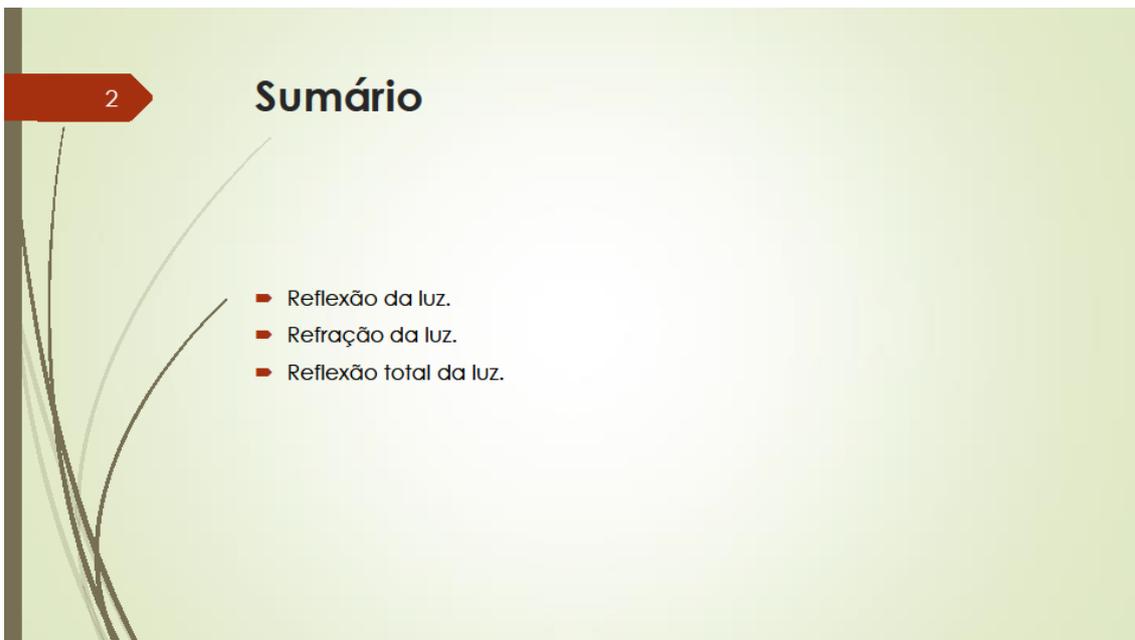
REPÚBLICA PORTUGUESA  
EDUCAÇÃO

ESCOLA SECUNDÁRIA INFANTA D. MARIA

# ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Reflexão da luz. Refração da luz. Reflexão total da luz

Física e Química A – 2017/2018  
11º Ano  
8/1/2018



The table of contents slide has a light green background with a vertical brown bar on the left side containing abstract line art. At the top left, there is a red arrow pointing right, containing the number '2'. To the right of the arrow, the word 'Sumário' is written in a bold, black font. Below 'Sumário', there is a list of three items, each preceded by a red square bullet point: 'Reflexão da luz.', 'Refração da luz.', and 'Reflexão total da luz.'

2

## Sumário

- Reflexão da luz.
- Refração da luz.
- Reflexão total da luz.

3

## Reflexão da luz

- A **reflexão irregular ou difusa da luz** ocorre predominantemente nas superfícies não polidas.
- A **reflexão regular ou especular da luz** ocorre predominantemente nas superfícies polidas.

4

## Reflexão da luz: leis da reflexão da luz

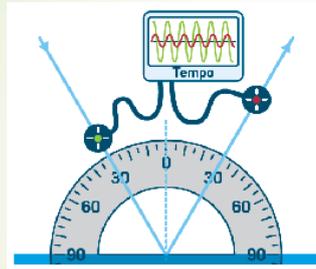
- O **ângulo de incidência**,  $\theta_i$ , ângulo que o raio incidente faz com a normal à superfície, no ponto de incidência, é igual ao **ângulo de reflexão**,  $\theta_r$ , ângulo que o raio refletido faz com a normal à superfície, no ponto de incidência.
- O raio incidente, o raio refletido e a normal à superfície no ponto de incidência estão no mesmo plano.



Figura 1 – Reflexão regular da luz (modelo de raios luminosos).

5

## Reflexão da luz (cont.)



**Figura 2** – A intensidade da onda refletida é menor do que a intensidade da onda incidente.

- Não há mudança do meio de propagação.
- A velocidade de propagação é a mesma.
- A frequência do raio incidente é igual à frequência do raio refletido.
- A amplitude do raio refletido é menor do que a amplitude do raio incidente (menor amplitude, menor intensidade).

A fração de luz refletida relativamente à incidente depende:

- da frequência da luz incidente;
- do ângulo de incidência;
- do material.

6

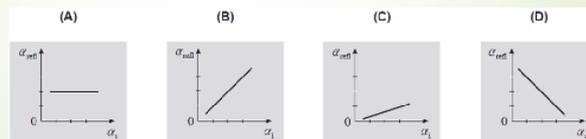
## Exercício de aplicação

Um feixe de radiação monocromática propaga-se no ar e incide numa face de um paralelepípedo de vidro. Uma parte do feixe é refletida na face do paralelepípedo.

Para diversos ângulos de incidência na superfície de separação ar-vidro, mediram-se os ângulos de reflexão.

Os resultados obtidos permitiram traçar o gráfico do ângulo de reflexão,  $\alpha_{refl}$ , em função do ângulo de incidência,  $\alpha_i$ .

Qual é o esboço desse gráfico, assumindo a mesma escala nos dois eixos?



R: (B)

7

## Reflexão de uma onda eletromagnética

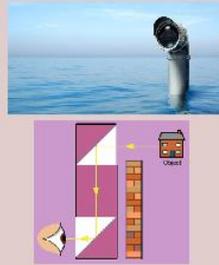
Podemos concluir que, na reflexão de uma onda eletromagnética, as ondas incidente e refletida:

- têm a mesma frequência;
- têm a mesma velocidade de propagação;
- têm o mesmo comprimento de onda;
- a intensidade da onda refletida é sempre menor do que a intensidade da onda incidente.

8

## Aplicações da reflexão da luz

PERISCÓPIO



**Figura 3** - Periscópio e esquema do funcionamento básico.

RADAR



**Figura 4** - Antena de radar.

CÓDIGOS DE BARRAS



**Figura 5** - Caneta ótica.

## Refração da luz



Figura 6 – Refração da luz.

- A refração da luz ocorre sempre que a luz passa de um meio transparente para outro diferente do primeiro, sendo a sua velocidade de propagação nestes meios diferente.

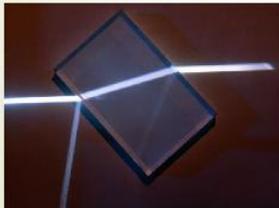


Figura 7 – Lâmina de faces paralelas onde são notórias duas reflexões e duas refrações da luz.

## Refração de uma onda eletromagnética

Podemos concluir que, na refração de uma onda eletromagnética, as ondas incidente e refratada:

- têm a mesma frequência;
- têm velocidade de propagação diferentes;
- têm comprimentos de onda diferentes;
- a intensidade da onda refratada é sempre menor do que a intensidade da onda incidente.

## Índice de refração

- O índice de refração da luz num meio,  $n$ , é igual à razão entre a velocidade de propagação da luz no vácuo,  $c$ , e a velocidade,  $v$ , de propagação nesse meio:

$$n = \frac{c}{v}$$

- Como  $c$  é o valor da velocidade de propagação da luz no vácuo, é sempre  $c > v$ . Logo, o índice de refração,  $n$ , é sempre superior a 1.

$$n > 1$$

## Índice de refração: índices de refração e velocidades de propagação

- Qual a relação entre o índice de refração e a velocidade de propagação da luz em dois meios diferentes?

Como o índice de refração da luz num meio é inversamente proporcional à sua velocidade de propagação nesse meio, verifica-se que:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A}$$

13

## Índice de refração: índices de refração e comprimentos de onda

- Sendo  $v = \lambda f$  e a frequência,  $f$ , da luz monocromática, uma característica da mesma, a velocidade de propagação,  $v$ , da luz monocromática, num meio é diretamente proporcional ao seu comprimento de onda,  $\lambda$ , nesse meio.

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$$

- O índice de refração da luz monocromática num meio e o seu comprimento de onda nesse meio são inversamente proporcionais.

14

## Decomposição da luz branca

Luz Monocromática	Luz Policromática
Não se decompõe.	Composta por luzes monocromáticas.
Luz vermelha Luz laranja Luz amarela Luz verde Luz azul Luz anil Luz violeta	Luz branca

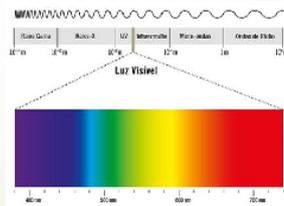


Figura 8 – Espectro eletromagnético.

15

## Leis da refração da luz (Leis de Snell-Descartes)

- O ângulo de incidência,  $\theta_1$ , e o ângulo de refração,  $\theta_2$ , relacionam-se pela expressão:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

onde  $n_1$  e  $n_2$  são os índices de refração dos meios.

- O raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície no ponto de incidência estão no mesmo plano.

16

## Exercício de aplicação

A figura 7 representa parte do trajeto de um feixe de luz monocromática que se propaga no ar e que incide numa face de um paralelepípedo de vidro *Flint*, propagando-se depois no interior do vidro.

Os ângulos de incidência e de refração são, respetivamente,  $24,0^\circ$  e  $16,0^\circ$ .

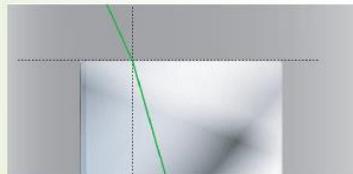
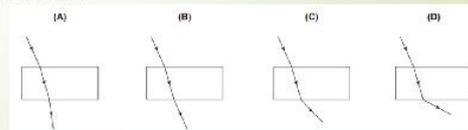


Figura 9

1. Determine a velocidade de propagação do feixe de luz monocromática no interior do vidro *Flint*. Apresente todas as etapas de resolução.

$n_{\text{ar}}$  (índice de refração do ar) = 1,00

2. Qual dos esquemas seguintes pode representar o trajeto do feixe de luz monocromática ao propagar-se do interior do vidro *Flint* novamente para o ar?



**Resolução:**

1.

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ 1,00 \sin 24,0^\circ &= n_{\text{vidro}} \sin 16,0^\circ \\ n_{\text{vidro}} &= 1,476 \\ n &= \frac{c}{v} \end{aligned}$$

$$v_{\text{vidro}} = 2,03 \times 10^8 \text{ m/s}$$

2. (B)

## Reflexão total da luz

- Quando a luz passa de um meio material transparente para outro onde a sua velocidade de propagação é maior ( $v_1 < v_2$ ) e, portanto, o seu índice de refração é menor ( $n_1 > n_2$ ), verifica-se que a partir de um determinado ângulo de incidência, designado por **ângulo-limite** ou **ângulo crítico**, deixa de ocorrer refração da luz; ocorre a reflexão total da luz.

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

- O ângulo-limite ou ângulo crítico depende dos índices de refração dos dois meios.

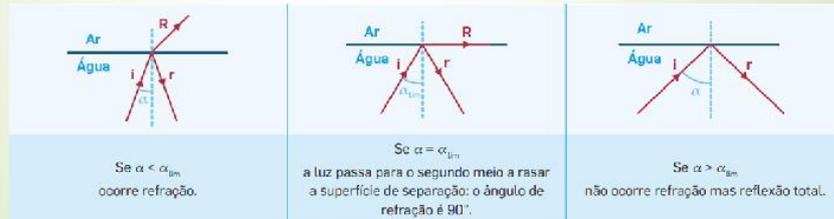


Figura 10 – Reflexão total da luz.

## Reflexão total da luz (cont.)

A reflexão total da luz ocorre quando:

- a luz incide na superfície de separação meio 1 – meio 2 e o índice de refração do meio 1 é superior ao do meio 2:  $n_1 > n_2$ ;
- o ângulo de incidência é superior ao ângulo limite,  $\theta > \theta_{lim}$ , sendo o ângulo limite obtido pela expressão  $\sin \theta_{lim} = \frac{n_2}{n_1}$ .

## Aplicações da reflexão total da luz

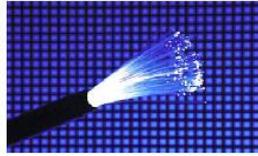


Figura 11 – Fibra ótica.

Saúde

Comunicações

## Constituição da fibra ótica

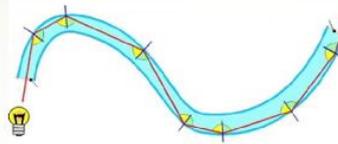


Figura 12 – Reflexão total na fibra ótica.

- O fenómeno da reflexão total da luz está na base do desenvolvimento de fibras óticas. Elas são constituídas por **um núcleo cilíndrico central** (de vidro ou de plástico), flexível e altamente transparente, de modo a evitar uma acentuada atenuação do sinal. A luz propaga-se neste núcleo por meio de **reflexões sucessivas**, pelo facto de este se encontrar revestido por um material de menor índice de refração; o conjunto encontra-se envolvido por uma **capa protetora exterior**.
- Devido à diferença de índices de refração entre o núcleo e o revestimento (o núcleo possui sempre um índice de refração mais elevado), a luz, incidindo nas paredes do núcleo com um ângulo superior ao ângulo-limite, propaga-se a grandes distâncias por **sucessivas reflexões totais nas paredes interiores do núcleo**.

## Constituição da fibra ótica (cont.)

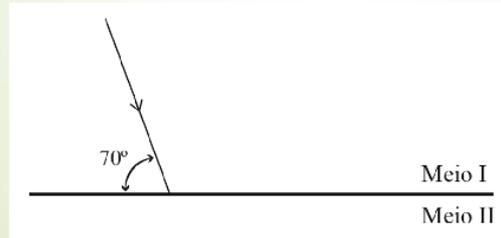


## Exercício de aplicação

A figura 9 representa um feixe de luz monocromática, muito fino, que incide na superfície de separação de dois meios transparentes, I e II. Uma parte do feixe incidente sofre reflexão nessa superfície e outra parte é refratada, passando a propagar-se no meio II.

Admita que, para a radiação considerada, o índice de refração do meio I é o dobro do índice de refração do meio II.

Qual é o ângulo de incidência a partir do qual ocorre reflexão total da radiação considerada na superfície de separação dos meios I e II?



**Resolução:**

$$n_I \sin \theta_c = n_{II} \sin 90^\circ \rightarrow n_I \sin \theta_c = n_{II} \rightarrow \sin \theta_c = \frac{n_{II}}{n_I}$$

$$\sin \theta_c = \frac{1}{2} \rightarrow \theta_c = 30^\circ$$

Figura 13

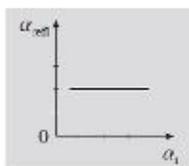
# Anexo XVII – Ficha nº3 – “Reflexão da luz. Refração da luz. Reflexão total da luz”



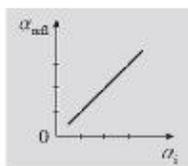
8/1/2018

1. Um feixe de radiação monocromática propaga-se no ar e incide numa face de um paralelepípedo de vidro. Uma parte do feixe é refletida na face do paralelepípedo. Para diversos ângulos de incidência na superfície de separação ar-vidro, mediram-se os ângulos de reflexão. Os resultados obtidos permitiram traçar o gráfico do ângulo de reflexão,  $\alpha_{ref}$ , em função do ângulo de incidência,  $\alpha_i$ . Qual é o esboço desse gráfico, assumindo a mesma escala nos dois eixos?

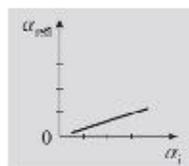
(A)



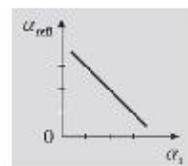
(B)



(C)



(D)



2. A figura 9 representa parte do trajeto de um feixe de luz monocromática que se propaga no ar e que incide numa face de um paralelepípedo de vidro *Flint*, propagando-se depois no interior do vidro. Os ângulos de incidência e de refração são, respetivamente,  $24,0^\circ$  e  $16,0^\circ$ .

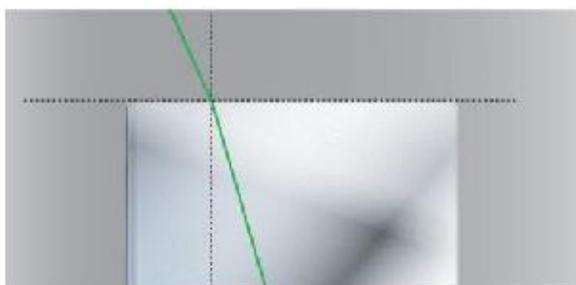
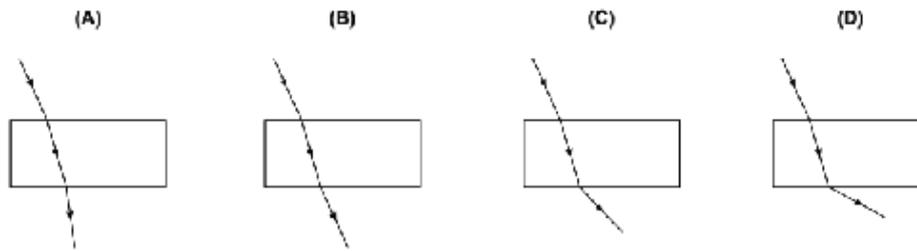


Figura 9

1. Determine a velocidade de propagação do feixe de luz monocromática no interior do vidro *Flint*. Apresente todas as etapas de resolução.

$$n_{ar} \text{ (índice de refração do ar)} = 1,00$$

2. Qual dos esquemas seguintes pode representar o trajeto do feixe de luz monocromática ao propagar-se do interior do vidro *Flint* novamente para o ar?



3. A figura 10 representa um feixe de luz monocromática, muito fino, que incide na superfície de separação de dois meios transparentes, I e II. Uma parte do feixe incidente sofre reflexão nessa superfície e outra parte é refratada, passando a propagar-se no meio II. Admita que, para a radiação considerada, o índice de refração do meio I é o dobro do índice de refração do meio II. Qual é o ângulo de incidência a partir do qual ocorre reflexão total da radiação considerada na superfície de separação dos meios I e II?

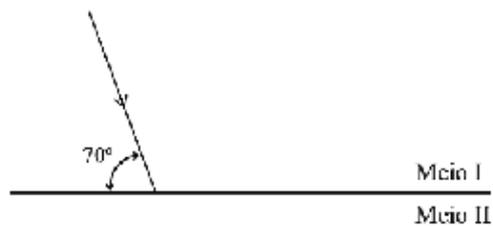


Figura 10

# Anexo XVIII – Desenvolvimento da aula 3 da Componente de Física



## 2.3 – Ondas eletromagnéticas

Aulas 5/6 – 12/1/2017 (90 minutos)

### Sumário:

Difração da luz.

Efeito Doppler.

Aplicações da radiação eletromagnética nas comunicações.

O *Big Bang*, o desvio para o vermelho e a radiação cósmica de fundo.

### Questões motivadoras:

- O que é a difração de uma onda? Em que condições ocorre?
- Porque é que se utilizam ondas de rádio nas comunicações?
- Em que consiste o efeito Doppler?

Conteúdos subjacentes	Fazer notar que...
<ul style="list-style-type: none"><li>• Difração</li><li>• Ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda e difração</li><li>• Redes de difração</li><li>• Espectro de radiofrequências</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• A difração é o fenómeno que ocorre quando uma onda contorna um obstáculo ou orifício, sendo as dimensões destes da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da onda.</li><li>• A difração ocorre com diferentes tipos de ondas – ondas sonoras e ondas eletromagnéticas, entre outras.</li><li>• Quando um feixe de luz <i>laser</i>, de comprimento de onda <math>\lambda</math>, incide perpendicularmente a uma fenda fina (vertical) de largura <math>a</math>, se a largura da fenda aumentar, a região central do gráfico da intensidade da luz difratada em função da posição, medida num alvo, fica mais estreita e se a largura da fenda diminuir, a região central do gráfico fica mais larga.</li><li>• Quando existem várias fendas igualmente espaçadas, a posição dos máximos de intensidade da luz não depende do número de fendas, mas, quanto maior for esse número, mais intensos e estreitos serão os máximos.</li><li>• As bandas de radiofrequências, frequências compreendidas entre 3kHz e 300 GHz, são utilizadas, essencialmente, nas telecomunicações.</li><li>• Efeito Doppler – Efeito que está associado à variação de frequência observada quando a fonte e o observador se encontram em movimento um em relação ao outro.</li><li>• Um som torna-se mais alto (com maior frequência) à medida que a fonte sonora se aproxima do observador e torna-se mais baixo (com menor frequência) à medida que a fonte sonora se afasta do observador.</li><li>• As principais evidências do <i>Big Bang</i> são o afastamento das galáxias detetado pelo desvio para o vermelho nos seus espectros de emissão (efeito Doppler) e a existência de radiação de fundo, que se espalhou pelo Universo quando se formaram os primeiros átomos no Universo primordial.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>Conceitos-chave</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Difração</li><li>• Frente de onda</li><li>• Rede de difração</li><li>• Efeito Doppler</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>Atividades propostas</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Exploração de imagens</li><li>• Discussão de sala de aula</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>Recursos de aula</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Manual de Física</li><li>• PowerPoint 3 – “Difração da luz. Efeito Doppler”</li><li>• Exploração de imagens</li><li>• Vídeo “Efeito Doppler” (11F)</li></ul>	

Metas curriculares:

- ✓ Descrever o fenómeno da difração e as condições em que pode ocorrer.
- ✓ Fundamentar a utilização de bandas de frequências adequadas (ondas de rádio e micro-ondas) nas comunicações, nomeadamente por telemóvel e via satélite (incluindo o GPS).
- ✓ Descrever qualitativamente o efeito Doppler e interpretar o desvio no espetro para comprimentos de onda maiores como resultado do afastamento entre emissor e recetor, exemplificando com o som e com a luz.
- ✓ Indicar que as ondas eletromagnéticas possibilitam o conhecimento da evolução do Universo, descrito pela teoria do *big bang*, segundo a qual o Universo tem estado em expansão desde o seu início.
- ✓ Identificar como evidências principais do *big bang* o afastamento das galáxias, detetado pelo desvio para o vermelho nos seus espetros de emissão (equivalente ao efeito Doppler) e a existência de radiação de fundo, que se espalhou pelo Universo quando se formaram os primeiros átomos (principalmente hidrogénio e hélio) no Universo primordial.

**DIAPOSITIVO 3**

- Difração de ondas (15 minutos)

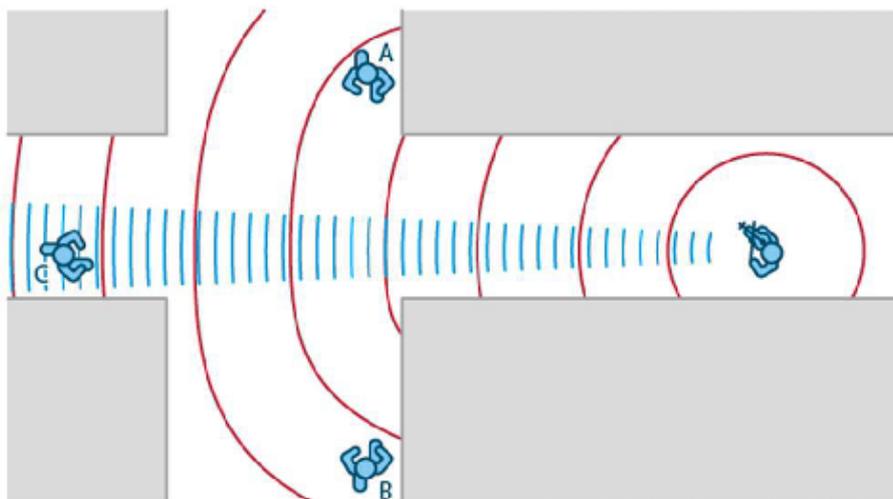


Figura 1 – Só a onda de maior comprimento de onda contorna os edifícios (os comprimentos de onda não estão à escala).

Conseguimos ouvir uma pessoa a falar mesmo quando ela está atrás de uma parede e nós não a conseguimos ver.

#### DIAPOSITIVO 4

A difração de uma é o fenómeno que ocorre quando a onda contorna um obstáculo, orifício ou fenda. Este fenómeno observa-se quando o tamanho do obstáculo, orifício ou fenda é da ordem de grandeza do seu comprimento de onda,  $\lambda$ .



Figura 2 – Houve difração das ondas do mar.

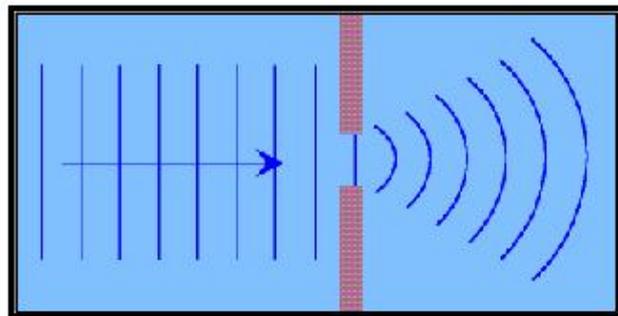


Figura 3 – Difração de ondas.

As ondas que atravessam a pequena abertura no obstáculo são circulares, no plano da tina e comportam-se como se tivessem sido produzidas por uma fonte pontual situada na abertura. Propagam-se para os lados, tal como as ondas produzidas na superfície calma da água de um lago ao ser atingida por uma pedra que cai verticalmente.

Quando a abertura do orifício é superior ao comprimento de onda da onda que se propaga, a difração é pequena; as frentes de onda encurvam ligeiramente nas extremidades.

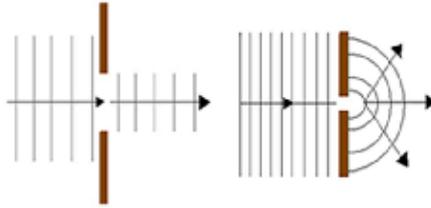


Figura 4 – Na fenda do lado esquerdo não ocorre difração. Na fenda do lado direito ocorre difração.

### **DIPOSITIVO 5**

*Porque é que conseguimos ouvir sons mesmo sem vermos a fonte sonora, mas não conseguimos ver luz sem vermos a fonte luminosa?*

A difração ocorre com todo o tipo de ondas, incluindo ondas sonoras, ondas na água e ondas eletromagnéticas, como a luz visível, raios X e ondas de rádio.

A difração acontece, por exemplo, com as ondas sonoras, pois são ondas com comprimentos de onda grandes, isto é, ondas com comprimentos de onda compreendidos aproximadamente entre  $\lambda=2\text{cm}$  e  $\lambda=20\text{m}$ . Daí conseguirmos ouvir sons mesmo sem vermos a fonte sonora, pois as ondas sonoras contornam esquinas, paredes, pessoas, árvores, atravessam portas e janelas e quaisquer outros obstáculos com dimensões compreendidas entre 2cm e 20m.

O facto de a luz visível, por exemplo, não contornar facilmente obstáculos tem a ver com o seu comprimento de onda. A difração da luz visível raramente se observa no dia a dia, pois as aberturas das fendas são muito maiores do que o comprimento de onda da luz (visível), que é muito pequeno; é da ordem de grandeza de  $10^{-7}\text{m}$ .

Quando ocorre o fenómeno de difração:

- a frequência da onda difratada não se altera (a frequência é a mesma antes e depois da difração);
- se o meio for o mesmo, a velocidade de propagação da onda difratada também é a mesma;
- se a velocidade de propagação se mantiver, o comprimento de onda da onda difratada também se mantém.

### **DIPOSITIVO 6**

- Relação entre o comprimento de onda de diferentes ondas eletromagnéticas e a difração (10 minutos)

*Que tipo de radiação eletromagnética acham que é mais utilizada em comunicações? Porquê?*

Certas ondas eletromagnéticas, como as ondas de rádio, devido ao seu grande comprimento de onda, contornam facilmente obstáculos de grandes dimensões, como edifícios, montanhas, etc., devido à difração. São as que melhor se difratam. Daí serem muito usadas em comunicações.

Já as micro-ondas, ondas “vizinhas” das ondas de rádio no espectro eletromagnético, com menor comprimento de onda que as ondas de rádio, quase não se difratam, propagando-se em linha reta.

As ondas eletromagnéticas de pequeno comprimento de onda praticamente não se difratam em obstáculos ou fendas perceptíveis pelo ser humano, dado o seu pequeníssimo comprimento de onda. Contudo, radiações como os raios X, são utilizadas na investigação sobre a estrutura da matéria, já que, num cristal, o espaçamento entre os átomos é da ordem de grandeza do comprimento de onda dos raios X ( $\lambda=0.1\text{nm}$ ). As figuras de difração dão informação relevante sobre o arranjo atômico de estruturas cristalinas.

Não podendo observar diretamente os átomos do cristal, pode-se, a partir de padrões de difração de raios X, reconstruir a estrutura tridimensional do cristal que produziu a dispersão.

Foi, por exemplo, a técnica de difração de raios X, desenvolvida na primeira metade do século XX, que tornou possível desvendar a estrutura do DNA.

A difração tem grande utilidade no controlo de alguns processos de fabrico, como, por exemplo, no fabrico de fios para a indústria têxtil, de fios de cobre para cabos elétricos ou de fibras óticas para comunicações, etc.

#### DIAPOSITIVO 7

- Redes de difração (10 minutos)

Uma rede de difração é um pequeno dispositivo que possui um número muito elevado de fendas ou ranhuras paralelas e equidistantes, que desviam a luz do seu trajeto, difratando-a.

As redes de difração permitem, por exemplo, determinar o comprimento de onda de um feixe de luz *laser*.



Figura 5 – Rede de difração.

**DIAPOSITIVO 8**

- Bandas de frequências adequadas nas comunicações (10 minutos)

As comunicações por ondas eletromagnéticas fazem-se sobretudo na banda do espectro das ondas de rádio e micro-ondas. As ondas de radiofrequência utilizadas nas comunicações correspondem a zonas do espectro eletromagnético com frequências entre os 3kHz e os 300GHz.

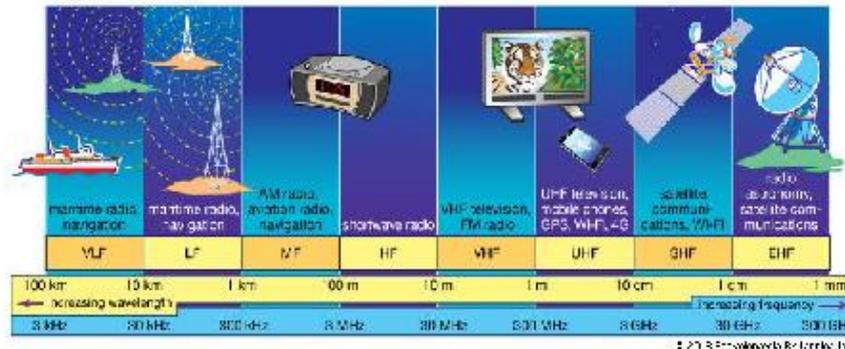


Figura 6 – Espectro das radiofrequências (3kHz a 300 GHz).

Segundo acordos internacionais, a banda de frequências foi dividida, arbitrariamente, em bandas mais pequenas que são conhecidas pelas iniciais das palavras em inglês.

Tabela 1 – Bandas de radiofrequências.

Bandas de radiofrequências					
	Nome em português	Nome em inglês	Sigla	Banda de frequência	Utilizações
1	Frequências muito baixas	Very Low Frequencies	VLF	3kHz – 30kHz	Comunicação entre submarinos Detetores de metais
2	Frequências baixas	Low Frequencies	LF	30kHz – 300kHz	Navegação
3	Frequências médias	Medium Frequencies	MF	300kHz – 3000kHz	Transmissão de rádio AM Radionavegação Comunicação entre navios e uma estação costeira
4	Frequências altas	High Frequencies	HF	3MHz – 30MHz	Aplicações com fins militares e comerciais

5	Frequências muito altas	Very High Frequencies	VHF	30MHz – 300MHz	Comunicações de curta distância (rádio FM) Televisão Controlo de tráfego aéreo
6	Frequências ultra-altas (micro-ondas)	Ultra High Frequencies	UHF	300MHz – 3000MHz	Transmissão de sinais de televisão digital (TDT) Telemóveis Bluetooth Redes wireless
7	Frequências superaltas (micro-ondas)	Super High Frequencies	SHF	3GHz – 30GHz	Radar Comunicações por satélite Wireless GPS
8	Frequências extremamente altas (micro-ondas)	Extremely High Frequencies	EHF	30GHz – 300GHz	Tecnologia radar Comunicações via satélite

As bandas de radiofrequências são utilizadas, essencialmente, nas comunicações. A cada uma das entidades que as utilizam é reservada uma pequena banda de frequências do espectro. Daí a existência de uma organização que garanta a gestão, monitorização e atribuição das frequências constituintes das bandas de frequências. Em Portugal, a entidade que supervisiona a atribuição de frequências é a ANACOM.

#### DIAPOSITIVO 9

- Efeito Dopple (10 minutos)

*Porque é que quando uma ambulância, se aproxima ou se afasta de nós ouvimos um som diferente?*

Quando uma fonte emissora se encontra em movimento relativamente a um observador, a frequência que o observador regista é diferente da frequência da fonte emissora. Este efeito designa-se por efeito Doppler.

(VÍDEO – “EFEITO DOPPLER” Novo 11F) (5 minutos)

#### DIAPOSITIVO 10

Efeito Doppler no caso do som (10 minutos)

Este efeito é percebido, por exemplo, quando se ouve o som emitido pela sirene de uma ambulância que passa numa rua a alta velocidade. Um observador, parado no passeio, apercebe-se que o som da sirene se torna mais agudo ou que a altura do som aumenta (maior frequência)

quando a ambulância se aproxima e que o som da sirene se torna mais grave ou que a altura do som diminui (menor frequência) quando a ambulância se afasta.



Figura 7 – A fonte sonora afasta-se do observador A (maior comprimento de onda, menor frequência) e aproxima-se do observador B (menor comprimento de onda, maior frequência).

Na figura 7, a fonte sonora está a emitir um som com frequência constante,  $f_r$ , e está a mover-se relativamente aos dois observadores (parados). As ondas sonoras são, portanto, geradas em posições diferentes, à medida que o tempo passa, e as circunferências (frentes de onda) deixam de ser concêntricas. Verifica-se que, na direção e sentido de propagação da fonte sonora, as frentes de onda tendem a ficar mais próximas umas das outras. Neste caso, o observador A vai medir um comprimento de onda,  $\lambda_a$ , maior que o comprimento de onda medido pelo observador B ( $\lambda_a > \lambda_b$ ). Logo, sendo  $v = \lambda f$ , a frequência medida pelo observador A,  $f_a$ , é menor que a frequência medida pelo observador B,  $f_b$ . O inverso ocorre quando a fonte sonora se afasta do observador B.

Estas frequências,  $f_a$  e  $f_b$ , são as percebidas pelos observadores A e B, diferentes da frequência,  $f_r$ , da onda sonora emitida pela sirene.

Podemos determinar a frequência observada pela expressão:

$$f_o = f_f \frac{v + v_o}{v + v_f}$$

onde:

$f_o$  – frequência que o observador regista

$f_r$  – frequência emitida pela fonte

$v$  – valor da velocidade de propagação da onda no meio

$v_o$  – valor da velocidade do observador em relação ao meio (considerada positiva ao se aproximar da fonte e negativa ao se afastar da fonte)

$v_f$  – valor da velocidade da fonte em relação ao meio (considerada positiva ao se afastar do observador e negativa ao se aproximar do observador)

Assim, relativamente ao exemplo da ambulância, considerando o observador parado ( $v_o=0$ ):

- a frequência do som da sirene quando a ambulância se aproxima do observador (parado) é dada pela expressão:

$$f_o = f_f \frac{v}{v - |v_f|}$$

o que nos leva a concluir que  $f_o > f_f$ , ou seja, que a frequência do som que o observador recebe é superior à frequência da onda sonora emitida pela sirene. Daí, a altura do som ser maior quando a ambulância se aproxima do observador;

- a frequência do som da sirene quando a ambulância se afasta do observador (parado) é dada pela expressão:

$$f_o = f_f \frac{v}{v + v_f}$$

o que nos leva a concluir que  $f_o < f_f$ , ou seja, que a frequência do som que o observador recebe é inferior à frequência da onda sonora emitida pela sirene. Daí, a altura do som ser menor quando a ambulância se afasta do observador.

### DIAPPOSITIVO 11

Efeito Doppler no caso da luz (10 minutos)

A luz também pode sofrer efeito Doppler (efeito Doppler relativista). Este fenómeno é observável com a luz quando o emissor e o recetor se afastam ou se aproximam com grande velocidade relativa. Assim:

- quando o emissor se aproxima do recetor, recebemos uma luz cuja frequência é superior à frequência emitida. No espetro, há um desvio para o violeta, que é a radiação de maior frequência na zona do visível do espetro e, conseqüentemente, de menor comprimento de onda;
- quando o emissor se afasta do recetor, recebemos uma luz cuja frequência é inferior à frequência emitida. No espetro, há um desvio para o vermelho, que é a radiação de menor frequência na zona visível do espetro e, conseqüentemente, de maior comprimento de onda.

### DIAPPOSITIVO 12

- As ondas eletromagnéticas e o conhecimento da evolução do Universo (10 minutos)

As ondas eletromagnéticas têm um importante papel no conhecimento do Universo em larga escala, havendo, contudo, muitas questões ainda em aberto.

O uso de telescópios que captam a luz vinda do espaço exterior, em diferentes regiões do espectro eletromagnético, constitui uma aplicação tecnológica de especial relevância para a investigação científica sobre a origem e constituição do Universo.

Por exemplo, a radiação emitida na fase inicial do Universo, designada por radiação cósmica de fundo, foi detetada pela primeira vez, em 1964, utilizando uma antena de rádio construída para comunicações com satélites da NASA.

Como um dos problemas em detetar, à superfície da Terra, a radiação emitida na fase inicial da formação do Universo tem a ver com a atmosfera da Terra que absorve muita da radiação vinda do Espaço, foi necessário colocar telescópios no Espaço de modo a ultrapassar este problema. Por exemplo, para estudar a radiação emitida nos primórdios do Universo, em 1989, foi colocado em órbita à volta da Terra o telescópio espacial COBE (Cosmic Background Explorer).

Segundo a teoria do Big Bang, toda a matéria e energia que formam o Universo observável terão estado concentradas num espaço muito pequeno e quente. Após o Big Bang, houve uma expansão do Universo e um conseqüente arrefecimento. É a radiação existente no Universo primordial que telescópios como o COBE procuram estudar – a radiação de fundo.

Edwin Hubble, astrónomo norte-americano do século XX, utilizando um telescópio de 2,54m de diâmetro, estudou a luz proveniente de vários objetos celestes, o que permitiu vir a concluir-se que o Universo contém biliões de galáxias, muitas mais do que as que até à altura alguém poderia imaginar.

Hubble observou um desvio para o vermelho no espectro de emissão da luz provenientes das galáxias. Explicou o fenómeno utilizando o efeito Doppler, o que lhe permitiu concluir que as galáxias estão a afastar-se muito rapidamente umas das outras. Esta expansão do Universo implica que, em algum tempo distante, o Universo tenha sido muito menor do que é agora. Após a gigantesca “explosão” designada por Big Bang, o Universo tem vindo a expandir-se cada vez mais.

A evolução da ciência e da tecnologia tem permitido um melhor conhecimento do Universo, nomeadamente com a evolução tecnológica dos telescópios, como é o caso do Telescópio Espacial Hubble colocado em órbita em 1990. Este satélite astronómico artificial transporta um grande telescópio para a luz visível e infravermelho.

O telescópio espacial Hubble é um dos quatro grandes observatórios espaciais, cada um observando o Universo em comprimentos de onda diferentes, como a luz visível, raios gama, raios X e infravermelho.

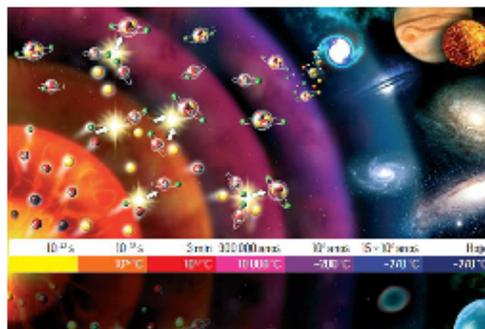


Figura 8 – Visão artística a evolução do universo.

## Anexo XIX – Apresentação da aula 3 da Componente de Física



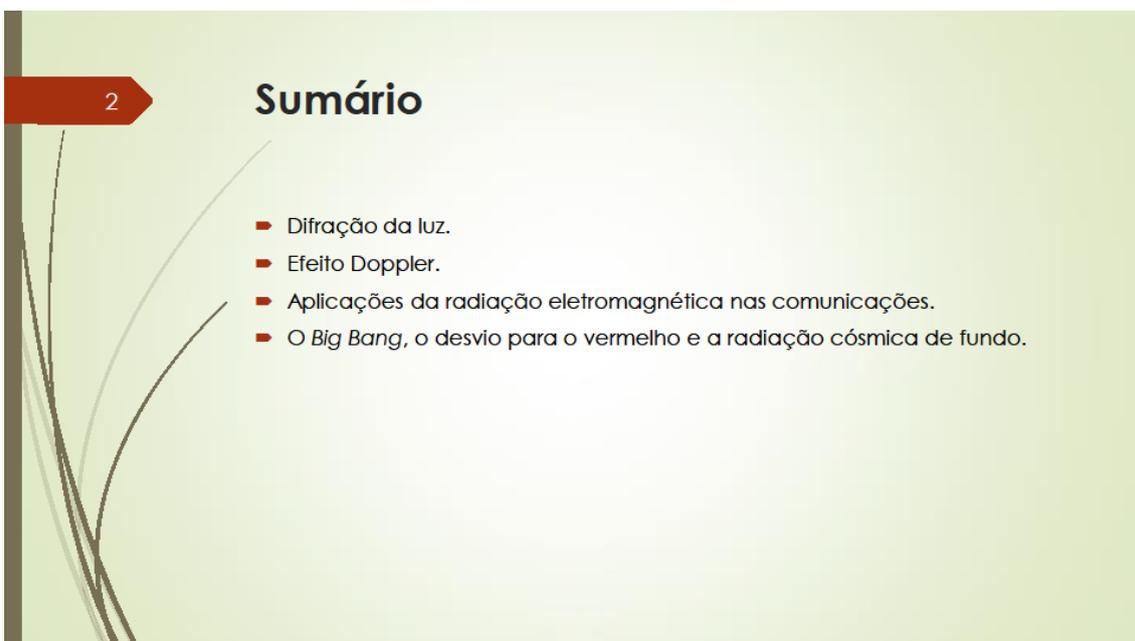
REPUBLICA PORTUGUESA  
EDUCAÇÃO

ESCOLA SECUNDÁRIA INFANTA D. MARIA

# ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Difração da luz. Efeito Doppler

Física e Química A – 2017/2018  
11º Ano  
12/1/2018



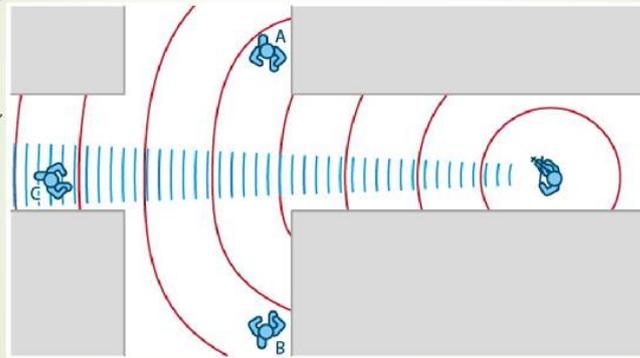
2

## Sumário

- Difração da luz.
- Efeito Doppler.
- Aplicações da radiação eletromagnética nas comunicações.
- O *Big Bang*, o desvio para o vermelho e a radiação cósmica de fundo.

3

## Difração de ondas



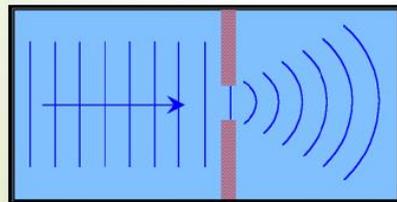
Conseguimos ouvir uma pessoa a falar mesmo quando ela está atrás de uma parede e nós não a conseguimos ver.

**Figura 1** – Só a onda de maior comprimento de onda contorna os edifícios (os comprimentos de onda não estão à escala).

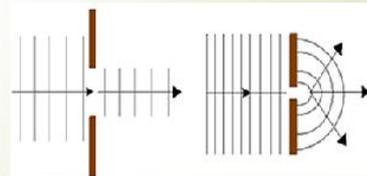
4

## Difração de ondas(cont.)

**Figura 2** – Houve difração das ondas do mar.



**Figura 3** – Difração de ondas.



**Figura 4** – Na fenda do lado esquerdo não ocorre difração. Na fenda do lado direito ocorre difração.

## Difração

A difração é o fenómeno que ocorre quando uma onda contorna um obstáculo ou orifício, quando as dimensões destes são da ordem de grandeza do comprimento de onda da onda.

Uma onda sofre desvios ao encontrar obstáculos ou fendas, encurvando-se em torno deles. Esse fenómeno só é notório se a **dimensão do obstáculo ou fenda,  $D$** , for comparável ao **comprimento de onda,  $\lambda$** .

- Quando aumenta a dimensão da fenda significativamente a difração da onda é menos acentuada (mas observa-se junto à fenda). (ver Fig.31 do manual)

A difração ocorre com:

- ondas sonoras;
- ondas eletromagnéticas;
- e outras (na água, por exemplo).

## Relação entre o comprimento de onda de diferentes ondas eletromagnéticas e a difração

- **Ondas de rádio** – grande comprimento de onda; são as que melhor se difratam; utilizadas nas comunicações.
- **Micro-ondas** – quase não se difratam; propagam-se em linha reta.
- **Raios X** – investigação sobre a **estrutura da matéria (arranjo atómico de estruturas cristalinas)**; tornou possível desvendar a estrutura do ADN. A difração de raios X é um fenómeno no qual os átomos de um cristal (com espaçamento uniforme) causam um padrão de interferência das ondas presentes num feixe incidente de raios X.

7

## Redes de difração

**Rede de difração:** pequeno dispositivo que possui um número muito elevado de fendas ou ranhuras paralelas e equidistantes, que desviam a luz do seu trajeto, difratando-a.

- As redes de difração permitem, por exemplo, determinar o comprimento de onda de um feixe de luz *laser*.
- A posição dos máximos de intensidade da luz não depende do número de fendas, mas, quanto maior for esse número, mais intensos e estreitos serão os máximos.



Figura 5 – Rede de difração.

8

## Bandas de frequências adequadas nas comunicações

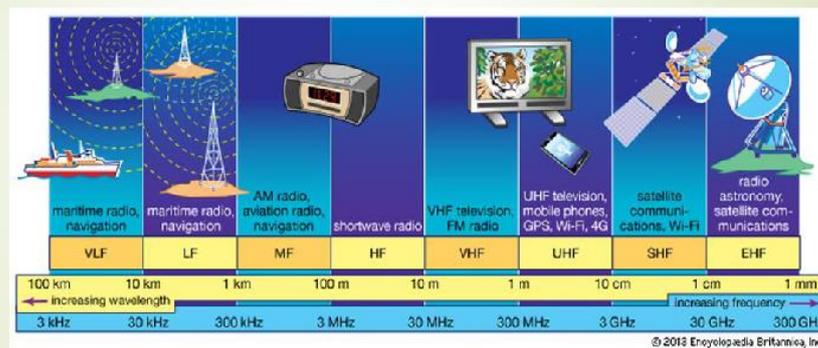


Figura 6 – Espectro das radiofrequências (3KHz a 300 GHz).

9

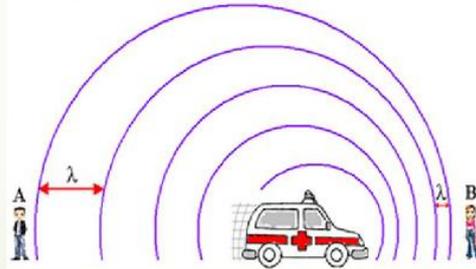
## Efeito Doppler

- ▀ (VÍDEO – “EFEITO DOPPLER” Novo 11F)
- ▀ Quando uma fonte emissora se encontra em movimento relativamente a um observador, a frequência que o observador regista é diferente da frequência da fonte emissora. Este efeito designa-se por efeito Doppler.

10

## Efeito Doppler: efeito Doppler no caso do som

- ▀ Um som torna-se **mais alto** (com maior frequência) à medida que a fonte sonora se **aproxima** do observador e torna-se **mais baixo** (com menor frequência) à medida que a fonte sonora se **afasta** do observador.



**Figura 7** – A fonte sonora afasta-se do observador A (maior comprimento de onda, menor frequência) e aproxima-se do observador B (menor comprimento de onda, maior frequência).

11

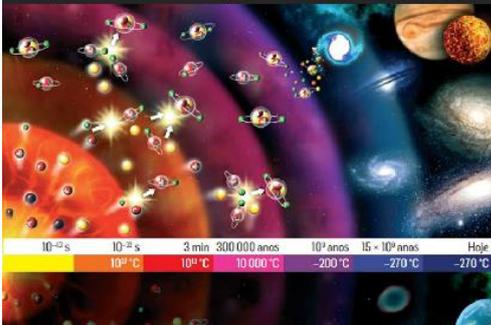
## Efeito Doppler: efeito Doppler no caso da luz

Emissor aproxima-se do receptor	$f_{recebida} > f_{emitida}$	No espectro, <b>desvio para o violeta</b> , ou seja, para comprimentos de onda menores.
Emissor afasta-se do receptor	$f_{recebida} < f_{emitida}$	No espectro, <b>desvio para o vermelho</b> , ou seja, para comprimentos de onda maiores.

12

## As ondas eletromagnéticas e o conhecimento da evolução do Universo

- As evidências principais do **Big Bang** são o afastamento das galáxias detetado pelo desvio para o vermelho nos seus espectros de emissão (efeito Doppler) e a existência de **radiação cósmica de fundo**, que se espalhou pelo Universo quando se formaram os primeiros átomos no Universo primordial.



Segundo a teoria do **big bang**, na fase inicial do Universo a matéria era muito densa e a temperatura muito elevada. A agitação térmica era tão grande que nem sequer se formavam átomos, pois estes ionizavam-se rapidamente. Mas, à medida que a expansão se deu, o Universo foi arrefecendo e os eletrões juntaram-se a prótões formando átomos de hidrogénio e, em menor quantidade, átomos de hélio. Este processo levou à emissão de fótons em todo o lado e em todas as direções (a **radiação cósmica de fundo**).

Figura 8 – Visão artística da evolução do Universo.

## Anexo XX – Desenvolvimento da aula 4 da Componente de Física (Atividade Laboratorial)



### Atividade Laboratorial 3.1 – Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total

#### 1. Questão-Problema

- 1) *Que materiais refletem melhor a luz?*
- 2) *E que materiais refratam mais a luz?*
- 3) *Como determinar as grandezas que caracterizam esses fenómenos?*

#### 2. Introdução genérica

Nesta atividade vai ser analisada a capacidade de alguns materiais refletirem e transmitirem a luz, determinando-se um índice de refração. Serão também vistas as condições para que haja reflexão total.

#### 3. Questões pré-laboratoriais

- 1) A figura 1 mostra uma montagem para estudar a reflexão da luz numa superfície opaca refletora como um espelho. Indique os valores aproximados dos ângulos de incidência e de reflexão.

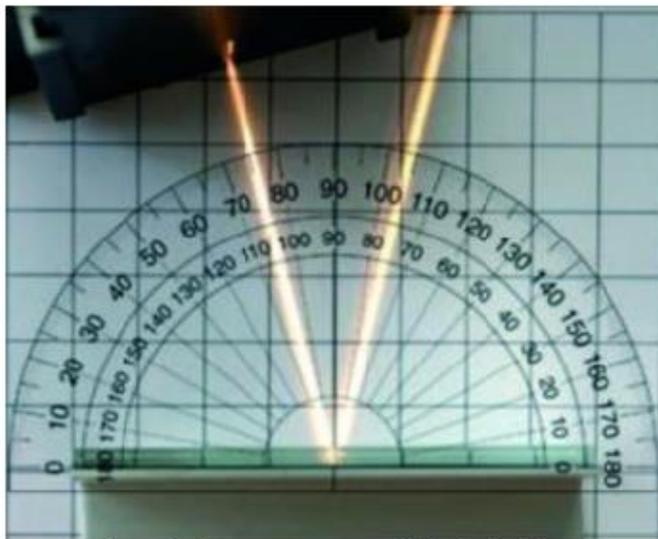


Figura 1 – Montagem para o estudo da reflexão da luz.

- 2) A figura 2 mostra uma montagem para estudar a refração da luz quando um feixe incide numa placa de acrílico com forma semicircular.

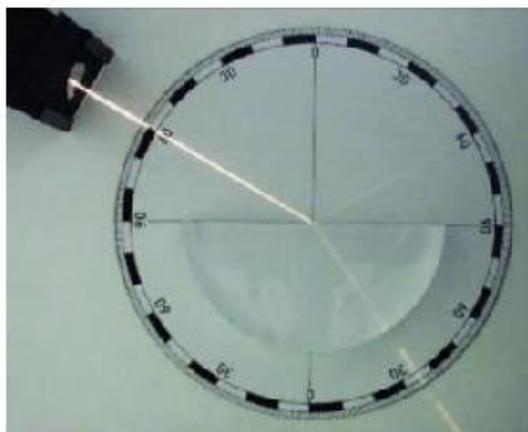


Figura 2 – Montagem para o estudo da refração da luz.

- Indique os valores aproximados dos ângulos de incidência e de refração na superfície de separação ar-acrílico.
- Define-se o índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1, simbolizado por  $n_{21}$ , pelo quociente  $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ . Tendo em conta os ângulos de incidência e de refração da figura 2 e a Lei de Snell-Descartes, determine o índice de refração do acrílico em relação ao ar.
- Por que razão o feixe de luz não sofre desvio ao incidir na superfície de separação acrílico-ar?

#### 4. Objetivo da atividade

**Objetivo geral:** investigar os fenómenos de absorção, reflexão, refração e reflexão total, determinar o índice de refração de um meio em relação ao ar e prever o ângulo crítico.

**Metas específicas:**

- ✓ Avaliar a capacidade refletora e a transparência de diversos materiais quando neles se faz incidir luz e a diminuição da intensidade do feixe ou a mudança da direção do feixe de luz.
- ✓ Medir ângulos de incidência e de reflexão, relacionando-os.
- ✓ Medir ângulos de incidência e de refração.
- ✓ Construir o gráfico do seno do ângulo de refração em função do seno do ângulo de incidência, determinar a equação da reta de ajuste e, a partir do seu declive, calcular o índice de refração do meio em relação ao ar.
- ✓ Prever qual é o ângulo crítico de reflexão total entre o meio e o ar e verificar o fenómeno da reflexão total para ângulos de incidência superiores ao ângulo crítico, observando o que acontece à luz enviada para o interior de uma fibra ótica.
- ✓ Identificar a transparência e o elevado valor do índice de refração como propriedades da fibra ótica que guiam a luz no seu interior.

## 5. Material e equipamento necessário

- ✓ Ponteiro laser
- ✓ Transferidor (ou escala equivalente em papel)
- ✓ Placa de acrílico com forma semicircular
- ✓ Alvos de diversos materiais (metal, madeira, papel, acrílico, vidro, etc.)
- ✓ Tina de vidro ou de acrílico
- ✓ Água
- ✓ Pedaco de mangueira fina e incolor, com cerca de 30 cm, cheia de água e tapada nas extremidades (por exemplo, com película aderente e fita cola)
- ✓ Pedaco de fibra ótica

## 6. Procedimento experimental

### 1) Reflexão da luz.

- a) Com uma montagem semelhante à figura 1, faça incidir a luz de um laser num alvo metálico com diferentes ângulos de incidência. Registe numa tabela esses ângulos assim como os respectivos ângulos de reflexão e compare-os.
- b) Mude o material do alvo e avalie a capacidade refletora dos vários materiais, registando para quais deles a luz do laser refletida tem maior intensidade.

### 2) Refração da luz.

- a) Faça incidir a luz do laser sucessivamente na placa de acrílico, na tina de vidro sem água e na tina de vidro com água. Compare a capacidade dos diversos materiais de transmitirem a luz do laser, registando em que material é maior a intensidade da luz refratada.
- b) Faça incidir a luz do laser na face plana da placa de acrílico, no centro do semicírculo, tal como mostra a figura 2, de modo a observar a refração da luz na superfície de separação ar-acrílico. Meça seis ângulos de incidência e os respectivos ângulos de refração, e registe-os.

### 3) Reflexão total da luz.

- a) Com a montagem representada na figura 3 varie o ângulo de incidência de modo que deixe de ocorrer refração na superfície plana de separação acrílico-ar a passe a haver reflexão total. Repita o procedimento três vezes, registando os respectivos ângulos de incidência.

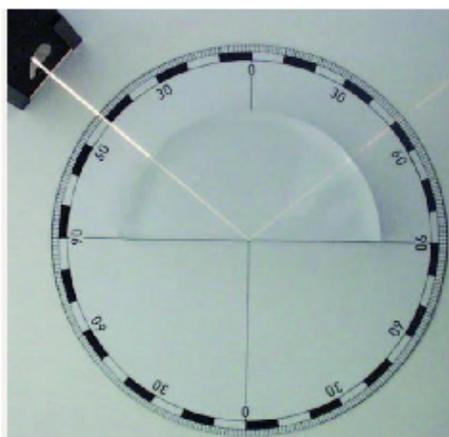


Figura 3 – Montagem para o estudo da reflexão total da luz.

- b) Incida a luz do laser na extremidade e para o interior da mangueira de modo que a luz possa ter reflexões totais sucessivas no seu interior e vá encurvando a mangueira. Repita o procedimento para uma fibra ótica. Registe as diferenças.

**7. Exploração dos resultados**

Ângulo de incidência						
Ângulo de reflexão						

Meio 1 - acrílico	Meio 2 - ar
Ângulo de incidência / °	Ângulo de refração / °

**8. Questões pós-laboratoriais**

- 1) Indique, justificando, se os ângulos de incidência e de reflexão medidos foram os esperados.
- 2) Indique o material que usou com maior poder refletor.
- 3) Qual dos materiais usados transmitiu melhor a luz do laser? E qual a absorveu mais?
- 4) Complete a tabela referente aos ângulos de incidência e de refração na peça de acrílico, indicando os respectivos senos. Construa o gráfico do seno do ângulo de refração em função do seno do ângulo de incidência, determine a equação da reta de ajuste e, a partir dela, calcule o índice de refração do acrílico em relação ao ar.
- 5) Determine, a partir dos ângulos em que deixa de ocorrer refração na fronteira acrílico-ar, o valor mais provável para o ângulo crítico. Indique, justificando, se o erro previsível nesta determinação é por excesso ou por defeito. Compare este resultado com o valor do ângulo crítico calculado a partir do índice de refração do acrílico em relação ao ar determinado em 4.
- 6) Conseguiu obter reflexão total praticamente sem atenuação na mangueira com água? Consulte valores para os índices de refração da luz na água e no plástico e justifique o que observou.
- 7) Compare com o que observou na fibra ótica e indique as propriedades desta que permitem que a luz seja guiada no seu interior com pouca atenuação.

# Anexo XXI – Grelha de observação da aula 4 da Componente de Física (Atividade Laboratorial)



## 2.3 – Ondas eletromagnéticas

### Aulas 7/8/9 – Atividade laboratorial 3.1. ‘Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total’

16/1/2018 – 11ºC

17/1/2018 – 11ºB

Objetivo geral: investigar os fenómenos de absorção, reflexão, refração e reflexão total, determinar o índice de refração de um meio em relação ao ar e prever o ângulo crítico.

#### Metas curriculares:

- ✓ Avaliar a capacidade refletora e a transparência de diversos materiais quando neles se faz incidir luz e a diminuição da intensidade do feixe ou a mudança da direção do feixe de luz.
- ✓ Medir ângulos de incidência e de reflexão, relacionando-os.
- ✓ Medir ângulos de incidência e de refração.
- ✓ Construir o gráfico do seno do ângulo de refração em função do seno do ângulo de incidência, determinar a equação da reta de ajuste e, a partir do seu declive, calcular o índice de refração do meio em relação ao ar.
- ✓ Prever qual é o ângulo crítico de reflexão total entre o meio e o ar e verificar o fenómeno da reflexão total para ângulos de incidência superiores ao ângulo crítico, observando o que acontece à luz enviada para o interior de uma fibra ótica.
- ✓ Identificar a transparência e o elevado valor do índice de refração como propriedades da fibra ótica que guiam a luz no seu interior.

Grupos de trabalho (11ºB):

Turno 1

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III

Turno 2

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III

Grupos de trabalho (11°C):

Turno 1

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III

Turno 2

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III

Turma	Turno	Grupo	Observações
11ºB	1	I	
		II	
		III	
	2	I	
		II	
		III	
11ºC	1	I	
		II	
		III	
	2	I	
		II	
		III	

## Anexo XXII – Desenvolvimento da aula 5 da Componente de Física (Ficha de exercícios)



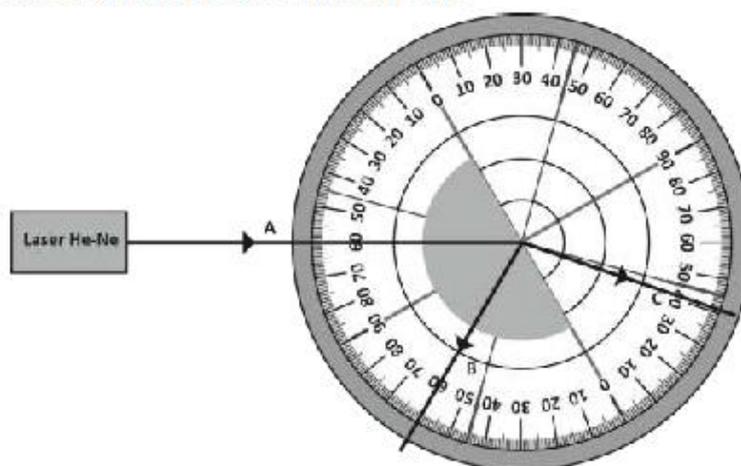
### 2.3 – Ondas eletromagnéticas

#### Aula 5 – Ficha de exercícios

19/1/2018 (90 minutos)

#### Grupo I

1. Na figura seguinte esquematiza-se uma experiência, com uma placa semicilíndrica de acrílico, em que um feixe de luz monocromática, muito fino, feixe A, incide na superfície circular de separação ar-acrílico, segundo uma direção perpendicular a essa superfície. A placa de acrílico está sobre uma plataforma circular com uma escala angular, e pode rodar em torno de um eixo que passa no seu centro, coincidente com o centro da superfície plana da placa. Os feixes B e C, que também se propagam no ar, resultam da incidência do feixe A na superfície plana da placa. As direções dos feixes A, B e C foram desenhadas à escala.



- 1.1 Indique uma grandeza física, característica das ondas, que não se altera quando a luz muda de meio de propagação.
- 1.2 A luz resulta da propagação de um campo elétrico e de um campo magnético, variáveis no tempo, e...
  - (A) perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação da luz.
  - (B) paralelos entre si e perpendiculares à direção de propagação da luz.
  - (C) perpendiculares entre si, sendo o campo elétrico paralelo à direção de propagação da luz.

(D) paralelos entre si e paralelos à direção de propagação da luz.

1.3 Designando por  $E_A$ ,  $E_B$  e  $E_C$ , as energias dos feixes A, B e C, respetivamente, pode concluir-se que...

(A)  $E_A = E_B + E_C$

(C)  $E_A > E_B + E_C$

(B)  $E_A + E_B = E_C$

(D)  $E_C > E_A + E_B$

1.4 O feixe A que se propaga no ar ao passar para o acrílico ...

(A) não é desviado e o seu comprimento de onda mantém-se constante.

(B) não é desviado e o seu comprimento de onda diminui.

(C) é desviado e o seu comprimento de onda mantém-se constante.

(D) é desviado e o seu comprimento de onda diminui.

1.5 A sequência de fenómenos que ocorrem para que o feixe A origine o B é...

(A) transmissão, reflexão e transmissão. (C) reflexão, refração e reflexão.

(B) refração, reflexão total e refração. (D) reflexão total, refração e reflexão total.

1.6 Na passagem da luz do acrílico para o ar na superfície cilíndrica da placa, no feixe B, a amplitude do ângulo de refração é...

(A)  $0^\circ$ .

(B)  $30^\circ$ .

(C)  $41^\circ$ .

(D)  $60^\circ$ .

1.7 Determine, para o feixe A, o valor do ângulo medido na escala colada na plataforma a partir do qual ocorre reflexão total na face plana da lente de acrílico.

Comece por determinar os ângulos de incidência e de refração da luz na superfície plana da placa, a partir dos feixes representados na figura.

Apresente todas as etapas de resolução.

2. O índice de refração de muito materiais varia com a cor da luz, o que, em determinadas circunstâncias, pode dar origem à separação das luzes de diferentes frequências que constituem a luz branca.

Para o acrílico, os índices de refração no ar da luz azul, de comprimento de onda 450 nm, é 1,512 e o da luz vermelha, de comprimento de onda 700 nm, é 1,499.

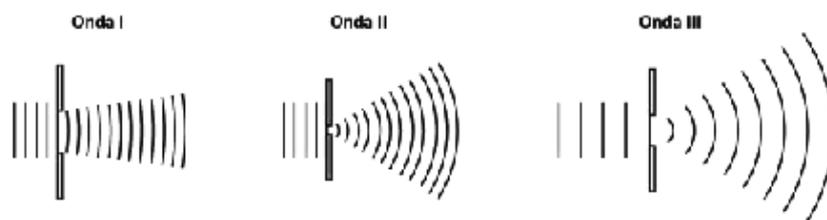
Determine o ângulo entre os feixes refratados azul e vermelho, daqueles comprimentos de onda, se ambos incidirem segundo um ângulo de  $80,0^\circ$  na superfície plana de separação ar-acrílico. Considere o índice de refração do ar 1,000.

Apresente todas as etapas de resolução.

## Grupo II

1. Uma onda sofre desvios ao encontrar obstáculos ou fendas, encurvando-se em torno deles.

Na figura seguinte esquematiza-se o que ocorre a três ondas quando encontram fendas de diferentes tamanhos.



1.1 Indique o nome do fenómeno representado.

1.2 Explique as semelhanças e as diferenças no que sucede às três ondas representadas.

1.3 Selecione a opção em que se descreve uma situação que pode ser explicada pelo fenómeno representado na figura acima.

- (A) Ao gritar em frente a um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- (B) Ao encostar o ouvido no chão, um homem ouve o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- (C) Ao ouvir uma ambulância a aproximar-se, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando se afasta.
- (D) Ao esconder-se atrás de um muro, um menino ouve a conversa dos seus colegas.

2. A descoberta da radiação de fundo veio demonstrar que estamos dentro de um forno cósmico, de um gigantesco forno de micro-ondas. Mas não assamos todos, porque o forno está frio, e as micro-ondas são o resíduo da explosão primordial.

Ao princípio parecia ser apenas excremento de pombo. Mas depois viu-se que era muito mais valioso. Em 1964, os norte-americanos Arno Penzias e Robert Wilson estavam a construir uma antena de rádio, capaz de detetar ondas de radiofrequência com um comprimento de onda de 7,35 centímetros. Quando a antena ficou pronta, e eles começaram a testar o sistema, descobriram a existência de um ruído de fundo que não conseguiam explicar. Era um ruído que não dependia da direção para que se apontava a antena, e a primeira explicação que lhes ocorreu foi que era devido aos pássaros. Com efeito, um casal de pombos tinha escolhido a antena para fazer o seu ninho. No entanto, depois de limpar a antena convenientemente e de afugentar os pombos, o ruído persistia.

José Tito Mendonça, *Uma biografia da luz – ou a triste história do fóton cansado* (adaptado)

2.1 Qual é a frequência das ondas que a antena de Penzias e Wilson era capaz de detetar? Apresente a resposta, expressa em GHz, com três algarismos significativos.

2.2 A antena de Penzias e Wilson permitiu descobrir a radiação de fundo de micro-ondas. Que conclusão se pode tirar sobre o comportamento da atmosfera em relação a ondas eletromagnéticas de comprimento de onda 7,35 centímetros?

2.3 Para além da radiação de micro-ondas, a outra evidência principal do *big bang* é o afastamento das galáxias, detetado pela alteração das linhas espectrais características de certos elementos químicos.

- (A) As posições dessas linhas desviam-se no sentido dos menores comprimentos de onda.
- (B) As posições dessas linhas desviam-se no sentido dos maiores comprimentos de onda.
- (C) As intensidades das linhas vermelhas aumentam em relação às linhas azuis.
- (D) As intensidades das linhas azuis aumentam em relação às linhas vermelhas.

## SOLUÇÕES

### GRUPO I

#### 1.1 A frequência [ou período].

Uma onda é produzida por oscilações e a frequência [o período] da onda é a frequência [o período] dessa oscilação, no caso da luz, sendo uma onda eletromagnética é produzida pela oscilação de cargas elétricas.

#### 1.2 (A)

Uma onda eletromagnética consiste na propagação de campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si e à direção de propagação da onda

#### 1.3 (C)

Quando uma onda eletromagnética incide numa superfície de separação entre dois meios, parte é refletida, parte é absorvida e parte é refratada, havendo conservação de energia.

Mesmo que não existisse absorção a energia do feixe A seria maior do que a soma das energias dos feixes B e C, uma vez que nas superfícies de separação ar-acrílico e acrílico-ar existe também reflexão da luz.

Como parte da luz é absorvida pelo acrílico, e outra parte é refletida, a soma das energias dos feixes B e C é menor do que a energia do feixe A:

$$E_A = E_B + E_C + E_{\text{absorvida}} + E_{\text{refletida}} \Rightarrow$$

$$E_A > E_B + E_C.$$

#### 1.4 (B)

O feixe A incide na perpendicular à superfície circular da placa de acrílico, i.e., na direção da normal a essa superfície, portanto com um ângulo de incidência de  $0^\circ$ , a que corresponderá um ângulo de refração de  $0^\circ$ , portanto, não é desviado como mostra a figura.

A luz ao passar do ar para o acrílico muda de meio de propagação, logo a velocidade de propagação e o comprimento de onda alteram-se. Como na passagem do acrílico para o ar, na face plana da placa, a luz se afasta da normal, conclui-se que a velocidade de propagação no ar,  $v$ , é maior (o índice de refração do ar,  $n = \frac{c}{v}$  é menor), logo o comprimento de onda no ar é também maior:  $\lambda = \frac{v}{f}$  com  $f$  constante (quanto maior  $v$ , maior será  $\lambda$ ).

#### 1.5 (A)

O feixe A sofre transmissão (mudança de meio) ao passar do ar para o acrílico, reflexão na superfície acrílico-ar (não há reflexão total visto parte da luz ser refratada para o ar, originando o feixe C) e nova transmissão (mudança de meio) ao passar do acrílico para o ar, originando o feixe B.

#### 1.6 (A)

Na passagem da luz do acrílico para o ar que origina o feixe B, a luz incide na direção radial, portanto, perpendicularmente à superfície cilíndrica de separação acrílico-ar, assim, o ângulo com a normal, ângulo de incidência, é  $0^\circ$ , e, em consequência, o ângulo de refração do feixe B também.

#### 1.7 As amplitudes dos ângulos de incidência, $\alpha_1$ , e de refração, $\alpha_2$ , da luz na superfície plana da placa são $\alpha_1 = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ e

$$\alpha_2 = 90^\circ - 41^\circ = 49^\circ.$$

Aplicando a lei de Snell-Descartes obtém-se o índice de refração do acrílico em relação ao ar,

$n_{\text{acrílico, ar}}$ :

$$n_{\text{acrílico}} \sin \alpha_1 = n_{\text{ar}} \sin \alpha_2 \Rightarrow n_{\text{acrílico}} \sin 30^\circ = n_{\text{ar}} \sin 49^\circ \Rightarrow \frac{n_{\text{acrílico}}}{n_{\text{ar}}} = \frac{\sin 49^\circ}{\sin 30^\circ} \Rightarrow n_{\text{acrílico, ar}} = 1,509.$$

O valor máximo do ângulo de refração no ar é  $90^\circ$ , a que corresponde um ângulo de incidência limite,  $\alpha_{\text{limite}}$ , acima do qual deverá ocorrer reflexão total:

$$n_{\text{acrílico}} \sin \alpha_{\text{limite}} = n_{\text{ar}} \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha_{\text{limite}} = \frac{n_{\text{ar}}}{n_{\text{acrílico}}} \Rightarrow \sin \alpha_{\text{limite}} = \frac{1}{1,512} \Rightarrow \sin \alpha_{\text{limite}} = 0,663 \Rightarrow \alpha_{\text{limite}} = 42^\circ.$$

Para este ângulo de incidência da luz na superfície plana acrílico-ar,  $\alpha_{\text{limite}}$ , o valor marcado na escala angular colada na plataforma, em que está assente a placa cilíndrica, é  $90^\circ - 42^\circ = 48^\circ$ .

2. Aplicando a lei de Snell-Descartes, determina-se uma expressão do ângulo de refração em função do índice de refração do acrílico:

$$n_{\text{ar}} \sin \alpha_1 = n_{\text{acrílico}} \sin \alpha_2 \Rightarrow 1,000 \sin 80,0^\circ = n_{\text{acrílico}} \sin \alpha_2 \Rightarrow \sin \alpha_2 = \frac{\sin 80,0^\circ}{n_{\text{acrílico}}}$$

Para a luz azul obtém-se  $\sin \alpha_{\text{azul}} = \frac{\sin 80,0^\circ}{1,512} \Rightarrow \alpha_{\text{azul}} = 40,6^\circ$ , e para a vermelha

$$\sin \alpha_{\text{vermelha}} = \frac{\sin 80,0^\circ}{1,499} \Rightarrow \alpha_{\text{vermelha}} = 41,1^\circ.$$

O ângulo entre os feixes refratados azul e vermelho é  $\alpha_{\text{vermelha}} - \alpha_{\text{azul}} = 41,1^\circ - 40,6^\circ = 0,5^\circ$ .

## GRUPO II

### 1.1 Difração.

Espalhamento de uma onda quando encontra um obstáculo ou fenda cuja dimensão é comparável ao comprimento de onda da onda.

1.2 As ondas II e III são difratadas de forma semelhante, pois, em ambos os casos, existe uma relação semelhante entre a largura da fenda,  $d$ , e o comprimento de onda,  $\lambda$ , dado serem ambos proporcionalmente maiores para a onda III em relação à onda II, i.e.,  $\frac{d_{II}}{\lambda_{II}} \sim \frac{d_{III}}{\lambda_{III}}$ .

O espalhamento das ondas II e III é apreciável pois, em ambos os casos, a fenda e o comprimento de onda apresentam a mesma ordem de grandeza:  $d_{II} \sim \lambda_{II}$  e  $d_{III} \sim \lambda_{III}$ .

Para a onda I o espalhamento é menos acentuado, pois a largura da fenda é maior do que a encontrada pela onda II ( $d_I > d_{II}$ ), mas o comprimento de onda é o mesmo ( $\lambda_I = \lambda_{II}$ ):  $\frac{d_I}{\lambda_I}$  é significativamente maior do que  $\frac{d_{II}}{\lambda_{II}}$ .

OU

Para a onda I o espalhamento é menos acentuado, pois o comprimento de onda é menor do que o da onda III ( $\lambda_I < \lambda_{III}$ ), mas a largura da fenda é a mesma ( $d_I = d_{III}$ ):  $\frac{d_I}{\lambda_I}$  é significativamente maior do que  $\frac{d_{III}}{\lambda_{III}}$ .

### 1.3 (D)

Devido à difração, a onda sonora contorna o muro, chegando ao menino atrás deste.

Em (A), repetição do próprio grito (eco), o fenómeno subjacente é a reflexão do som.

Em (B), audição do som da locomotiva através do solo, o fenómeno é a propagação do som no solo, sendo nesse meio a velocidade de propagação maior do que no ar.

Em (C), alteração da frequência devido ao movimento relativo da fonte e do recetor (aproximação ou afastamento), trata-se de uma manifestação do efeito Doppler.

### 2.1 4,08 GHz

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{0,0735 \text{ m}} = 4,08 \times 10^9 \text{ Hz} = 4,08 \text{ GHz}.$$

2.2 A atmosfera transmite radiações eletromagnéticas deste comprimento de onda.

OU

A atmosfera é transparente a radiações eletromagnéticas deste comprimento de onda.

### 2.3 (B)

A luz proveniente das galáxias mais distantes revela um desvio para o vermelho (*redshift*): o comprimento de onda da luz é superior ao que seria medido se não houvesse essa expansão. O *redshift* de que se fala em astrofísica é devido à dilatação do próprio espaço por isso se diz que é

equivalente ao efeito Doppler: as galáxias afastam-se a grandes velocidades, mas esse afastamento não se deve ao movimento das próprias galáxias através do espaço. A observação desse desvio espectral é uma das maiores provas de que o Universo está em expansão desde um instante primordial, como é descrito pela teoria do *big bang*.

## Anexo XXIII – Ficha nº4 – “Ondas eletromagnéticas”



### Ficha nº4 – Ondas eletromagnéticas

19/1/2018

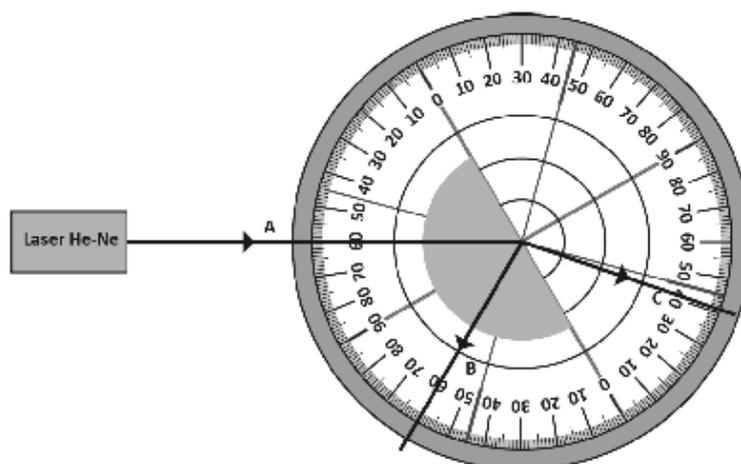
#### Grupo I

1. Na figura seguinte esquematiza-se uma experiência, com uma placa semicilíndrica de acrílico, em que um feixe de luz monocromática, muito fino, feixe A, incide na superfície circular de separação ar-acrílico, segundo uma direção perpendicular a essa superfície.

A placa de acrílico está sobre uma plataforma circular com uma escala angular, e pode rodar em torno de um eixo que passa no seu centro, coincidente com o centro da superfície plana da placa.

Os feixes B e C, que também se propagam no ar, resultam da incidência do feixe A na superfície plana da placa.

As direções dos feixes A, B e C foram desenhadas à escala.



1.1 Indique uma grandeza física, característica das ondas, que não se altera quando a luz muda de meio de propagação.

1.2 A luz resulta da propagação de um campo elétrico e de um campo magnético, variáveis no tempo, e...

- (A) perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação da luz.
- (B) paralelos entre si e perpendiculares à direção de propagação da luz.
- (C) perpendiculares entre si, sendo o campo elétrico paralelo à direção de propagação da luz.
- (D) paralelos entre si e paralelos à direção de propagação da luz.

1.3 Designando por  $E_A$ ,  $E_B$  e  $E_C$ , as energias dos feixes A, B e C, respetivamente, pode concluir-se que...

- (A)  $E_A = E_B + E_C$
- (B)  $E_A + E_B = E_C$
- (C)  $E_A > E_B + E_C$
- (D)  $E_C > E_A + E_B$

1.4 O feixe A que se propaga no ar ao passar para o acrílico ...

- (A) não é desviado e o seu comprimento de onda mantém-se constante.
- (B) não é desviado e o seu comprimento de onda diminui.
- (C) é desviado e o seu comprimento de onda mantém-se constante.
- (D) é desviado e o seu comprimento de onda diminui.

1.5 A sequência de fenómenos que ocorrem para que o feixe A origine o B é...

- (A) transmissão, reflexão e transmissão. (C) reflexão, refração e reflexão.
- (B) refração, reflexão total e refração. (D) reflexão total, refração e reflexão total.

1.6 Na passagem da luz do acrílico para o ar na superfície cilíndrica da placa, no feixe B, a amplitude do ângulo de refração é...

- (A)  $0^\circ$ .
- (B)  $30^\circ$ .
- (C)  $41^\circ$ .
- (D)  $60^\circ$ .

1.7 Determine, para o feixe A, o valor do ângulo medido na escala colada na plataforma a partir do qual ocorre reflexão total na face plana da lente de acrílico.

Comece por determinar os ângulos de incidência e de refração da luz na superfície plana da placa, a partir dos feixes representados na figura.  
Apresente todas as etapas de resolução.

2. O índice de refração de muito materiais varia com a cor da luz, o que, em determinadas circunstâncias, pode dar origem à separação das luzes de diferentes frequências que constituem a luz branca.

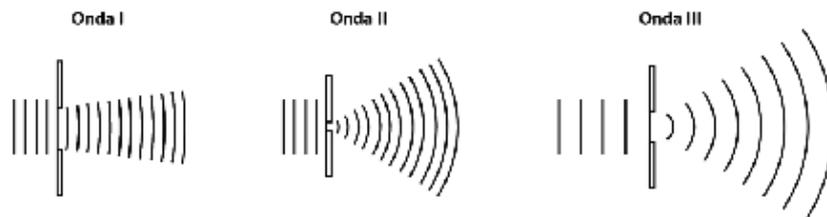
Para o acrílico, os índices de refração no ar da luz azul, de comprimento de onda 450 nm, é 1,512 e o da luz vermelha, de comprimento de onda 700 nm, é 1,499.

Determine o ângulo entre os feixes refratados azul e vermelho, daqueles comprimentos de onda, se ambos incidirem segundo um ângulo de  $80,0^\circ$  na superfície plana de separação ar-acrílico. Considere o índice de refração do ar 1,000.

Apresente todas as etapas de resolução.

### Grupo II

1. Uma onda sofre desvios ao encontrar obstáculos ou fendas, encurvando-se em torno deles. Na figura seguinte esquematiza-se o que ocorre a três ondas quando encontram fendas de diferentes tamanhos.



- 1.1 Indique o nome do fenómeno representado.
- 1.2 Explique as semelhanças e as diferenças no que sucede às três ondas representadas.
- 1.3 Selecione a opção em que se descreve uma situação que pode ser explicada pelo fenómeno representado na figura acima.
- (A) Ao gritar em frente a um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
  - (B) Ao encostar o ouvido no chão, um homem ouve o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
  - (C) Ao ouvir uma ambulância a aproximar-se, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando se afasta.
  - (D) Ao esconder-se atrás de um muro, um menino ouve a conversa dos seus colegas.

2. A descoberta da radiação de fundo veio demonstrar que estamos dentro de um forno cósmico, de um gigantesco forno de micro-ondas. Mas não assamos todos, porque o forno está frio, e as micro-ondas são o residuo da explosão primordial.

Ao princípio parecia ser apenas excremento de pombo. Mas depois viu-se que era muito mais valioso. Em 1964, os norte-americanos Arno Penzias e Robert Wilson estavam a construir uma antena de rádio, capaz de detetar ondas de radiofrequência com um comprimento de onda de 7,35

centímetros. Quando a antena ficou pronta, e eles começaram a testar o sistema, descobriram a existência de um ruído de fundo que não conseguiam explicar. Era um ruído que não dependia da direção para que se apontava a antena, e a primeira explicação que lhes ocorreu foi que era devido aos pássaros. Com efeito, um casal de pombos tinha escolhido a antena para fazer o seu ninho. No entanto, depois de limpar a antena convenientemente e de afugentar os pombos, o ruído persistia.

José Tito Mendonça, *Uma biografia da luz – ou a triste história do fotão cansado* (adaptado)

- 2.1 Qual é a frequência das ondas que a antena de Penzias e Wilson era capaz de detetar? Apresente a resposta, expressa em GHz, com três algarismos significativos.
- 2.2 A antena de Penzias e Wilson permitiu descobrir a radiação de fundo de micro-ondas. Que conclusão se pode tirar sobre o comportamento da atmosfera em relação a ondas eletromagnéticas de comprimento de onda 7,35 centímetros?
- 2.3 Para além da radiação de micro-ondas, a outra evidência principal do *big bang* é o afastamento das galáxias, detetado pela alteração das linhas espectrais características de certos elementos químicos.
- (A) As posições dessas linhas desviam-se no sentido dos menores comprimentos de onda.  
(B) As posições dessas linhas desviam-se no sentido dos maiores comprimentos de onda.  
(C) As intensidades das linhas vermelhas aumentam em relação às linhas azuis.  
(D) As intensidades das linhas azuis aumentam em relação às linhas vermelhas.

## Anexo XXIV – Aulas de regência: planificação da componente de Química



REPÚBLICA  
PORTUGUESA  
PRIMEIRA REPÚBLICA



<p>Física e Química A – 11º Ano Professor: Ana Paula Branquinho / Patrícia Gomes Pinto</p>		<p>Ano letivo: 2017/2018</p>	
<p><b>ESCOLA SECUNDÁRIA INFANTA DONA MARIA</b></p>		<p>Domínio: Reações em sistemas aquosos</p>	
<p>Subdomínio: Reações ácido-base</p>		<p>Turna: 11ºC</p>	
		<p>Data de início: 16/4/2018</p>	
		<p>Data de fim: 24/4/2018</p>	
		<p>Nº de tempos letivos (45 min): 12</p>	

Aula	Assunto e Conceitos	Metas curriculares / Competências O aluno deve ser capaz de:	Estratégias	Avaliação	Recursos Didáticos
1/2	<p><b>Sumário:</b> Título: ácido-base: • neutralização; • ponto de equivalência e ponto final; • indicadores ácido-base.</p>	<p>✓ Interpretar o significado de neutralização associando-o à reação entre os íões <math>H_3O^+</math> e <math>OH^-</math> durante uma reação ácido-base. ✓ Associar o ponto de equivalência de uma titulação à situação em que nenhum dos reagentes se encontra em excesso. ✓ Associar indicador ácido-base a um par conjugado ácido-base em que as formas ácidas e básicas são responsáveis por cores diferentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração de imagens.</li> <li>• Resolução de exercícios do PowerPoint.</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 129 e 130).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registo da participação dos alunos na discussão oral e na resolução de exercícios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Química</li> <li>• PowerPoint 1 – “Titulação ácido-base”</li> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 129 e 130)</li> </ul>
3/4/5	<p><b>Sumário:</b> Realização da AL 2.2 – “Titulação ácido-base”.</p>	<p>✓ Descrever a titulação ácido-base como uma técnica analítica na qual se fazem reagir entre si soluções aquosas de ácidos e de bases e que permitem determinar a composição quantitativa de uma dessas soluções. ✓ Distinguir titulante de titulado. ✓ Traçar a curva de titulação a partir de valores de pH medidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalho em grupo.</li> <li>• Utilização de um protocolo com questões pré e pós laboratoriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participação individual na realização da atividade laboratorial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo de exploração da AL 2.2 (Eu e o Químico)</li> <li>• Protocolo AL 2.2</li> <li>• Material de laboratório necessário à</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinar graficamente o pH no ponto de equivalência e o volume de titulante gasto até ser atingido esse ponto.</li> <li>✓ Determinar a concentração da solução titulada.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resposta às questões pré e pós laboratoriais.</li> <li>• Tratamento de dados.</li> <li>• Discussão de grupo turma dos resultados obtidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• realização da atividade</li> <li>• Grelha de observação direta dos alunos sobre o empenho e participação no trabalho laboratorial</li> </ul>	
6/7	<p>Sumário: Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sal proveniente de ácido fraco e base forte;</li> <li>• sal proveniente de ácido forte e base fraca;</li> <li>• sal proveniente de ácido forte e base forte;</li> <li>• sal proveniente de ácido fraco e base fraca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluções aquosas de sais</li> <li>• Ácido forte</li> <li>• Base forte</li> <li>• Ácido fraco</li> <li>• Base fraca</li> <li>• Solução neutra</li> <li>• Solução básica</li> <li>• Solução ácida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Interpretar o caráter ácido, básico ou neutro de soluções aquosas de sais com base nos valores das constantes de acidez ou de basicidade dos íons do sal em solução.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração de imagens.</li> <li>• Resolução de exercícios do PowerPoint.</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 134 e 135).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro da participação dos alunos na discussão alargada à turma e dinamizada pelo professor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Química</li> <li>• PowerPoint 3 – "Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais"</li> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 134 e 135)</li> </ul>
8/9	<p>Sumário: Aspectos ambientais das reações ácido-base:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acidez da água da chuva;</li> <li>• poluentes atmosféricos e chuva ácida;</li> <li>• redução da emissão de poluentes atmosféricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidez da chuva normal</li> <li>• Chuvas ácidas</li> <li>• Processos de eliminação dos poluentes NOx e SOx</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Interpretar a acidez da chuva normal com base na dissolução do dióxido de carbono presente na atmosfera.</li> <li>✓ Interpretar a formação de chuvas ácidas devido à presença de poluentes na atmosfera (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>), assim como processos de eliminação destes poluentes, com base nas correspondentes reações químicas.</li> <li>✓ Explicar as consequências das chuvas ácidas sobre construções de calcário e mármore, interpretando as equações químicas correspondentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Resolução de exercícios do PowerPoint</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 139 e 140)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro da participação dos alunos na discussão oral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Química</li> <li>• PowerPoint 4 – "Aspectos ambientais das reações ácido-base"</li> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 139 e 140)</li> </ul>
10/11/12	<p>Sumário: Esclarecimento de dúvidas. Resolução de exercícios.</p>	<p>Conteúdos/conceitos abordados no subdomínio</p>	<p>Resolver corretamente todos os exercícios que lhe são propostos. Relacionar os conceitos e conteúdos lecionados no subdomínio.</p>	<p>Revisão geral do subdomínio. Resolução de uma ficha de trabalho. Resolução de exercícios do manual.</p>	<p>Registro da participação dos alunos na discussão oral e na resolução dos exercícios.</p>	<p>Ficha nº5 – "Reações ácido-base" Manual de Química</p>

# Anexo XXV – Desenvolvimento da aula 1 da Componente de Química



REPÚBLICA  
PORTUGUESA  
EDUCAÇÃO



ESCOLA SECUNDÁRIA DO CASTELO DE BRANCO

Física e Química A

11º Ano

## 2.1 – Reações ácido-base

Aulas de regência 1/2 – 16/4/2018 (90 minutos)

### Sumário:

#### Titulação ácido-base:

- neutralização;
- ponto de equivalência e ponto final;
- indicadores ácido-base.

#### Questão motivadora:

- Como se caracteriza uma titulação ácido-base?

Conteúdos subjacentes	Fazer notar que...
Titulação ácido-base <ul style="list-style-type: none"><li>• neutralização</li><li>• ponto de equivalência</li><li>• indicadores ácido-base</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• O termo neutralização, aplicado no contexto de uma reação entre um ácido e uma base, está associado à reação entre os iões <math>H_3O^+</math> e <math>OH^-</math> durante a reação.</li><li>• O ponto de equivalência de uma titulação corresponde à situação em que nenhum dos reagentes se encontra em excesso. O ponto de equivalência é atingido quando as quantidades químicas de ácido e de base se encontram nas proporções estequiométricas evidenciadas na equação química.</li><li>• O ponto final de uma titulação deteta-se no momento em que o indicador ácido-base muda de cor. O ponto final geralmente não coincide com o ponto de equivalência. Quanto mais próximos forem o ponto final e o ponto de equivalência da titulação melhor é a escolha do indicador.</li><li>• Indicadores ácido-base são substâncias possuidoras de um caráter ácido fraco ou base fraca, de fórmulas complexas (par conjugado ácido-base <math>HInd/Ind^-</math>), em que as formas ácida e básica são responsáveis por cores diferentes.</li><li>• Para uma titulação, deve escolher-se um indicador ácido-base cuja zona de viragem esteja contida na região de variação brusca do pH que contém o ponto de equivalência que ocorre durante a titulação.</li></ul>
Conceitos-chave <ul style="list-style-type: none"><li>• Titulação ácido-base</li><li>• Neutralização</li><li>• Ponto de equivalência</li><li>• Ponto final</li><li>• Indicador ácido-base</li><li>• Zona de viragem</li></ul>	
Atividades propostas <ul style="list-style-type: none"><li>• Exploração de imagens</li><li>• Resolução de exercícios do PowerPoint</li><li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 129 e 130)</li></ul>	
Recursos de aula <ul style="list-style-type: none"><li>• Manual de Química</li><li>• PowerPoint 1 – “Titulação ácido-base”</li><li>• Exploração de imagens</li><li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 129 e 130)</li></ul>	

### Metas curriculares:

- ✓ Interpretar o significado de neutralização associando-o à reação entre os iões  $H_3O^+$  e  $OH^-$  durante uma reação ácido-base.
- ✓ Associar o ponto de equivalência de uma titulação à situação em que nenhum dos reagentes se encontra em excesso.
- ✓ Associar indicador ácido-base a um par conjugado ácido-base em que as formas ácidas e básicas são responsáveis por cores diferentes.

Ano letivo 2017/2018

1

**DIAPOSITIVO 3** (6 minutos)

• **Titulação ácido-base (ou volumetria ácido-base)**

Numa titulação ácido-base:

- determina-se a concentração de uma solução ácida ou básica;
- o ponto de equivalência coincide com o momento em que nenhum reagente está em excesso;
- a curva de titulação relaciona o pH da solução titulada e o volume de titulante.

A titulação ácido-base é uma técnica analítica que se baseia na neutralização de ácidos ou de bases. A aplicação da técnica consiste em fazer reagir entre si soluções aquosas de ácidos e de bases para determinar a composição quantitativa de uma dessas soluções, sabendo a outra.

A uma solução de um ácido (ou base) de concentração desconhecida, chamada titulada, adiciona-se uma solução básica (ou ácida) de concentração conhecida, chamada titulante, até ser atingido o ponto de equivalência.

As soluções ácidas podem ser neutralizadas por adição de soluções básicas e as soluções básicas por adição de soluções ácidas. A neutralização acontece devido à formação de água, a partir de  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$ .

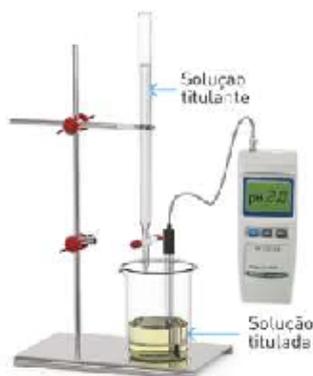
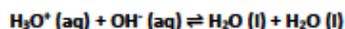


Figura 1 – Titulação ácido-base.

**DIAPOSITIVO 4** (6 minutos)

• **Neutralização**

Uma reação de neutralização é uma reação completa, que é interpretada com base na reação entre os íons  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$ , originando água – precisamente a reação inversa da autoionização da água:



Porque  $K_c$  é muito elevado qualquer que seja a temperatura, esta reação é muito extensa:

$$K_c = \frac{1}{K_w} \Leftrightarrow K_c = \frac{1}{10^{-14}} \Leftrightarrow K_c = 10^{14}, \text{ a } 25^\circ\text{C}.$$

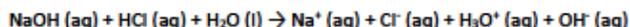
Ocorre uma reação de neutralização quando a uma solução ácida, por exemplo de HCl, se adiciona uma solução básica, por exemplo, de NaOH.

- A solução de HCl contém  $\text{Cl}^- (\text{aq})$  e  $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$ , pois  $\text{HCl} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{Cl}^- (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$
- A solução NaOH contém  $\text{Na}^+ (\text{aq})$  e  $\text{OH}^- (\text{aq})$ , pois  $\text{NaOH} (\text{aq}) \rightarrow \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq})$

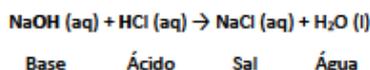
Quando se misturam as duas soluções, a de HCl com a de NaOH, os iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$  reagem para formar água. Se a quantidade de  $\text{H}_3\text{O}^+$  na mistura for igual à de  $\text{OH}^-$ , a solução final será neutra. A 25°C a solução terá  $\text{pH}=7$ .

Teremos então, neste caso, apenas  $\text{Na}^+$  (aq) e  $\text{Cl}^-$  (aq), isto é, uma solução aquosa do sal cloreto de sódio, NaCl, ou seja, água salgada.

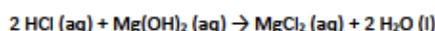
A reação de neutralização é traduzida pela equação química:



Simplificando a equação química anterior, escrevemos:



Também acontece uma reação de neutralização quando se toma medicamentos para tratamento do excesso de acidez no estômago. Um exemplo desses medicamentos é o leite de magnésia, à base de hidróxido de magnésio,  $\text{Mg(OH)}_2$ , que reage com HCl (aq) presente no estômago:



#### Reação de neutralização

Está associada à reação entre iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$ , originando água, além do sal formado.

É uma reação completa.

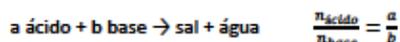
A solução obtida pode não ser neutra.

#### **DIAPOSITIVO 5** (6 minutos)

- **Ponto de equivalência**

As reações de neutralização são muito utilizadas em análise química, numa técnica chamada **titulação** (ou **volumetria**) **ácido-base** em que se determina a concentração desconhecida de um ácido (ou base) numa solução.

Numa titulação adiciona-se uma solução ácida (ou básica) de concentração conhecida – **titulante** – a uma solução básica (ou ácida) de concentração desconhecida – **titulado** – até se atingir o **ponto de equivalência**, isto é, até ao momento em que nenhum dos reagentes (ácido e base) se encontrem em excesso. Neste momento temos uma solução aquosa do sal que se formou na reação de neutralização. No ponto de equivalência, a razão entre as quantidades de matéria,  $n$ , de ácido e de base coincide com a razão estequiométrica da reação de neutralização:



É importante lembrar que a quantidade de matéria,  $n$ , relaciona-se com a concentração,  $c$ , e o volume,  $V$ , das soluções pela expressão  $n = c \times V$ .

No caso particular de o ácido e a base serem monopróticos, por exemplo  $\text{CH}_3\text{COOH}$  e  $\text{KOH}$ ,  $a=b$ , pelo que  $n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$ . Neste caso podemos escrever:

$$c_{\text{ácido}} V_{\text{ácido}} = c_{\text{base}} V_{\text{base}}$$

Conhecidos os volumes das duas soluções adicionadas, e a reação de neutralização que ocorreu, é então possível determinar a concentração de uma das soluções realizando cálculos estequiométricos.

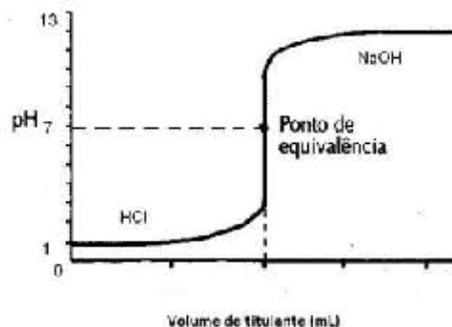


Figura 2 – Ponto de equivalência (titulação ácido forte – base forte).

**Ponto de equivalência**

Momento da titulação em que nenhum dos reagentes, ácido e base, se encontra em excesso, sendo a mistura resultante uma solução aquosa de sal.

**DIAPOSITIVO 6** (6 minutos)

- Ponto final

**Ponto final de uma titulação:**

- deteta-se no momento em que a solução titulada, após lhe ser adicionado o indicador ácido-base, muda de cor;
- geralmente não coincide com o ponto de equivalência.

Na prática, quando se realiza uma titulação, é muito difícil detetar o momento em que é atingido o ponto de equivalência, dado que perto deste ponto se verifica uma variação brusca de pH.

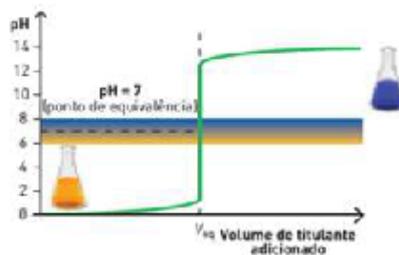


Figura 3 – Ponto final de uma titulação ácido forte – base forte.

**DIAPOSITIVO 7** (6 minutos)

- Indicadores ácido-base

Pode detetar-se a proximidade do ponto de equivalência adicionando ao titulado umas gotas de uma substância cuja cor depende do pH do meio em que se encontra, chamada **indicador ácido-base**.

Na proximidade do ponto de equivalência, a mudança brusca de pH desencadeia uma mudança súbita de cor do indicador. Essa mudança de cor do indicador revela o ponto final.

Um indicador ácido-base está associado a um par conjugado ácido-base, genericamente representado por HInd/Ind<sup>-</sup>, em que as formas ácida, HInd, e básica, Ind<sup>-</sup>, são responsáveis por cores diferentes em solução aquosa. A cor depende do pH do meio em que o indicador, um ácido (ou base) fraco, se encontra e não é igual para todos os indicadores.

Exemplificando para o indicador vermelho de fenol, amarelo em meio ácido e vermelho em meio básico, a reação de ionização pode representar-se através da equação química:



Conforme prevê o Princípio de Le Châtelier, se o indicador for adicionado a um meio ácido, então a maior concentração de H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> favorecerá a reação inversa, ou seja, a formação da forma ácida, HInd, e predomina a cor amarela. Se o indicador for adicionado a um meio básico, verificar-se-á a diminuição da concentração de H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (devido à neutralização pelos iões OH<sup>-</sup>) e é favorecida a reação direta, ou seja, a formação da forma básica, Ind<sup>-</sup>, e predomina a cor vermelha.

Indicador ácido-base
Substância cuja cor depende do pH do meio em que se encontra.

#### **DIAPOSITIVO 8** (6 minutos)

- Indicadores ácido base (cont.)

**Zona de viragem:** intervalo de valores de pH em que coexistem as cores da forma ácida e da forma básica.

**Tabela 1 – Indicadores ácido-base.**

Indicador	Zona de viragem	Cor da forma ácida	Cor da forma básica
Azul de timol	1,2-2,8	Vermelho	Amarelo
Alaranjado de metilo	3,2-4,2	Vermelho	Amarelo
Azul de bromofenol	2,8-4,6	Amarelo	Azul
Verde de bromocresol	3,8-5,4	Amarelo	Azul
Vermelho de metilo	4,2-6,3	Vermelho	Amarelo
Azul de bromotimol	6,0-7,6	Amarelo	Azul
Vermelho de fenol	6,0-8,4	Amarelo	Vermelho
Fenolftaleína	8,2-10,0	Incolor	Carmin
Tímofaleína	9,3-10,5	Incolor	Azul

#### **DIAPOSITIVO 9** (6 minutos)

- Indicadores ácido base (cont.)

**A escolha do indicador ácido-base para uma determinada titulação:**

- numa titulação é importante escolher um indicador ácido-base capaz de detetar, através da mudança de cor, o ponto final que deverá ser o mais próximo possível do ponto de equivalência;
- para uma titulação deve escolher-se um indicador cuja zona de viragem esteja contida na região de variação brusca do pH que contém o ponto de equivalência correspondente à titulação;

- um indicador ácido-base será tanto melhor quanto mais diferentes forem a primeira e segunda cores, para visualizar mais facilmente a mudança de cor.

Quanto mais estreita a zona de viragem de um indicador, mais adequada a sua utilização. Quanto mais abrupta a zona de salto do pH na curva de titulação, mais fácil se torna a escolha do indicador.

#### **DIAPOSITIVO 10** (6 minutos)

- Curva de titulação

Gráfico que traduz a variação do pH da solução titulada, à medida que se adicionam volumes conhecidos da solução titulante. A determinação do valor do pH é efetuada através de um medidor de pH.

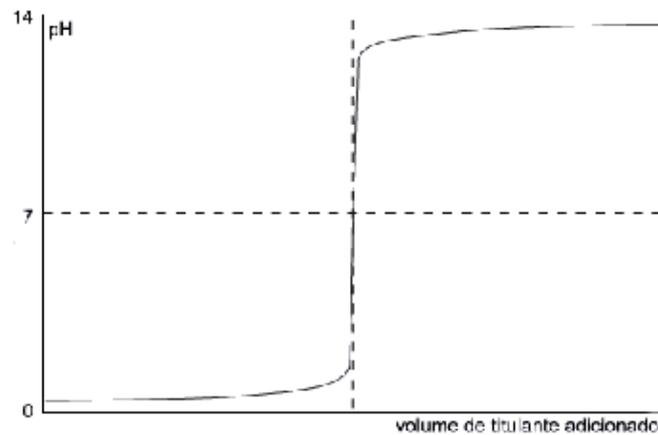
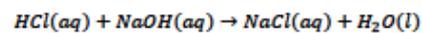


Figura 4 – Curva de titulação ácido forte – base forte.

#### **DIAPOSITIVO 11** (6 minutos)

- Curva de titulação (cont.)

- a) Ácido forte - base forte



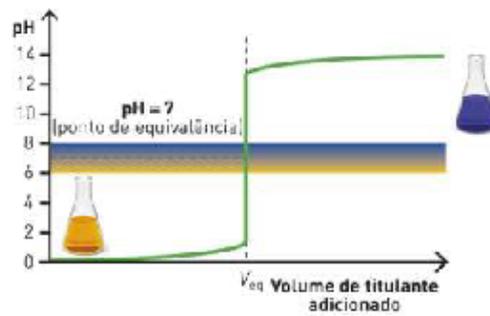


Figura 5 – Curva de titulação ácido forte – base forte.

Titulante	Titulado	Indicador
NaOH	HCl	Azul de bromofenol

À medida que se adiciona a solução de hidróxido de sódio, o pH vai aumentando.  
 pH no ponto de equivalência=7 (T=25°C)

**DIAPOSITIVO 12** (6 minutos)

- Curva de titulação (cont.)
- b) Base fraca – ácido forte

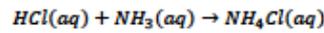


Figura 6 – Curva de titulação base fraca – ácido forte.

Titulante	Titulado	Indicador
HCl	NH <sub>3</sub>	Alaranjado de metilo

No ponto de equivalência, existe um sal derivado de um ácido forte e de uma base fraca que é uma solução ácida.

pH no ponto de equivalência < 7

**DIAPOSITIVO 13** (6 minutos)

- Curva de titulação (cont.)
- c) Ácido fraco – base forte

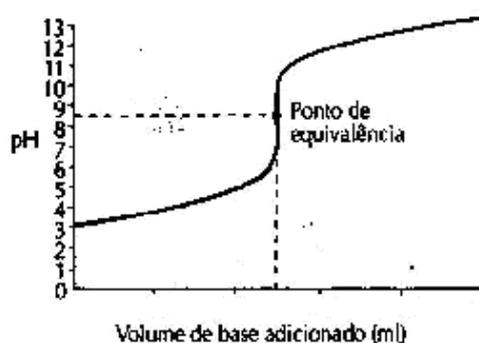
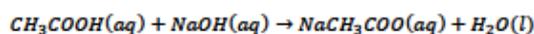


Figura 7 – Curva de titulação ácido fraco – base forte.

Titulante	Titulado	Indicador
NaOH	CH <sub>3</sub> COOH	Fenolftaleína

No ponto de equivalência existe uma solução de um sal derivado de uma base forte e de um ácido fraco que é uma solução básica.

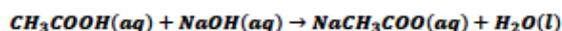
pH no ponto de equivalência > 7

**DIAPOSITIVO 14** (6 minutos)

- Exercício de aplicação

(Época Especial 2013)

1. Na titulação de uma solução de ácido acético, CH<sub>3</sub>COOH (aq), com uma solução de hidróxido de sódio, NaOH (aq), uma base forte, a reação que ocorre pode ser traduzida por:



Considere que o volume de solução de ácido acético a titular é 25,0 cm<sup>3</sup> e que se adicionou 50,0 cm<sup>3</sup> de NaOH (aq) de concentração 0,100 mol dm<sup>-3</sup> até ser atingido o ponto de equivalência da titulação.

Determine a concentração da solução de ácido acético.

Comece por calcular a quantidade de NaOH adicionada até ter sido atingido o ponto de equivalência da titulação.

Apresente todas as etapas de resolução.

**Soluções:**

$$n=5,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

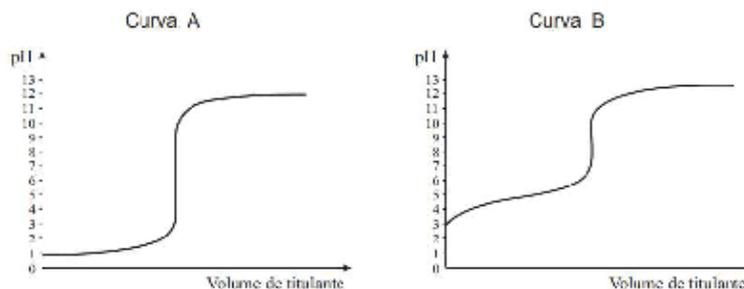
$$c=2,00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

**DIAPOSITIVO 15** (6 minutos)

- Exercício de aplicação

(Época Especial 2013)

2. Na figura, estão representadas uma curva de titulação de um ácido forte com uma base forte (Curva A) e uma curva de titulação de um ácido fraco com uma base forte (Curva B).



Conclua, justificando, a partir das curvas de titulação apresentadas, em qual das situações o número de indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados será mais reduzido.

Comece por referir qual a função de um indicador ácido-base, numa titulação.

**Soluções:**

- A função de um indicador ácido-base, numa titulação, é assinalar o ponto de equivalência (da titulação).
- A curva A apresenta (, na vizinhança do ponto de equivalência,) uma variação de pH mais acentuada do que a curva B.
- Como os indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados devem ter a sua zona de viragem contida no intervalo correspondente à variação acentuada de pH, conclui-se que na titulação de um ácido fraco com uma base forte, o número de indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados será mais reduzido.

9

Ano letivo 2017/2018

## Anexo XXVI – Apresentação da aula 1 da Componente de Química



ESCOLA SECUNDÁRIA INÊS DE CASTRO

# Reações ácido-base

## Titulação ácido-base

Física e Química A – 2017/2018  
11º Ano  
16/4/2018

2

## Sumário

Titulação ácido-base:

- neutralização;
- ponto de equivalência e ponto final;
- indicadores ácido-base.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

3

## Titulação ácido-base (ou volumetria ácido-base)

Determina-se a concentração de um ácido fazendo-o reagir com uma base de concentração conhecida, ou a concentração de uma base fazendo-a reagir com um ácido de concentração conhecida.



(se for um ácido forte e uma base forte)

**Titulante:** solução cuja concentração é conhecida (bureta)

**Titulado:** solução cuja concentração se quer conhecer (gobelé)



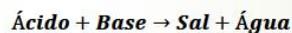
Figura 1 – Titulação ácido-base.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

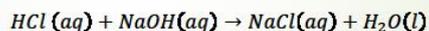
4

## Neutralização

**Reação de neutralização:** reação entre um ácido forte e uma base forte, originando um sal e água.



Exemplo:



Cada íon  $\text{H}^+$  RESULTANTE DO ÁCIDO NEUTRALIZA UM IÃO  $\text{OH}^-$  resultante da base, originando uma espécie neutra –  $\text{H}_2\text{O}$ .

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Ponto de equivalência

### Ponto de equivalência:

- altura da titulação em que o titulado reagiu completamente com o titulante;
- atinge-se quando as quantidades de ácido e de base estão nas proporções estequiométricas da reação, evidenciadas pela respetiva equação química.

Perto do ponto de equivalência há uma variação brusca de pH, o que permite a sua deteção, usando por exemplo um indicador ácido-base adequado.

Reações ácido-base; Titulação ácido-base

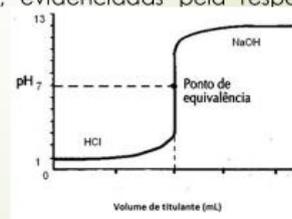


Figura 2 – Ponto de equivalência (titulação ácido forte – base forte).

## Ponto final

### Ponto final de uma titulação:

- deteta-se no momento em que a solução titulada, após lhe ser adicionado o indicador ácido-base, muda de cor;
- geralmente não coincide com o ponto de equivalência.

Na prática, quando se realiza uma titulação, é muito difícil detetar o momento em que é atingido o ponto de equivalência, dado que perto deste ponto se verifica uma variação brusca de pH.

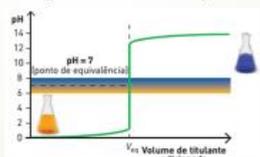


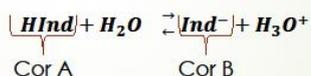
Figura 3 – Ponto final de uma titulação ácido forte – base forte.

Reações ácido-base; Titulação ácido-base

## Indicadores ácido-base

- Indicadores de pH;
- Ácidos ou bases fracos, geralmente orgânicos, cuja cor da forma ácida é diferente da cor da forma básica conjugada.

Se designarmos por HInd a forma genérica de um indicador, teremos:



Adição de um ácido: a concentração dos iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  aumenta e o equilíbrio desloca-se no **sentido inverso**, aparecendo a **cor A**.

Adição de uma base: a concentração dos iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  diminui e o equilíbrio desloca-se no **sentido direto**, aparecendo a **cor B**.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Indicadores ácido-base (cont.)

**Zona de viragem**: intervalo de valores pH em que coexistem as cores da forma ácida e da forma básica.

Tabela 1 – Indicadores ácido-base.

Indicador	Zona de viragem	Cor da forma ácida	Cor da forma básica
Azul de timol	1,2-2,8	Vermelho	Amarelo
Alaranjado de metilo	3,2-4,2	Vermelho	Amarelo
Azul de bromofenol	2,8-4,6	Amarelo	Azul
Verde de bromocresol	3,8-5,4	Amarelo	Azul
Vermelho de metilo	4,2-6,3	Vermelho	Amarelo
Azul de bromotimol	6,0-7,6	Amarelo	Azul
Vermelho de fenol	6,0-8,4	Amarelo	Vermelho
Fenolftaleína	8,2-10,0	Incolor	Carmim
Timolftaleína	9,3-10,5	Incolor	Azul

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Indicadores ácido-base (cont.)

A escolha do indicador ácido-base para uma determinada titulação:

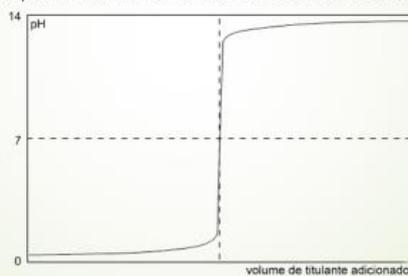
- numa titulação é importante escolher um indicador ácido-base capaz de defetar, através da mudança de cor, o ponto final que deverá ser o mais próximo possível do ponto de equivalência;
- para uma titulação deve escolher-se um indicador **cuja zona de viragem esteja confida na região de variação brusca do pH que contém o ponto de equivalência correspondente à titulação**;
- um indicador ácido-base será tanto melhor quanto mais diferentes forem a primeira e segunda cores, para visualizar mais facilmente a mudança de cor.

Quanto mais estreita a zona de viragem de um indicador, mais adequada a sua utilização. Quanto mais abrupta a zona de salto do pH na curva de titulação, mais fácil se torna a escolha do indicador.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Curva de titulação

- Gráfico que traduz a variação do pH da solução titulada, à medida que se adicionam volumes conhecidos da solução titulante. A determinação do valor do pH é efetuada através de um medidor de pH.

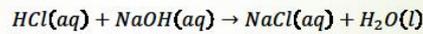


**Figura 4** – Curva de titulação ácido forte – base forte.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Curva de titulação (cont.)

### a) Ácido forte – base forte



Titulante	Titulado	Indicador
NaOH	HCl	Azul de bromotímol

À medida que se adiciona a solução de hidróxido de sódio, o pH vai aumentando, formando-se, no ponto de equivalência, uma solução neutra.

**pH no ponto de equivalência=7 (T=25°C)**

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

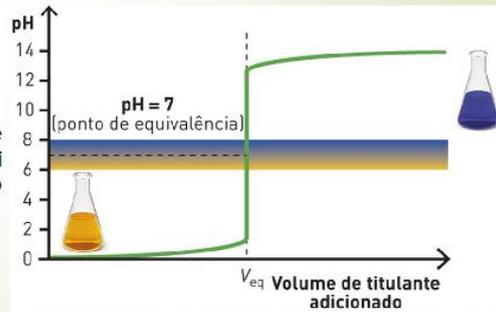
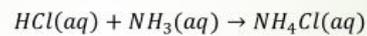


Figura 5 – Curva de titulação ácido forte – base forte.

## Curva de titulação (cont.)

### b) Base fraca – ácido forte



Titulante	Titulado	Indicador
HCl	NH <sub>3</sub>	Alaranjado de metilo

No ponto de equivalência, existe um sal derivado de um ácido forte e de uma base fraca que é uma solução ácida.

**pH no ponto de equivalência < 7**

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

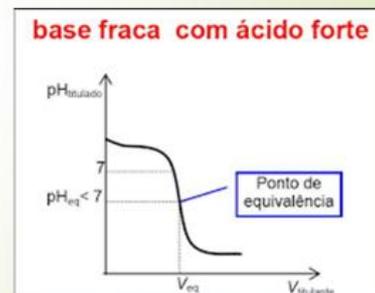
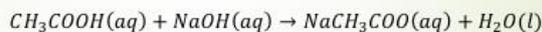


Figura 6 – Curva de titulação base fraca – ácido forte.

## Curva de titulação (cont.)

### c) Ácido fraco – base forte



Titulante	Titulado	Indicador
NaOH	CH <sub>3</sub> COOH	Fenolftaleína

No ponto de equivalência existe uma solução de um sal derivado de uma base forte e de um ácido fraco que é uma solução básica.

**pH no ponto de equivalência > 7**

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

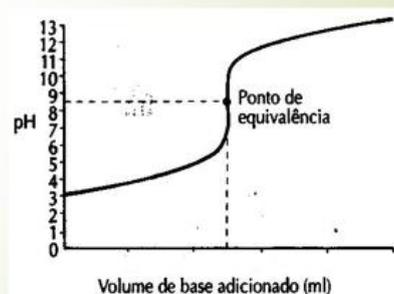
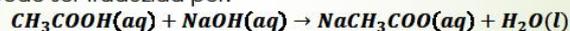


Figura 7 – Curva de titulação ácido fraco – base forte.

## Exercício de aplicação

(Época Especial – 2013)

- Na titulação de uma solução de ácido acético, CH<sub>3</sub>COOH (aq), com uma solução de hidróxido de sódio, NaOH (aq), uma base forte, a reação que ocorre pode ser traduzida por:



Considere que o volume de solução de ácido acético a titular é 25,0 cm<sup>3</sup> e que se adicionou 50,0 cm<sup>3</sup> de NaOH (aq) de concentração 0,100 mol dm<sup>-3</sup> até ser atingido o ponto de equivalência da titulação.

Determine a concentração da solução de ácido acético.

Comece por calcular a quantidade de NaOH adicionada até ter sido atingido o ponto de equivalência da titulação.

Apresente todas as etapas de resolução.

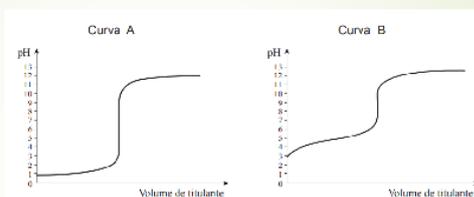
Reações ácido-base: Titulação ácido-base

Soluções:  
 $n = 5,00 \times 10^{-2}$  mol  
 $c = 2,00 \times 10^{-1}$  mol dm<sup>-3</sup>

## Exercício de aplicação

(Época Especial – 2013)

2. Na figura, estão representadas uma curva de titulação de um ácido forte com uma base forte (Curva A) e uma curva de titulação de um ácido fraco com uma base forte (Curva B).



Conclua, justificando, a partir das curvas de titulação apresentadas, em qual das situações o número de indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados será mais reduzido.

Comece por referir qual a função de um indicador ácido-base, numa titulação.

**Soluções:**

- A função de um indicador ácido-base, numa titulação, é assinalar o ponto de equivalência (da titulação).
- A curva A apresenta (, na vizinhança do ponto de equivalência,) uma variação de pH mais acentuada do que a curva B.
- Como os indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados devem ter a sua zona de viragem contida no intervalo correspondente à variação acentuada de pH, conclui-se que na titulação de um ácido fraco com uma base forte, o número de indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados será mais reduzido.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

# Anexo XXVII – Desenvolvimento da aula 2 da Componente de Química (Atividade Laboratorial)



## Atividade Laboratorial 2.2 – Titulação ácido-base

### 1. Questões-Problema

- 1) Como determinar experimentalmente a concentração de um ácido ou de uma base a partir de uma base ou de um ácido, respetivamente, de concentração conhecida?
- 2) Como determinar graficamente o valor de pH no ponto de equivalência?

### 2. Introdução genérica

A titulação ácido-base é uma técnica analítica que se baseia na neutralização de ácidos ou de bases. A aplicação da técnica consiste em fazer reagir entre si soluções aquosas de ácidos e de bases para determinar a composição quantitativa de uma dessas soluções.

A uma solução de um ácido (ou base) de concentração desconhecida, chamada titulado, adiciona-se uma solução básica (ou ácida) de concentração conhecida, chamada titulante, até ser atingido o ponto de equivalência.

O ponto de equivalência é o momento em que a quantidade de matéria de titulante,  $n_{\text{titulante}}$ , iguala a quantidade de matéria de titulado,  $n_{\text{titulado}}$  (presumindo que são espécies monoprotónicas):

$$n_{\text{titulante}} = n_{\text{titulado}}$$

o que permite escrever:

$$c_{\text{titulado}} \times V_{\text{titulado}} = c_{\text{titulante}} \times V_{\text{eq}}$$

em que:

$c_{\text{titulado}}$  – concentração do titulado que se pretende conhecer;

$V_{\text{titulado}}$  – volume de titulado, medido rigorosamente com uma pipeta;

$c_{\text{titulante}}$  – concentração do titulante (uma solução-padrão);

$V_{\text{eq}}$  – volume de titulante utilizado até ao ponto de equivalência, medido rigorosamente com uma bureta.

Numa titulação mede-se o volume de titulante até ao ponto de equivalência,  $V_{\text{eq}}$ . Como  $c_{\text{titulante}}$  e  $V_{\text{titulado}}$  são conhecidos, calcula-se a concentração de titulado,  $c_{\text{titulado}}$ .

Próximo do ponto de equivalência, deve observar-se a variação brusca de uma propriedade física, ou química, que seja detetável. No caso das titulações ácido-base há uma variação brusca do pH, já que próximo do ponto de equivalência o incremento de uma só gota de titulante transforma uma solução marcadamente ácida (ou alcalina) numa solução marcadamente alcalina (ou ácida). Esta variação brusca de pH pode ser detetada com um indicador ácido-base.

A variação de pH pode ser acompanhada usando um medidor de pH, numa titulação potenciométrica. O registo gráfico dos valores de pH da solução titulada, em função do volume de titulante adicionado, permite construir uma curva de titulação (Fig. 1), na qual é visível a mudança brusca do pH centrada no ponto de

equivalência. Para construir a curva de titulação é necessário unir os pontos correspondentes a pares de valores ( $V_{\text{titulante}}$ , pH) através de uma linha contínua e suave (sem vértices).

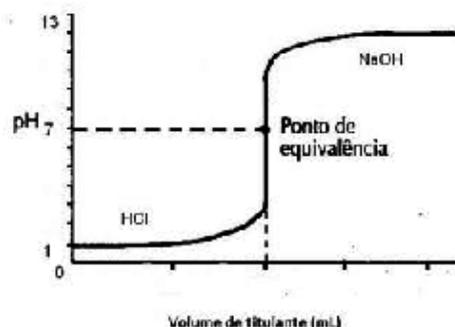


Figura 1 – Curva de titulação de base forte – ácido forte. A 25°C, o pH no ponto de equivalência é sempre 7.

A forma das curvas de titulação depende da força das espécies envolvidas, mas apresenta sempre uma zona de variação brusca centrada no valor do pH do ponto de equivalência. Também o pH no ponto de equivalência depende da força relativa das espécies envolvidas na titulação, que determina se existirá hidrólise de íons do sal formado durante a titulação.

Tabela 1 – O caráter químico da solução obtida no ponto de equivalência depende da força das espécies envolvidas.

Solução de ácido	Solução de base	Hidrólise de íons do sal formado durante a titulação	pH no ponto de equivalência, 25°C
Forte	Forte	Não há hidrólise dos íons.	7
Forte	Fraca	Há hidrólise do catião (é um ácido fraco).	<7
Fraca	Forte	Há hidrólise do anião (é uma base fraca).	>7

### 3. Questões pré-laboratoriais

- Uma titulação ácido-base é uma técnica analítica na qual se fazem reagir entre si soluções aquosas de ácidos e de bases, o que permite determinar a composição quantitativa de uma dessas soluções. Complete as frases seguintes com os termos “titulada”, “titulante”, “ponto final” e “ponto de equivalência”.
  - Durante uma titulação, adiciona-se lentamente uma solução ácida ou básica, contida numa bureta (solução \_\_\_\_\_), a uma solução básica ou ácida, respetivamente, contida num balão de Erlenmeyer ou num gobelé (solução \_\_\_\_\_), onde se adicionaram previamente algumas gotas de indicador ácido-base.
  - O \_\_\_\_\_ de uma titulação corresponde à situação em que nenhum dos reagentes se encontra em excesso, enquanto que o \_\_\_\_\_ de uma titulação é detetado pela observação da mudança de cor da mistura contida no balão de Erlenmeyer.

#### 2. Objetivo da atividade

**Objetivo geral:** realizar uma titulação ácido-base para determinar a concentração de uma solução de um ácido (ou de uma base).

### Metas específicas:

- ✓ Descrever a titulação ácido-base como uma técnica analítica na qual se fazem reagir entre si soluções aquosas de ácidos e de bases e que permite determinar a composição quantitativa de uma dessas soluções.
- ✓ Distinguir titulante de titulado.
- ✓ Traçar a curva de titulação a partir de valores de pH medidos.
- ✓ Determinar graficamente o pH no ponto de equivalência e o volume de titulante gasto até ser atingido esse ponto.
- ✓ Determinar a concentração da solução titulada.

### 3. Material e equipamento necessário

- ✓ Solução alcoólica de fenolftaleína
- ✓ Balão volumétrica de 100 mL
- ✓ Vareta de vidro
- ✓ 2 gobelés (200 mL)
- ✓ 1 balão de Erlenmeyer
- ✓ Conta-gotas
- ✓ Esguicho com água destilada
- ✓ Macrocontrolador
- ✓ Pipeta volumétrica de 20 mL
- ✓ Suporte universal com garra
- ✓ Funil
- ✓ Placa com agitação magnética
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Bureta de 25 mL
- ✓ Medidor de pH digital
- ✓ Solução de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração  $0,050 \text{ mol dm}^{-3}$
- ✓ Solução de ácido clorídrico (HCl) de concentração desconhecida

### 4. Procedimento experimental

- 1) Lavar e passar a bureta com a solução alcalina preparada (titulante) e recolher o seu conteúdo num gobelé.
- 2) Com a pipeta volumétrica de 20 mL, medir rigorosamente a solução a titular (solução de HCl de concentração desconhecida) e transferir o conteúdo para o balão de Erlenmeyer.
- 3) Adicionar 4 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína ao conteúdo do balão de Erlenmeyer.
- 4) Fazer a montagem da bureta para a titulação de acordo com a figura 2.



Figura 2 – Montagem para a realização da titulação.



- 4) Apresente a curva de titulação e, a partir da análise da mesma, indique o valor de pH no ponto de equivalência e o volume de titulante gasto.
- 5) Apresente a resposta às questões-problema.

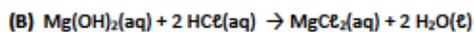
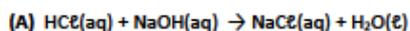
#### 6. Questões pós-laboratoriais

- 1) Uma pastilha de antiácido com a massa de 400 mg contém hidróxido de magnésio ( $M = 58,33 \text{ g mol}^{-1}$ ). Para determinar a % m/m de  $\text{Mg(OH)}_2$  na pastilha, procedeu-se do seguinte modo:
  - I. Triturou-se a pastilha num almofariz;
  - II. Dissolveu-se o material triturado em solução de  $\text{HCl}$   $2,000 \text{ mol dm}^{-3}$  até ao volume rigoroso de solução de 50,00 mL, com reação completa de  $\text{Mg(OH)}_2$ ;
  - III. Titularam-se amostras de 10,00 mL desta solução com uma solução-padrão de  $\text{NaOH}$   $1,00 \text{ mol dm}^{-3}$ , tendo-se gasto um volume médio de 18,10 mL.

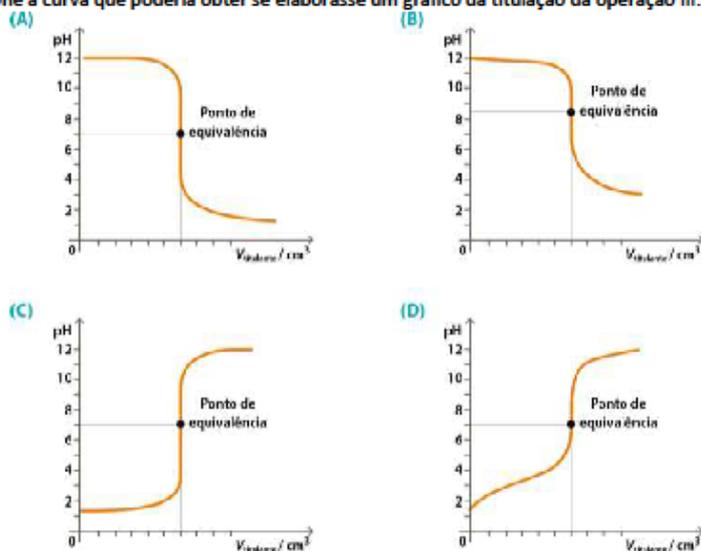
1.1. Complete as frases, utilizando uma das opções destacadas a cor.

- (A) No final da operação II, pode garantir-se que o conteúdo total de  $\text{Mg(OH)}_2$  da pastilha **gastou-se completamente/não se gastou completamente** no decorrer da reação.
- (B) A titulação vai servir para neutralizar o excesso de  $\text{HCl/Mg(OH)}_2$  que restou da operação II.

1.2. As equações (A) e (B) representam as reações ocorridas neste processo. Associe cada uma delas às operações II e III.



1.3. Seleccione a curva que poderia obter se elaborasse um gráfico da titulação da operação III.



1.4. Calcule a % m/m de hidróxido de magnésio na pastilha, apresentando todas as etapas de resolução.

### **ANEXO 1: Técnica de uso da bureta**

A bureta é um tubo de vidro graduado com uma torneira na extremidade inferior. É usada para medir com precisão o volume de um líquido, o titulante, adicionado durante uma titulação.

- 1) Montar um suporte universal com um suporte de buretas para fixar a bureta.
- 2) Antes de ser usada, a bureta deve ser lavada com água destilada:
  - Fechar a torneira e, com o auxílio de um esguicho, adicionar cerca de 10 mL de água destilada;
  - Rodar a bureta para um lado e para o outro, de modo que a água entre em contacto com todas as superfícies interiores desde a base junto à torneira até ao topo;
  - Colocar a bureta sobre uma pia e abrir a torneira para a água escorrer. Entretanto, pode aproveitar-se para verificar que a torneira está a funcionar em perfeitas condições.
- 3) De seguida, passar a bureta pela solução titulante:
  - Fechar a torneira e adicionar, com o auxílio de um funil, entre 5 a 10 mL da solução titulante;
  - Rodar a bureta para um lado e para o outro, de modo semelhante ao efetuado na lavagem com água;
  - Abrir a torneira para enxaguar a parte inferior da bureta, recolhendo o líquido num gobelé rotulado com “resíduos”;
  - Repetir a passagem da solução titulante com cerca de 10 mL, no fim da qual a solução titulante é rejeitada para o gobelé de resíduos.
- 4) Com o auxílio de um funil, encher a bureta com a solução titulante:
  - Colocar um funil no topo da bureta;
  - Com a torneira fechada, adicionar solução titulante até acima do zero da bureta com a preocupação de a não derramar;
  - Remover o funil e abrir cuidadosamente a torneira, deixando escorrer a solução titulante para o gobelé de resíduos até que o menisco fique abaixo do zero da bureta;
  - Garantir que não ficam bolhas de ar na torneira ou no espaço imediatamente abaixo.
- 5) Leitura do volume de solução titulante na bureta:
  - A leitura deve ser feita na parte central do menisco. No momento da leitura do volume, a linha de visão do operador deverá estar perpendicular à escala graduada, para evitar o chamado “erro de paralaxe”. Pode utilizar-se um cartão branco com trás da bureta para facilitar a leitura.
- 6) Abrir a torneira da bureta.

A torneira deve estar posicionada do lado direito do analista.

  - Usar a mão esquerda para operar a torneira.
  - Usar a mão direita para imprimir um suave movimento contínuo de rotação ao balão de Erlenmeyer com o intuito de promover, o mais rapidamente possível, a homogeneização da solução titulada após cada adição de titulante.
- 7) Determinação do volume de titulante adicionado da bureta.

Numa titulação volumétrica, o volume de titulante adicionado da bureta corresponde à diferença entre as leituras final e inicial:

$$V_{\text{titulante}} = V_{\text{final bureta}} - V_{\text{inicial bureta}}$$

## **ANEXO 2: Técnica para determinação gráfica do ponto final da titulação**

Para determinar graficamente o ponto final de uma titulação é necessário começar por obter a curva de titulação, ou manualmente em papel milimétrico ou recorrendo a um suporte digital, nomeadamente ao programa Excel.

- **Em papel milimétrico**

Nas titulações ácido forte – base forte, antes e depois da variação brusca de pH, a curva de titulação apresenta linhas praticamente retas que permitem a aplicação do método das bissetrizes para a determinação gráfica do ponto final. Nesse método, com a curva de titulação numa folha de papel milimétrico ou numa folha impressa a partir do Excel, deve-se:

1º Prolongar as linhas retas;

2º Marcar segmentos perpendiculares a partir das linhas prolongadas;

3º Determinar os pontos médios desses segmentos;

4º Unir os dois pontos médios;

5º A interseção com a curva de titulação define o ponto final;

6º A abcissa e a ordenada desse ponto identificam-se respetivamente, com o volume de titulante adicionado até ao ponto de equivalência e o pH nesse mesmo ponto.

# Anexo XXVIII – Grelha de observação da aula 2 da Componente de Química (Atividade Laboratorial)



## 2.1 – Reações ácido-base

### Aulas 3/4/5 – Atividade laboratorial 2.2. 'Titulação ácido-base'

17/4/2018 – 11ºC

18/4/2018 – 11ºB

**Objetivo geral:** realizar uma titulação ácido-base para determinar a concentração de uma solução de um ácido (ou de uma base).

#### Metas curriculares:

- ✓ Descrever a titulação ácido-base como uma técnica analítica na qual se fazem reagir entre si soluções aquosas de ácidos e de bases e que permite determinar a composição quantitativa de uma dessas soluções.
- ✓ Distinguir titulante de titulado.
- ✓ Traçar a curva de titulação a partir de valores de pH medidos.
- ✓ Determinar graficamente o pH no ponto de equivalência e o volume de titulante gasto até ser atingido esse ponto.
- ✓ Determinar a concentração da solução titulada.

#### **Questões pré-laboratoriais**

- 1.1. titulante; titulada
- 1.2. ponto de equivalência; ponto final

#### **Questões pós-laboratoriais**

- 1.1. (A) gastou-se completamente  
(B) HCl
- 1.2. (A) operação III  
(B) operação II
- 1.3. (C)
- 1.4.

1ª etapa: cálculo de  $n(\text{HCl})$  gasto na titulação

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}) \Leftrightarrow n(\text{HCl}) = 18,10 \times 10^{-3} \times 1,000 \Leftrightarrow n(\text{HCl}) = 1,810 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

2ª etapa: cálculo de  $n(\text{HCl})$  em excesso depois de neutralizar todo  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Em 10,00 mL da solução havia  $1,810 \times 10^{-2}$  mol de HCl; em 50 mL será:

$$n(\text{HCl}) = 1,810 \times 10^{-2} \times 5 \Leftrightarrow n(\text{HCl}) = 9,050 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

3ª etapa: cálculo de  $n(\text{HCl})$  usado na operação II

$$n(\text{HCl}) = 50,00 \times 10^{-3} \times 2,000 \Leftrightarrow n(\text{HCl}) = 0,100 \text{ mol}$$

4ª etapa: cálculo de  $n(\text{HCl})$  efetivamente gasto para neutralizar  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

$$n(\text{HCl}) = 0,100 - 9,050 \times 10^{-2} \Leftrightarrow n(\text{HCl}) = 0,0095 \text{ mol}$$

5ª etapa: cálculo de  $n(\text{Mg}(\text{OH})_2)$  existente na pastilha

Pela estequiometria da reação ocorrida em II:

$$n(\text{HCl}) = 2x n(\text{Mg}(\text{OH})_2) \Leftrightarrow n(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,0095/2 \Leftrightarrow n(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,00475 \text{ mol}$$

6ª etapa: cálculo da massa de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

$$m(\text{Mg}(\text{OH})_2) = n \times M \Leftrightarrow m(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,00475 \times 58,33 \Leftrightarrow m(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,277 \text{ g}$$

7ª etapa: cálculo da % (m/m)

$$\% (m/m) = 0,277/0,400 \times 100 = 69,3\%$$

Grupos de trabalho (11ºB):

Turno 1

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV

Turno 2

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV

Grupos de trabalho (11ºC):

Turno 1

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV

Turno 2

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV

GRELHA DE OBSERVAÇÃO – 11 <sup>º</sup> B								
N <sup>º</sup>	Nome	Comportamento adequado	É cuidadoso no manuseamento de materiais e reagentes	Colabora com os membros do grupo	Efetua registos de forma organizada	Preparação do trabalho antes da aula	Autonomia na execução	Espírito de observação
2	Daniel							
3	Diogo Domingues							
4	Diogo Breda							
5	Duarte							
6	Felipe							
7	Filipe							
8	Francisca							
9	Gabriel							
10	Gonçalo							
11	Isis							
12	Joana							
13	João Marques							
14	João Pedro							
15	Jorge							
16	José							
17	Luisa							
18	Madalena							
19	Mafalda							
20	Manuel							
21	Maria Cirilo							
22	Maria Madalena							
23	Maria Vitória							
24	Martim							
25	Matilde							
26	Miguel							
27	Paulo							

GRELHA DE OBSERVAÇÃO – 11 <sup>º</sup> C								
N <sup>º</sup>	Nome	Comportamento adequado	É cuidadoso no manuseamento de materiais e reagentes	Colabora com os membros do grupo	Efetua registos de forma organizada	Preparação do trabalho antes da aula	Autonomia na execução	Espírito de observação
1	Ana							
3	João Brito							
4	João Gonçalves							
5	João Pedro							
6	Mafalda							
7	Manuel Vicente							
8	Manuel Reis							
9	Margarida Castro							
10	Margarida Bandeira							
11	Margarida Gingeira							
12	Maria Carolina							

13	Maria Eduarda							
15	Maria Inês							
16	Matilde							
17	Miguel Afonso							
18	Miguel Wasterlain							
19	Miguel Caridade							
21	Patrícia							
22	Rita							
24	Sofia							
25	Tiago							
26	Tomás Silva							
27	Tomás Barradas							
28	Yasmin							

Turma	Turno	Grupo	Outras observações
11 <sup>º</sup> B	1	I	
		II	
		III	
		IV	
	2	I	
		II	
		III	
		IV	
11 <sup>º</sup> C	1	I	
		II	
		III	
		IV	
	2	I	
		II	
		III	
		IV	

# Anexo XXIX – Desenvolvimento da aula 3 da Componente de Química



## 2.1 – Reações ácido-base

Aulas de regência 6/7 – 20/4/2018 (90 minutos)

### Sumário:

Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais:

- sal proveniente de ácido fraco e base forte;
- sal proveniente de ácido forte e base fraca;
- sal proveniente de ácido forte e base forte;
- sal proveniente de ácido fraco e base fraca.

### Questão motivadora:

- Como se avalia a acidez e basicidade de sais em solução aquosa?

Conteúdos subjacentes	Fazer notar que...
Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais <ul style="list-style-type: none"><li>• sal proveniente de ácido fraco e base forte</li><li>• sal proveniente de ácido forte e base fraca</li><li>• sal proveniente de ácido forte e base forte</li><li>• sal proveniente de ácido fraco e base fraca</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Os sais, quando dissolvidos em água, podem originar soluções neutras (<math>\text{pH}=7</math>, a <math>25^\circ\text{C}</math>), soluções ácidas (<math>\text{pH}&lt;7</math>, a <math>25^\circ\text{C}</math>) ou soluções básicas (<math>\text{pH}&gt;7</math>, a <math>25^\circ\text{C}</math>).</li><li>• Um sal resultante da adição de um ácido forte a uma base forte, em solução aquosa, origina uma solução neutra.</li><li>• Um sal resultante da adição de um ácido fraco a uma base forte, em solução aquosa, origina uma solução básica.</li><li>• Um sal resultante da adição de um ácido forte a uma base fraca, em solução aquosa, origina uma solução ácida.</li><li>• Um sal resultante da adição de um ácido fraco a uma base fraca, em solução aquosa, pode originar uma solução ácida, (se <math>k_a</math> (catião) <math>&gt;</math> <math>k_b</math> (anião)), básica (se <math>k_a</math> (catião) <math>&lt;</math> <math>k_b</math> (anião)) ou neutra (se <math>k_a</math> (catião) = <math>k_b</math> (anião)).</li></ul>
Conceitos-chave <ul style="list-style-type: none"><li>• Soluções aquosas de sais</li><li>• Ácido forte</li><li>• Base forte</li><li>• Ácido fraco</li><li>• Base fraca</li><li>• Solução neutra</li><li>• Solução básica</li><li>• Solução ácida</li></ul>	
Atividades propostas <ul style="list-style-type: none"><li>• Exploração de imagens</li><li>• Resolução de exercícios do PowerPoint</li><li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 134 e 135)</li></ul>	
Recursos de aula <ul style="list-style-type: none"><li>• Manual de Química</li><li>• PowerPoint 3 – “Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais”</li><li>• Exploração de imagens</li><li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 134 e 135)</li></ul>	

### Metas curriculares:

- ✓ Interpretar o caráter ácido, básico ou neutro de soluções aquosas de sais com base nos valores das constantes de acidez ou de basicidade dos iões do sal em solução.

### **DIAPOSITIVO 3** (10 minutos)

- **Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais**

Conhecer o efeito da dissolução de sais no pH de um meio reveste-se da maior importância, por exemplo, na compreensão da ação dos chamados sais de reidratação oral (SRO), que incluem os sais cloreto de sódio, cloreto de potássio, e citrato de sódio. Estes sais são utilizados em situações de intervenção humanitária, no tratamento da desidratação infantil.

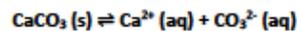
O caráter ácido, básico ou neutro de soluções aquosas de sais pode ser previsto e interpretado com base nos valores das constantes de acidez ou basicidade dos íons do sal em solução, ou seja, com base na extensão da reação desses íons com a água. Por exemplo, o cloreto de sódio e o cloreto de potássio não alteram o pH de uma solução; já o citrato de sódio origina soluções ligeiramente básicas.

Soluções aquosas de sais
O pH depende da extensão da reação dos íons do sal com a água.

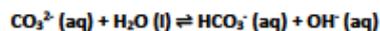
### **DIAPOSITIVO 4** (10 minutos)

- **Sal proveniente de um ácido fraco e base forte**

Os solos próximos de zonas calcárias são básicos, e o calcário é usado na correção do pH dos solos. O principal componente do calcário é carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , que é um sal. A sua dissociação em água é traduzida pela equação química:



A constante de basicidade do íon carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ , é  $k_b=2,1 \times 10^{-4}$ . Este valor é suficientemente elevado (superior a  $k_w$ ) para justificar que em solução aquosa  $\text{CO}_3^{2-}$  sofra hidrólise (isto é, reaja com a água) como base, de acordo com a equação química:



Esta hidrólise origina íons  $\text{OH}^-$ , responsáveis pela basicidade da solução aquosa de carbonato de cálcio.

O íon  $\text{Ca}^{2+}$ , por ser um íon muito estável, não reage com a água e, por isso, não contribui para alterar o valor do pH da solução.

### **DIAPOSITIVO 5** (10 minutos)

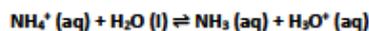
- **Sal proveniente de ácido forte e base fraca**

Também no tratamento de solos, para as diversas culturas, é essencial a correção do pH. É ainda necessária a adição de diversos nutrientes: por isso, os adubos contêm sais diversos, para que os solos possam ser enriquecidos com diferentes elementos metálicos e não metálicos.

Alguns adubos contêm nitrato de amónio,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , que é um sal. A sua dissociação representa-se pela equação química:



A constante de acidez do íon amónio,  $\text{NH}_4^+$ , é  $k_a=5,6 \times 10^{-10}$ , superior a  $k_w$ . Por isso, uma vez em solução aquosa,  $\text{NH}_4^+$  sofre hidrólise como ácido, de acordo com a equação química:



Esta hidrólise origina iões  $H_3O^+$  responsáveis pela acidez da solução aquosa de nitrato de amónio.

Já o ião nitrato,  $NO_3^-$ , par conjugado de  $HNO_3$ , um ácido muito forte, é uma base muito fraca,  $k_b=10^{-17}$ , mais fraca do que a própria água ( $k_w=10^{-14}$ ). Por isso, não reage com a água e não contribui para mudar o pH da solução.

#### **DIAPOSITIVO 6** (10 minutos)

- Sal proveniente de ácido forte e base forte

No caso de sais formados por iões que não sofrem hidrólise, como, por exemplo, o cloreto de sódio,  $NaCl$ , e o nitrato de potássio,  $KNO_3$ , as soluções aquosas são neutras.

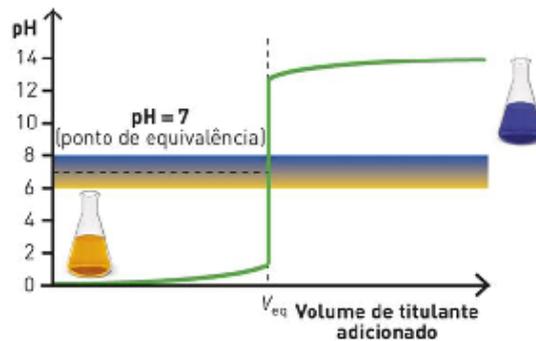


Figura 1 – Sal proveniente de um ácido forte e de uma base forte, a 25°C.

#### **DIAPOSITIVO 7** (10 minutos)

- Sal proveniente de ácido fraco e base fraca

As soluções de sais também são neutras quando ambos os iões do sal reagem com a água em igual extensão, como sucede nas soluções de acetato de amónio,  $NH_4CH_3COO$ . As constantes de basicidade e de acidez dos respetivos iões são iguais,  $k_b(CH_3COO^-)=5,6 \times 10^{-10}$  e  $k_a(NH_4^+)=5,6 \times 10^{-10}$ . Ambos os iões reagem com a água originando iguais quantidades de matéria de iões  $H_3O^+$  e  $OH^-$ , que se neutralizam originando água.

#### **DIAPOSITIVO 8** (10 minutos)

- Sal proveniente de ácido fraco e base fraca (cont.)

O sal resultante da adição de um ácido fraco a uma base fraca, em solução aquosa, pode originar uma:

- solução ácida, se  $k_a$  (catião) >  $k_b$  (anião);
- solução básica, se  $k_a$  (catião) <  $k_b$  (anião);
- solução neutra, se  $k_a$  (catião) =  $k_b$  (anião).

Conclui-se então que a extensão das reações dos iões do sal com a água, com a consequente formação de iões  $OH^-$  e  $H_3O^+$ , determina o carácter ácido ou básico das soluções aquosas de sais.

**DIAPOSTIVO 9** (10 minutos)

- Exercício de aplicação

Com base nos valores de  $k_b$  ou  $k_a$  a 25°C dos íons de não metais, preveja o efeito no pH de um meio aquoso quando se adiciona um dos seguintes sais: cloreto de potássio, KCl, citrato de sódio,  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ , e cloreto de amônio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

$$k_b(\text{Cl}^-)=10^{-21}, k_b(\text{ião citrato})=2,5 \times 10^{-8}, k_a(\text{NH}_4^+)=5,6 \times 10^{-10} \text{ e } k_w=10^{-14}.$$

**Soluções:**

- A adição de KCl não altera o pH do meio:  $\text{Cl}^-$  não reage com a água, pois é uma base mais fraca,  $k_b \ll k_w$ .
- A adição  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  faz aumentar o pH do meio, pois o íon citrato é uma base mais forte do que a água ( $k_b > k_w$ ), reagindo como base e provocando um aumento da concentração de  $\text{OH}^-$ .
- A adição de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  provoca uma diminuição do pH do meio, pois o íon amônio reage como ácido ( $k_a > k_w$ ), fazendo aumentar a concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

## Anexo XXX – Apresentação da aula 3 da Componente de Química

# Reações ácido-base

## Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais

Física e Química A – 2017/2018

11º Ano

20/4/2018

2

## Sumário

Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais:

- sal proveniente de ácido fraco e base forte;
- sal proveniente de ácido forte e base fraca;
- sal proveniente de ácido forte e base forte;
- sal proveniente de ácido fraco e base fraca.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

3

## Acidez e basicidade em soluções aquosas de sais

O carácter ácido, básico ou neutro de soluções aquosas de sais pode ser previsto e interpretado com base nos valores das constantes de acidez ou basicidade dos iões do sal em solução, ou seja, com base na extensão da reacção desses iões com a água.

### Soluções aquosas de sais

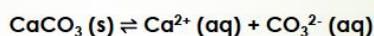
O pH depende da extensão da reacção dos iões do sal com a água.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

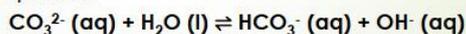
4

## Sal proveniente de ácido fraco e base forte

Os solos próximos de zonas calcárias são básicos, e o calcário é usado na correção do pH dos solos. O principal componente do calcário é carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , que é um sal. A sua dissociação em água é traduzida pela equação química:



A constante de basicidade do ião carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ , é  $k_b = 2,1 \times 10^{-4}$ . Este valor é suficientemente elevado (superior a  $k_w$ ) para justificar que em solução aquosa  $\text{CO}_3^{2-}$  sofra hidrólise (isto é, reaja com a água) como base, de acordo com a equação química:



Esta hidrólise origina iões  $\text{OH}^-$ , responsáveis pela **basicidade da solução aquosa de carbonato de cálcio**.

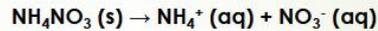
O ião  $\text{Ca}^{2+}$ , por ser um ião muito estável, não reage com a água e, por isso, não contribui para alterar o valor do pH da solução.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

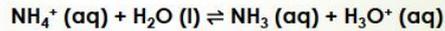
5

## Sal proveniente de ácido forte e base fraca

Alguns adubos contêm nitrato de amônio,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , que é um sal. A sua dissociação representa-se pela equação química:



A constante de acidez do ião amônio,  $\text{NH}_4^+$ , é  $k_a = 5,6 \times 10^{-10}$ , superior a  $k_w$ . Por isso, uma vez em solução aquosa,  $\text{NH}_4^+$  sofre hidrólise como ácido, de acordo com a equação química:



Esta hidrólise origina iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  responsáveis pela **acidez da solução aquosa de nitrato de amônio**.

Já o ião nitrato,  $\text{NO}_3^-$ , par conjugado de  $\text{HNO}_3$ , um ácido muito forte, é uma base muito fraca,  $k_b = 10^{-17}$ , mais fraca do que a própria água ( $k_w = 10^{-14}$ ). Por isso, não reage com a água e não contribui para mudar o pH da solução.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

6

## Sal proveniente de ácido forte e base forte

No caso de sais formados por iões que não sofrem hidrólise, como, por exemplo, o cloreto de sódio,  $\text{NaCl}$ , e o nitrato de potássio,  $\text{KNO}_3$ , as soluções aquosas são **neutras**.

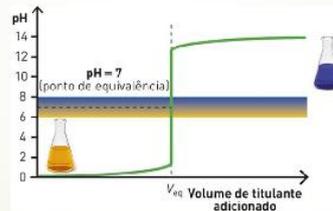


Figura 1 – Sal proveniente de um ácido forte e de uma base forte, a 25°C.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

7

## Sal proveniente de ácido fraco e base fraca

As soluções de sais também são neutras quando ambos os iões do sal reagem com a água em igual extensão, como sucede nas soluções de acetato de amónio,  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ .

$$k_b(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 5,6 \times 10^{-10} \text{ e } k_a(\text{NH}_4^+) = 5,6 \times 10^{-10}$$

Ambos os iões reagem com a água originando iguais quantidades de matéria de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$ , que se neutralizam originando água.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

8

## Sal proveniente de ácido fraco e base fraca (cont.)

O sal resultante da adição de um ácido fraco a uma base fraca, em solução aquosa, pode originar uma:

- **solução ácida**, se  $k_a$  (catião)  $>$   $k_b$  (anião);
- **solução básica**, se  $k_a$  (catião)  $<$   $k_b$  (anião);
- **solução neutra**, se  $k_a$  (catião)  $=$   $k_b$  (anião).

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Exercício de aplicação

Com base nos valores de  $k_b$  ou  $k_a$  a 25°C dos íons de não metais, preveja o efeito no pH de um meio aquoso quando se adiciona um dos seguintes sais: cloreto de potássio, KCl, citrato de sódio,  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ , e cloreto de amônio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

$$k_b(\text{Cl}^-)=10^{-21}, k_b(\text{ião citrato})=2,5 \times 10^{-8}, k_a(\text{NH}_4^+)=5,6 \times 10^{-10} \text{ e } k_w=10^{-14}.$$

### Soluções:

- A adição de KCl não altera o pH do meio:  $\text{Cl}^-$  não reage com a água, pois é uma base mais fraca,  $k_b \ll k_w$ .
- A adição  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  faz aumentar o pH do meio, pois o íon citrato é uma base mais forte do que a água ( $k_b > k_w$ ), reagindo como base e provocando um aumento da concentração de  $\text{OH}^-$ .
- A adição de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  provoca uma diminuição do pH do meio, pois o íon amônio reage como ácido ( $k_a > k_w$ ), fazendo aumentar a concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

# Anexo XXXI – Desenvolvimento da aula 4 da Componente de Química



## 2.1 – Reações ácido-base

### Aulas de regência 8/9 – 23/4/2018 (90 minutos)

#### Sumário:

#### Aspetos ambientais das reações ácido-base:

- acidez da água da chuva;
- poluentes atmosféricos e chuva ácida;
- redução da emissão de poluentes atmosféricos.

#### Questões motivadoras:

- A que se deve e como se forma a chuva ácida?
- Como reduzir a acidez da chuva?

Conteúdos subjacentes	Fazer notar que...
Aspetos ambientais das reações ácido-base <ul style="list-style-type: none"> <li>• acidez da água da chuva</li> <li>• poluentes atmosféricos e chuva ácida</li> <li>• redução da emissão de poluentes atmosféricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A acidez da chuva normal resulta da dissolução do dióxido de carbono, presente na atmosfera, de acordo com a seguinte equação química: <math>\text{CO}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 (\text{aq})</math> e <math>\text{CO}_2 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 (\text{aq})</math>.</li> <li>• A formação de chuvas ácidas deve-se à presença de poluentes atmosféricos – óxidos de enxofre e de nitrogénio, <math>\text{SO}_x</math> e <math>\text{NO}_x</math> -, que, reagindo com a água na atmosfera, originam os ácidos <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>, <math>\text{H}_2\text{SO}_3</math>, <math>\text{HNO}_3</math> e <math>\text{HNO}_2</math>.</li> <li>• A destruição de construções de calcário e de mármore (constituídas principalmente por carbonato de cálcio), provocada pelas chuvas ácidas, é descrita pela seguinte equação química: <math>\text{CaCO}_3 (\text{s}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{Ca}^{2+} (\text{aq})</math>.</li> <li>• O uso de catalisadores nos veículos motorizados, a adição de peróxido de hidrogénio às substâncias que contêm nitrogénio e enxofre e a adição de cal em fornos onde se queimam combustíveis são possíveis processos de eliminação dos poluentes <math>\text{NO}_x</math> e <math>\text{SO}_x</math> da atmosfera.</li> </ul>
Conceitos-chave <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidez da chuva normal</li> <li>• Chuvas ácidas</li> <li>• Processos de eliminação dos poluentes <math>\text{NO}_x</math> e <math>\text{SO}_x</math></li> </ul>	
Atividades propostas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Resolução de exercícios do PowerPoint</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 139 e 140)</li> </ul>	
Recursos de aula <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Química</li> <li>• PowerPoint 4 – “Aspetos ambientais das reações ácido-base”</li> <li>• Exploração de imagens</li> <li>• Resolução de exercícios do manual (pág. 139 e 140)</li> </ul>	

#### Metas curriculares:

- ✓ Interpretar a acidez da chuva normal com base na dissolução do dióxido de carbono presente na atmosfera.
- ✓ Interpretar a formação de chuvas ácidas devido à presença de poluentes na atmosfera ( $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ), assim como processos de eliminação destes poluentes, com base nas correspondentes reações químicas.
- ✓ Explicar as consequências das chuvas ácidas sobre construções de calcário e mármore, interpretando as equações químicas correspondentes.

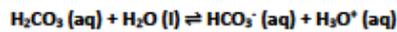
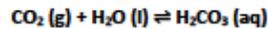
1

Ano letivo 2017/2018

### **DIAPOSITIVO 3** (6 minutos)

- Acidez da água da chuva

Durante a precipitação, a água da chuva dissolve gases da atmosfera. Um dos gases, o dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, é responsável pela ligeira acidez da água da chuva em ambientes não poluídos. A dissolução deste gás origina ácido carbónico, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, um ácido fraco que, por sua vez, se ioniza:



Em locais afastados da civilização, e onde não haja atividade vulcânica, a água da chuva tem um pH de cerca de 5,6. É uma água ligeiramente ácida devido à dissolução de CO<sub>2</sub>.

### **DIAPOSITIVO 4** (6 minutos)

- Poluentes atmosféricos e chuva ácida

Foi em 1872, em plena Revolução Industrial, que Robert A. Smith, químico escocês e pioneiro na investigação de questões ambientais, introduziu a expressão “chuva ácida”.

A água da chuva, a que chamamos “normal” para a melhor diferenciarmos da chamada “chuva ácida”, é ligeiramente ácida, com pH de aproximadamente 5,6.

Sabe-se que a chuva, em zonas onde a atividade vulcânica seja intensa, tem um pH inferior a 5,6, o mesmo se verificando em zonas de grande atividade industrial e tráfego rodoviário. É a esta chuva, com pH inferior a 5,6, à temperatura de 25°C, que se chama chuva ácida.

O processamento de combustíveis fósseis e as erupções vulcânicas são responsáveis pela formação de óxidos de nitrogénio, NO<sub>x</sub>, e de enxofre, SO<sub>x</sub> (Tabela 1).

### **DIAPOSITIVO 5** (6 minutos)

- Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

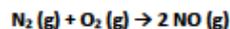
Tabela 1 – Óxidos de enxofre e de nitrogénio.

	Fórmula	Nome
SO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Dióxido de enxofre
	SO <sub>3</sub>	Trióxido de enxofre
NO <sub>x</sub>	NO	Monóxido de nitrogénio
	NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrogénio

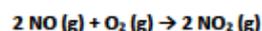
### **DIAPOSITIVO 6** (6 minutos)

- Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

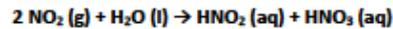
A altas temperaturas atingidas nos sistemas de combustão, em certas indústrias e nos meios de transporte que usam combustíveis fósseis, favorecem a formação de monóxido de nitrogénio, NO:



Numa atmosfera rica em oxigénio, O<sub>2</sub>, o NO rapidamente se transforma num gás castanho-avermelhado, de dióxido de nitrogénio, NO<sub>2</sub>:



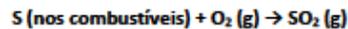
O NO<sub>2</sub> formado reage com a água presente na atmosfera, dando origem ao ácido nitroso, HNO<sub>2</sub>, e ao ácido nítrico, HNO<sub>3</sub> (um ácido forte):



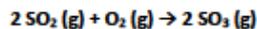
**DIAPOSITIVO 7** (6 minutos)

- Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

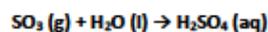
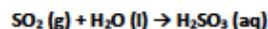
Quando queimado, o enxofre, S, contido nos combustíveis fósseis origina dióxido de enxofre, SO<sub>2</sub>:



Na presença de O<sub>2</sub>, o SO<sub>2</sub>, converte-se em trióxido de enxofre, SO<sub>3</sub>:



Os óxidos SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>, na presença de água, originam ácido sulfuroso, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, e ácido sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (um ácido forte):



**DIAPOSITIVO 8** (6 minutos)

- Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

Tabela 2 – Caráter ácido-base da água da chuva e principais gases responsáveis pela sua acidez.

Água	Caráter ácido-base	Devido à dissolução de
Pura	Neutra	
Chuva normal	Ligeiramente ácida, pH≈5,6	CO <sub>2</sub>
Chuva ácida	Ácida, pH < 5,6	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub>

**DIAPOSITIVO 9** (6 minutos)

- Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

As bancadas de mármore, usadas em cozinhas, vão perdendo polimento e ficando rugosas devido ao contacto com alimentos ácidos, como o vinagre, que as vão degradando. O vinagre e a chuva ácida têm acidez semelhante.

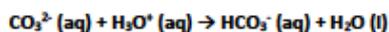
Em Portugal abundam o calcário e o mármore, pelo que muitas construções são feitas com estes recursos naturais. É o caso de grande parte do património português edificado, que inclui monumentos como os mosteiros da Batalha e dos Jerónimos. O calcário e o mármore são essencialmente formados por carbonato de cálcio, CaCO<sub>3</sub>, uma substância iónica constituída por Ca<sup>2+</sup> e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

A degradação desses monumentos pode ser explicada pelo efeito da chuva ácida sobre o CaCO<sub>3</sub>:



Como se pode ver, ocorre dissolução de CaCO<sub>3</sub> com libertação de dióxido de carbono. Trata-se efetivamente de uma reação entre a chuva ácida, aqui representada pelo ião H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, e uma base, o ião carbonato, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

De facto, o ião carbonato, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> comporta-se como uma base de Brønsted e Lowry e a reação com H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> pode representar-se, de forma a explicitar esse comportamento, através da equação:



**DIAPOSITIVO 10** (6 minutos)

- Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

<b>CO<sub>2</sub></b>
É responsável pela ligeira acidez da água da chuva.

<b>NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub></b>
São óxidos que originam chuva ácida.

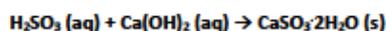
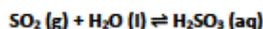
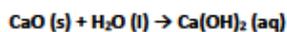
**DIAPOSITIVO 11** (6 minutos)

- Redução da emissão de poluentes atmosféricos

Conhecidas causas e consequências a poluição atmosférica, é importante minimizar a libertação dos gases poluentes para a atmosfera.

Na indústria, uma das formas de redução dos níveis de SO<sub>2</sub> consiste em conduzir esse gás através de torres de tratamento onde se faz passar um chuveiro de água sobre óxido de cálcio, CaO.

A água reage com o CaO formando uma base, o hidróxido de cálcio, Ca(OH)<sub>2</sub>. O Ca(OH)<sub>2</sub>, ao reagir com H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, resultante da reação de SO<sub>2</sub> com a água, forma sulfito de cálcio di-hidratado, CaSO<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O:



Repare-se que a última equação química mostra tratar-se de uma reação entre um ácido e uma base, ou seja, uma reação de neutralização.

**DIAPOSITIVO 12** (6 minutos)

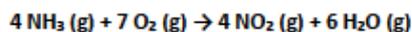
- Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

Nos veículos automóveis utilizam-se catalisadores nos tubos de escape. Estes facilitam a reação entre óxidos de nitrogénio, NO<sub>x</sub>, monóxido de carbono, CO, e combustível por queimar (genericamente hidrocarbonetos, simbolizados por HC), transformando-os em substâncias não poluentes: dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, água, H<sub>2</sub>O, e nitrogénio, N<sub>2</sub>.

**DIAPOSITIVO 13** (6 minutos)

- Exercício de aplicação

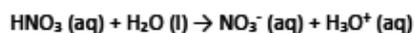
O amoníaco, NH<sub>3</sub>, é amplamente usado como matéria-prima na indústria química. Quando libertado para a atmosfera, pode reagir com o oxigénio do ar, originando dióxido de nitrogénio, NO<sub>2</sub>, e água:



Justifica que o amoníaco possa contribuir para a formação de chuvas ácidas. Inclua na sua resposta equações químicas.

**Resolução:**

Na reação descrita forma-se  $\text{NO}_2$ , que reage com a água da atmosfera originando, por exemplo,  $\text{HNO}_3$ , um ácido forte. Este ácido ioniza-se, originando  $\text{H}_3\text{O}^+$ :



A  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  aumenta e a água torna-se mais ácida do que a chuva normal (já ligeiramente ácida devido à dissolução de  $\text{CO}_2$ , o que origina ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , um ácido fraco).

## Anexo XXXII – Apresentação da aula 4 da Componente de Química



ESCOLA SECUNDÁRIA INÊS DE CASTRO

# Reações ácido-base

## Aspetos ambientais das reações ácido-base

Física e Química A – 2017/2018

11º Ano

23/4/2018

2

## Sumário

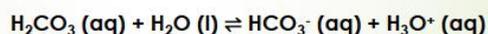
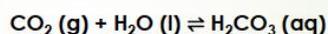
Aspetos ambientais das reações ácido-base:

- acidez da água da chuva;
- poluentes atmosféricos e chuva ácida;
- redução da emissão de poluentes atmosféricos.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

3

## Acidez da água da chuva



Em locais afastados da civilização, e onde não haja atividade vulcânica, a água da chuva tem um pH de cerca de 5,6. É uma água ligeiramente ácida devido à dissolução de  $\text{CO}_2$ .

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

4

## Poluentes atmosféricos e chuva ácida

- Sabe-se que a chuva, em zonas onde a atividade vulcânica seja intensa, tem um pH inferior a 5,6, o mesmo se verificando em zonas de grande atividade industrial e tráfego rodoviário. É a esta chuva, com pH inferior a 5,6, à temperatura de 25°C, que se chama chuva ácida.
- O processamento de **combustíveis fósseis** e as **erupções vulcânicas** são responsáveis pela **formação de óxidos de nitrogénio,  $\text{NO}_x$ , e de enxofre,  $\text{SO}_x$**  (Tabela 1).

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

5

## Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

Tabela 1 – Óxidos de enxofre e de nitrogénio.

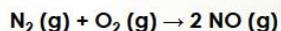
	Fórmula	Nome
SO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Dióxido de enxofre
	SO <sub>3</sub>	Trióxido de enxofre
NO <sub>x</sub>	NO	Monóxido de nitrogénio
	NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrogénio

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

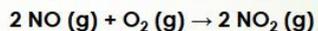
6

## Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

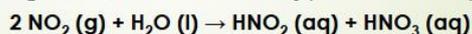
A altas temperaturas atingidas nos sistemas de combustão, em certas indústrias e nos meios de transporte que usam combustíveis fósseis, favorecem a formação de monóxido de nitrogénio, NO:



Numa atmosfera rica em oxigénio, O<sub>2</sub>, o NO rapidamente se transforma num gás castanho-avermelhado, de dióxido de nitrogénio, NO<sub>2</sub>:



O NO<sub>2</sub> formado reage com a água presente na atmosfera, dando origem ao ácido nitroso, HNO<sub>2</sub>, e ao ácido nítrico, HNO<sub>3</sub> (um ácido forte):

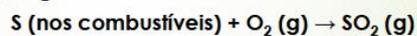


Reações ácido-base: Titulação ácido-base

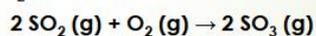
7

## Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

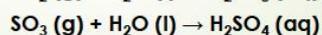
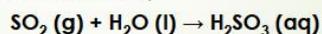
Quando queimado, o enxofre, S, contido nos combustíveis fósseis origina dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ :



Na presença de  $\text{O}_2$ , o  $\text{SO}_2$ , converte-se em trióxido de enxofre,  $\text{SO}_3$ :



Os óxidos  $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ , na presença de água, originam ácido sulfuroso,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , e ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (um ácido forte):



Reações ácido-base: Titulação ácido-base

8

## Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

**Tabela 2** – Caráter ácido-base da água da chuva e principais gases responsáveis pela sua acidez.

Água	Caráter ácido-base	Devido à dissolução de
Pura	Neutra	-----
Chuva normal	Ligeiramente ácida, pH≈5,6	$\text{CO}_2$
Chuva ácida	Ácida, pH < 5,6	$\text{NO}_2$ , $\text{SO}_2$ e $\text{SO}_3$

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)

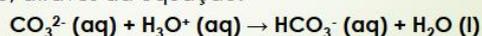
Em Portugal abundam o **calcário** e o **mármore**, pelo que muitas construções são feitas com estes recursos naturais. É o caso de grande parte do património português edificado, que inclui monumentos como os **mosteiros da Batalha e dos Jerónimos**. O calcário e o mármore são essencialmente formados por **carbonato de cálcio**,  $\text{CaCO}_3$ , uma substância iónica constituída por  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ .

A degradação desses monumentos pode ser explicada pelo efeito da chuva ácida sobre o  $\text{CaCO}_3$ :



Como se pode ver, ocorre dissolução de  $\text{CaCO}_3$  com libertação de dióxido de carbono. Trata-se efetivamente de uma reação entre a chuva ácida, aqui representada pelo ião  $\text{H}_3\text{O}^+$ , e uma base, o ião carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ .

De facto, o ião carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$  comporta-se como uma base de Brønsted e Lowry e a reação com  $\text{H}_3\text{O}^+$  pode representar-se, de forma a explicitar esse comportamento, através da equação:



Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Poluentes atmosféricos e chuva ácida (cont.)



É responsável pela ligeira acidez da água da chuva.



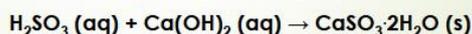
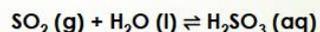
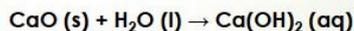
São óxidos que originam chuva ácida.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Redução da emissão de poluentes atmosféricos

Na indústria, uma das formas de redução dos níveis de  $\text{SO}_2$  consiste em conduzir esse gás através de torres de tratamento onde se faz passar um chuveiro de água sobre óxido de cálcio,  $\text{CaO}$ .

A água reage com o  $\text{CaO}$  formando uma base, o hidróxido de cálcio,  $\text{Ca(OH)}_2$ . O  $\text{Ca(OH)}_2$ , ao reagir com  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , resultante da reação de  $\text{SO}_2$  com a água, forma sulfito de cálcio di-hidratado,  $\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :



Repare-se que a última equação química mostra tratar-se de uma reação entre um ácido e uma base, ou seja, uma reação de neutralização.

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

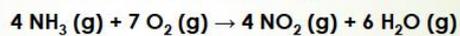
## Redução da emissão de poluentes atmosféricos (cont.)

- Nos veículos automóveis utilizam-se catalisadores nos tubos de escape. Estes facilitam a reação entre óxidos de nitrogênio,  $\text{NO}_x$ , monóxido de carbono,  $\text{CO}$ , e combustível por queimar (genericamente hidrocarbonetos, simbolizados por  $\text{HC}$ ), transformando-os em substâncias não poluentes: dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , água,  $\text{H}_2\text{O}$ , e nitrogênio,  $\text{N}_2$ .

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

## Exercício de aplicação

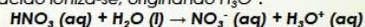
O amoníaco,  $\text{NH}_3$ , é amplamente usado como matéria-prima na indústria química. Quando libertado para a atmosfera, pode reagir com o oxigénio do ar, originando dióxido de nitrogénio,  $\text{NO}_2$ , e água:



Justifica que o amoníaco possa contribuir para a formação de chuvas ácidas. Inclua na sua resposta equações químicas.

**Resolução:**

Na reação descrita forma-se  $\text{NO}_2$ , que reage com a água da atmosfera originando, por exemplo,  $\text{HNO}_3$ , um ácido forte. Este ácido ioniza-se, originando  $\text{H}_3\text{O}^+$ :



A  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  aumenta e a água torna-se mais ácida do que a chuva normal (já ligeiramente ácida devido à dissolução de  $\text{CO}_2$ , o que origina ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , um ácido fraco).

Reações ácido-base: Titulação ácido-base

# Anexo XXXIII – Desenvolvimento da aula 5 da Componente de Química (Ficha de exercícios)



Física e Química A

11º Ano

## 2.1 – Reações ácido-base

Aulas de regência 10/11/12 – Ficha de exercícios

24/4/2018 (135 minutos)

1. Considere o seguinte texto.

Há muito tempo que os químicos se preocupam em perceber a razão pela qual algumas substâncias, em solução aquosa, possuem a propriedade de, por exemplo, apresentarem um sabor azedo, dissolverem o mármore, reagirem com metais, como o zinco, libertando di-hidrogénio, e ainda possuírem a propriedade de tornar vermelha a cor de determinados pigmentos vegetais azuis. Por outro lado, existe outro conjunto de materiais que, em solução aquosa, possuem um sabor amargo, são escorregadios ao tato e são capazes de devolver a cor azul a pigmentos vegetais previamente avermelhados por adição de um ácido. São exemplo destes materiais as cinzas e os sabões.

Arrhenius, em 1887, apresentou uma explicação teórica para a definição de ácido e de base, mas foi Brønsted e Lowry, em 1923, que propuseram uma definição de ácido e de base mais abrangente.

1.1. Selecione a opção que contém os termos que completam corretamente a frase seguinte.

Segundo a teoria de Arrhenius, \_\_\_\_\_ é toda a substância que em solução aquosa origina

(A) ... ácido... iões  $H^+$

(B) ... base... iões  $H^+$

(C) ... ácido... iões  $OH^-$

(D) ... base... iões  $OH^-$

1.2. Das seguintes afirmações, relativas ao amoníaco,  $NH_3$ , e ao hidróxido de sódio,  $NaOH$ , selecione a verdadeira.

(A)  $NH_3$  é uma base segundo a teoria de Arrhenius.

(B)  $NH_3$  e  $NaOH$  são bases segundo Arrhenius e segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

(C)  $NH_3$  e  $NaOH$  apenas são bases segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

(D)  $NH_3$  apenas é uma base segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

2. O valor do pH de uma solução aquosa depende da concentração em iões hidrónio,  $H_3O^+$ . Considere 500 mL de uma solução aquosa de um detergente amoniacal, cujo valor de pH é 11,3 ( $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$ , a 25 °C).



Figura 1

2.1. Selecione a opção que contém a expressão que permite determinar o valor da concentração em íons hidrônio.

- (A)  $[H_3O^+] = 11,3 \text{ mol dm}^{-3}$
- (C)  $[H_3O^+] = 10^{-11,3} \text{ mol dm}^{-3}$
- (B)  $[H_3O^+] = 10^{11,3} \text{ mol dm}^{-3}$
- (D)  $[H_3O^+] = -\log(11,3) \text{ mol dm}^{-3}$

2.2. Determine o valor da concentração em íons hidróxido,  $OH^-$ , à temperatura considerada. Apresente o resultado com um número correto de algarismos significativos.

2.3. Um outro detergente aplicado na lavagem de loiça apresenta um valor de pH igual a 7,00, à temperatura de 25 °C.  
Das seguintes afirmações, selecione a correta.

- (A) O detergente da loiça possui maior acidez do que o detergente amoniacal.
- (B) O detergente da loiça possui maior alcalinidade do que o detergente amoniacal.
- (C) Os dois detergentes possuem carácter químico semelhante.
- (D) O detergente da loiça tem carácter ácido e o detergente amoniacal tem carácter básico.

2.4. Considere a mistura de iguais volumes de duas soluções de ambos os detergentes sem que exista qualquer reação entre eles.  
Selecione a opção que contém os termos que completam corretamente a frase.

O valor do pH da mistura assume um valor...

- (A) ... maior do que 11,3.
- (B) ... menor do que 7,00.
- (C) ... compreendido entre 7,00 e 11,3.
- (D) ... impossível de prever.

2.5. Selecione a opção que completa corretamente a frase.

Atendendo a que a autoionização da água é um processo endotérmico, o valor do pH da água, a 100 °C, é...

- (A) ... igual 7,0.
- (B) ... maior que 7,0.
- (C) ... menor que 7,0.
- (D) ... imprevisível.

3. A autoionização da água, também designada de autoprotólise, é um processo endotérmico. Considere os valores da constante de autoprotólise da água, referentes a três temperaturas distintas.

$$K_{w1}=7,0 \times 10^{-15}; K_{w2}=1,0 \times 10^{-14}; K_{w3}=3,0 \times 10^{-14}$$

3.1. Escreva a expressão da constante de autoprotólise da água.

3.2. Selecione a opção que contém, por ordem sequencial, os valores da temperatura correspondentes aos valores de  $k_w$  apresentados.

- (A) 20°C ; 40°C ; 25°C
- (B) 25°C ; 40°C ; 20°C
- (C) 40°C ; 20°C ; 25°C
- (D) 20°C ; 25°C ; 40°C

3.3. Calcule o valor do pH da água à temperatura a que  $K_w = 3,0 \times 10^{-14}$ .

4. O ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , é um ácido fraco que se pode encontrar no vinagre. Considere uma solução aquosa deste ácido, de concentração  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$  ( $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \times 10^{-5}$ , a 25 °C).



Figura 2

4.1. Escreva a equação química que traduz a ionização do ácido acético.

4.2. Selecione a opção que contém a expressão que permite calcular o valor da constante de acidez.

- (A)  $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_e + [\text{H}_3\text{O}^+]_e}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_e}$
- (B)  $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_e + [\text{H}_3\text{O}^+]_e}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_e}$
- (C)  $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_e}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_e + [\text{H}_3\text{O}^+]_e}$
- (D)  $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_e}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_e + [\text{H}_3\text{O}^+]_e}$

4.3. Determine o grau de ionização do ácido acético, à temperatura de 25 °C.

4.4. Selecione a opção que indica os pares conjugados ácido-base.

- (A)  $\text{CH}_3\text{COO}^-/\text{CH}_3\text{COOH}$  e  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$
- (B)  $\text{CH}_3\text{COO}^-/\text{CH}_3\text{COOH}$  e  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_3\text{O}^+$
- (C)  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$  e  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$
- (D)  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$  e  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_3\text{O}^+$

4.5. Calcule o valor da constante de ionização ( $K_b$ ) do ião acetato,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , à temperatura considerada.

5. O ácido clorídrico,  $\text{HCl}$ , é obtido pela queima de dicloro e di-hidrogénio, que depois de absorvido em água, origina uma solução fortemente ácida, cuja constante de equilíbrio, a  $25^\circ\text{C}$ , tem o valor de  $1,3 \times 10^6$ .



$$c = 0,061 \text{ mol dm}^{-3}$$

Figura 3

5.1. Selecione a opção que contém os termos que completam corretamente a frase seguinte.

facto de o ácido clorídrico possuir um elevado valor de  $K_a$  significa que...

- (A) ... se trata de um ácido fraco.
- (B) ... a reação de ionização é muito rápida.
- (C) ... é elevada a extensão da reação inversa.
- (D) ... a reação direta é muito mais extensa do que a reação inversa.

5.2. Determine o valor do pH de uma solução de  $\text{HCl}$  de concentração  $0,061 \text{ mol dm}^{-3}$ .

5.3. Considere uma solução de ácido fórmico,  $\text{HCOOH}$ , de concentração e volume iguais aos da solução de ácido clorídrico. Sabendo que, no estado de equilíbrio, a concentração de  $\text{HCOOH}$  é de  $5,78 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ , determine o valor do pH quando se estabelece o equilíbrio químico.

6. Com o objetivo de determinar a concentração de uma solução aquosa de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$ , de volume  $50,0 \text{ mL}$ , um grupo de alunos realizou uma titulação ácido-base, utilizando, como titulante, a solução aquosa de ácido clorídrico,  $\text{HCl}$ , de concentração  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ . Até atingir o ponto de equivalência, verificaram ter-se consumido  $10,0 \text{ mL}$  de titulante. Para a realização da atividade, os alunos procederam à montagem, conforme mostra a figura 4.

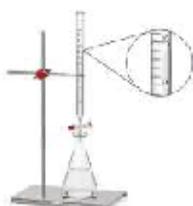


Figura 4

6.1. Selecione a opção que identifica o tipo de titulação.

- (A) Titulação ácido forte-base forte.
- (B) Titulação ácido forte-base fraca.
- (C) Titulação base forte-ácido forte.
- (D) Titulação ácido fraco-base forte.

6.2. Apresente corretamente o resultado da medida do volume de titulante no ponto de equivalência.

6.3. Determine o valor da concentração da solução de hidróxido de sódio obtida experimentalmente pelos alunos.

7. Titulou-se uma solução contendo 0,328 g de um ácido monoprótico forte com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH (aq), de concentração  $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$ . O volume de NaOH (aq) gasto até ao ponto de equivalência da titulação foi  $16,40 \text{ cm}^3$ . Determine a massa molar do ácido monopróticos. Apresente todas as etapas de resolução.

### Soluções:

1.1.(A). Segundo a teoria de Arrhenius, ácido é toda a substância que, sendo constituída por átomos de hidrogénio, em solução aquosa ioniza-se, originando iões  $H^+$ .

1.2.(D). O amoníaco é uma base segundo a teoria de Brønsted-Lowry pois é capaz de captar um protão  $H^+$ , cedido por um ácido.

2.1. (C).  $pH = -\log[H_3O^+]_e \Leftrightarrow [H_3O^+]_e = 10^{-pH} \Leftrightarrow [H_3O^+]_e = 10^{-11,3} \text{ mol dm}^{-3}$

2.2.  $pH = 11,3 \Leftrightarrow [H_3O^+]_e = 10^{-11,3} \text{ mol dm}^{-3}$

$$K_w = [H_3O^+]_e \times [OH^-]_e \Leftrightarrow 1,0 \times 10^{-14} = 10^{-11,3} \times [OH^-]_e \Leftrightarrow [OH^-]_e = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{10^{-11,3}} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

2.3. (A). O detergente amoniacal possui um  $pH = 11,3$ . Uma solução é tanto mais ácida quanto mais baixo for o valor do  $pH$  da solução. Assim, o detergente da loiça possui maior acidez que o detergente amoniacal.

2.4. (C). À temperatura considerada, a solução do detergente da loiça é neutra e a solução do detergente amoniacal, é alcalina. O caráter químico da solução que resulta dos dois volumes das duas soluções resulta do efeito da quantidade de iões  $OH^-$  em excesso que existe na solução do detergente amoniacal. Em consequência da mistura das duas soluções, o volume aumenta, pelo que a concentração de iões  $OH^-$  diminui. Assim, o valor de  $pH$  da mistura assume um valor compreendido entre 7,00 e 11,3.

2.5. (C) Sendo a autoprotólise da água um processo endotérmico, para temperaturas mais elevadas, o valor da concentração de  $H_3O^+$  aumenta, pelo que o valor do  $pH$  da água diminui. Assim, o valor do  $pH$  da água a  $100^\circ C$  é menor que 7,0.

3.1.  $K_w = [H_3O^+]_e \times [OH^-]_e$

3.2. (D). Atendendo a que a autoprotólise da água é um processo endotérmico, um aumento da temperatura favorece a reação da autoprotólise da água. Assim, com o aumento da temperatura verifica-se um aumento do valor da constante de autoprotólise.

3.3.  $K_w = [H_3O^+]_e \times [OH^-]_e$

$$k_w = 3,0 \times 10^{-14}$$

mas para a água pura  $[H_3O^+]_e = [OH^-]_e$

$$K_w = [H_3O^+]_e^2$$

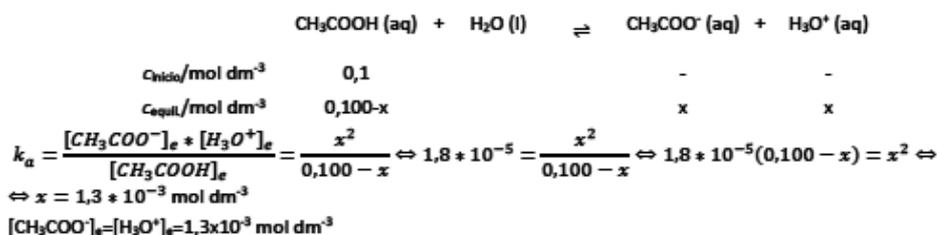
$$3,0 \times 10^{-14} = [H_3O^+]_e^2 \Leftrightarrow [H_3O^+]_e = \sqrt{3,0 \times 10^{-14}} = 1,7 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$pH = -\log[H_3O^+]_e = -\log(1,7 \times 10^{-7}) = 6,8$$

4.1.  $CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

4.2. (B).

4.3.



$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_e = 0,100 - 1,3 \times 10^{-3} = 9,87 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

O grau de ionização pode ser calculado a partir de:

$$\alpha(\%) = \frac{n_{\text{ionizado}}}{n_{\text{inicial}}} * 100 \Leftrightarrow \alpha(\%) = \frac{c_{\text{ionizado}} * V}{c_{\text{inicial}} * V} * 100 \Leftrightarrow \alpha(\%) = \frac{1,3 * 10^{-3}}{0,100} * 100 = 1,3\%$$

4.4. (C)

$$4.5. k_a * k_b = k_w \Leftrightarrow k_b = \frac{k_w}{k_a}$$

$$\text{Substituindo, vem: } k_b = \frac{1,0 * 10^{-14}}{1,8 * 10^{-5}} = 5,6 * 10^{-10}$$

5.1. (D). Quanto maior for o valor da constante de acidez, maior será a concentração dos produtos da reação, o que corresponde a uma elevada extensão da reação direta.

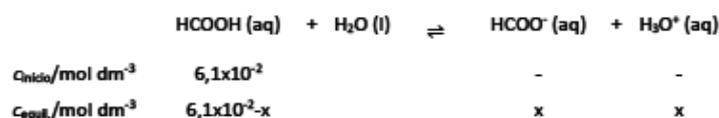
5.2.  $k_a$  elevado significa que a ionização HCl é elevada.

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_e = [\text{HCl}] = 0,061 \text{ mol dm}^{-3}$$

Assim, o valor do pH pode ser calculado a partir da expressão:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]_e = -\log(0,061) = 1,2$$

5.3. O valor da  $[\text{H}_3\text{O}^+]_e$  no equilíbrio pode ser calculado a partir de:



$$6,1 \times 10^{-2} - x = 5,78 \times 10^{-2} \Leftrightarrow x = 6,1 \times 10^{-2} - 5,78 \times 10^{-2} \Leftrightarrow x = 3,2 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

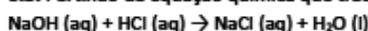
O valor do pH pode ser calculado a partir de:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]_e = -\log(3,2 \times 10^{-3}) = 2,5$$

6.1. (C). O titulado é uma base forte e o titulante é um ácido forte, assim a titulação em causa é uma titulação base forte-ácido forte.

$$6.2. V = (10,0 \pm 0,1) \text{ mL}$$

6.3. Partindo da equação química que traduz a reação de titulação,



e dada a estequiometria, no ponto de equivalência:  $n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HCl}}$

A quantidade de NaOH neutralizada é:

$$n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HCl}} = [\text{HCl}] \times V = 0,100 \times 10,0 \times 10^{-3} = 1,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

A concentração da solução titulada será:

$$[\text{NaOH}] = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V} = \frac{1,00 \times 10^{-3}}{50,0 \times 10^{-3}} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$7. n = 3,280 \times 10^{-3} \text{ mol}; M = 100 \text{ g mol}^{-1}$$

## Anexo XXXIV – Ficha nº5 – “Reações ácido-base”

### Ficha nº5 – Reações ácido-base

1. Considere o seguinte texto.

Há muito tempo que os químicos se preocupam em perceber a razão pela qual algumas substâncias, em solução aquosa, possuem a propriedade de, por exemplo, apresentarem um sabor azedo, dissolverem o mármore, reagirem com metais, como o zinco, libertando di-hidrogénio, e ainda possuem a propriedade de tornar vermelha a cor de determinados pigmentos vegetais azuis. Por outro lado, existe outro conjunto de materiais que, em solução aquosa, possuem um sabor amargo, são escorregadios ao tato e são capazes de devolver a cor azul a pigmentos vegetais previamente avermelhados por adição de um ácido. São exemplo destes materiais as cinzas e os sabões.

Arrhenius, em 1887, apresentou uma explicação teórica para a definição de ácido e de base, mas foi Brønsted e Lowry, em 1923, que propuseram uma definição de ácido e de base mais abrangente.

1.1. Selecione a opção que contém os termos que completam corretamente a frase seguinte.

Segundo a teoria de Arrhenius, \_\_\_\_\_ é toda a substância que em solução aquosa origina

(A) ... ácido... iões  $H^+$

(B) ... base... iões  $H^+$

(C) ... ácido... iões  $OH^-$

(D) ... base... iões  $OH^-$

1.2. Das seguintes afirmações, relativas ao amoníaco,  $NH_3$ , e ao hidróxido de sódio,  $NaOH$ , selecione a verdadeira.

(A)  $NH_3$  é uma base segundo a teoria de Arrhenius.

(B)  $NH_3$  e  $NaOH$  são bases segundo Arrhenius e segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

(C)  $NH_3$  e  $NaOH$  apenas são bases segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

(D)  $NH_3$  apenas é uma base segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

2. O valor do pH de uma solução aquosa depende da concentração em iões hidrónio,  $H_3O^+$ . Considere 500 mL de uma solução aquosa de um detergente amoniacal, cujo valor de pH é 11,3 ( $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$ , a 25 °C).



Figura 1

2.1. Selecione a opção que contém a expressão que permite determinar o valor da concentração em íões hidrónio.

(A)  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 11,3 \text{ mol dm}^{-3}$

(C)  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-11,3} \text{ mol dm}^{-3}$

(B)  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{11,3} \text{ mol dm}^{-3}$

(D)  $[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(11,3) \text{ mol dm}^{-3}$

2.2. Determine o valor da concentração em íões hidróxido,  $\text{OH}^-$ , à temperatura considerada. Apresente o resultado com um número correto de algarismos significativos.

2.3. Um outro detergente aplicado na lavagem de loiça apresenta um valor de pH igual a 7,00, à temperatura de 25 °C.

Das seguintes afirmações, selecione a correta.

(A) O detergente da loiça possui maior acidez do que o detergente amoniacal.

(B) O detergente da loiça possui maior alcalinidade do que o detergente amoniacal.

(C) Os dois detergentes possuem carácter químico semelhante.

(D) O detergente da loiça tem carácter ácido e o detergente amoniacal tem carácter básico.

2.4. Considere a mistura de iguais volumes de duas soluções de ambos os detergentes sem que exista qualquer reação entre eles.

Selecione a opção que contém os termos que completam corretamente a frase.

O valor do pH da mistura assume um valor...

(A) ... maior do que 11,3.

(B) ... menor do que 7,00.

(C) ... compreendido entre 7,00 e 11,3.

(D) ... impossível de prever.

2.5. Selecione a opção que completa corretamente a frase.

Atendendo a que a autoionização da água é um processo endotérmico, o valor do pH da água, a 100 °C, é...

(A) ... igual 7,0.

(B) ... maior que 7,0.

(C) ... menor que 7,0.

(D) ... imprevisível.

3. A autoionização da água, também designada de autoprotólise, é um processo endotérmico. Considere os valores da constante de autoprotólise da água, referentes a três temperaturas distintas.

$$K_{w1}=7,0 \times 10^{-15}; K_{w2}=1,0 \times 10^{-14}; K_{w3}=3,0 \times 10^{-14}$$

3.1. Escreva a expressão da constante de autoprotólise da água.

3.2. Selecione a opção que contém, por ordem sequencial, os valores da temperatura correspondentes aos valores de  $k_w$  apresentados.

- (A) 20°C ; 40°C ; 25°C
- (B) 25°C ; 40°C ; 20°C
- (C) 40°C ; 20°C ; 25°C
- (D) 20°C ; 25°C ; 40°C

3.3. Calcule o valor do pH da água à temperatura a que  $K_w = 3,0 \times 10^{-14}$ .

4. O ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , é um ácido fraco que se pode encontrar no vinagre. Considere uma solução aquosa deste ácido, de concentração  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$  ( $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \times 10^{-5}$ , a 25 °C).



Figura 2

4.1. Escreva a equação química que traduz a ionização do ácido acético.

4.2. Selecione a opção que contém a expressão que permite calcular o valor da constante de acidez.

- (A)  $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_e + [\text{H}_3\text{O}^+]_e}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_e}$
- (B)  $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_e + [\text{H}_3\text{O}^+]_e}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_e}$
- (C)  $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_e}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_e + [\text{H}_3\text{O}^+]_e}$
- (D)  $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_e}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_e + [\text{H}_3\text{O}^+]_e}$

4.3. Determine o grau de ionização do ácido acético, à temperatura de 25 °C.

4.4. Selecione a opção que indica os pares conjugados ácido-base.

- (A)  $\text{CH}_3\text{COO}^-/\text{CH}_3\text{COOH}$  e  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$
- (B)  $\text{CH}_3\text{COO}^-/\text{CH}_3\text{COOH}$  e  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_3\text{O}^+$
- (C)  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$  e  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$
- (D)  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$  e  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_3\text{O}^+$

4.5. Calcule o valor da constante de ionização ( $K_b$ ) do ião acetato,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , à temperatura considerada.

5. O ácido clorídrico,  $\text{HCl}$ , é obtido pela queima de dicloro e di-hidrogénio, que depois de absorvido em água, origina uma solução fortemente ácida, cuja constante de equilíbrio, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , tem o valor de  $1,3 \times 10^6$ .



$$c = 0,061 \text{ mol dm}^{-3}$$

Figura 3

5.1. Seleccione a opção que contém os termos que completam corretamente a frase seguinte. O facto de o ácido clorídrico possuir um elevado valor de  $K_a$  significa que...

- (A) ... se trata de um ácido fraco.
- (B) ... a reação de ionização é muito rápida.
- (C) ... é elevada a extensão da reação inversa.
- (D) ... a reação direta é muito mais extensa do que a reação inversa.

5.2. Determine o valor do pH de uma solução de  $\text{HCl}$  de concentração  $0,061 \text{ mol dm}^{-3}$ .

5.3. Considere uma solução de ácido fórmico,  $\text{HCOOH}$ , de concentração e volume iguais aos da solução de ácido clorídrico. Sabendo que, no estado de equilíbrio, a concentração de  $\text{HCOOH}$  é de  $5,78 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ , determine o valor do pH quando se estabelece o equilíbrio químico.

6. Com o objetivo de determinar a concentração de uma solução aquosa de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$ , de volume  $50,0 \text{ mL}$ , um grupo de alunos realizou uma titulação ácido-base, utilizando, como titulante, a solução aquosa de ácido clorídrico,  $\text{HCl}$ , de concentração  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ . Até atingir o ponto de equivalência, verificaram ter-se consumido  $10,0 \text{ mL}$  de titulante. Para a realização da atividade, os alunos procederam à montagem, conforme mostra a figura 4.

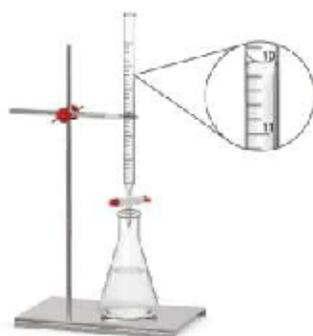


Figura 4

6.1. Selecione a opção que identifica o tipo de titulação.

- (A) Titulação ácido forte-base forte.
- (B) Titulação ácido forte-base fraca.
- (C) Titulação base forte-ácido forte.
- (D) Titulação ácido fraco-base forte.

6.2. Apresente corretamente o resultado da medida do volume de titulante no ponto de equivalência.

6.3. Determine o valor da concentração da solução de hidróxido de sódio obtida experimentalmente pelos alunos.

7. Titulou-se uma solução contendo 0,328 g de um ácido monoprótico forte com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH (aq), de concentração  $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$ . O volume de NaOH (aq) gasto até ao ponto de equivalência da titulação foi  $16,40 \text{ cm}^3$ . Determine a massa molar do ácido monopróticos. Apresente todas as etapas de resolução.

## Anexo XXXV – Declaração da Orientadora Cooperante

Na qualidade de Orientadora de Estágio gostaria de fazer uma breve reflexão sobre o desempenho da Estagiária Patrícia Pinto.

Desde o primeiro dia a Patrícia demonstrou um grande à vontade no relacionamento com todo o corpo docente da Escola. No Grupo de Recrutamento esteve sempre atenta às necessidades dos colegas, disponibilizando-se para ajudar, quer na preparação de atividades laboratoriais, quer na sala de aula. Com os alunos estabeleceu uma relação de empatia tendo conseguido que, apesar da sua pouca idade, os alunos a respeitassem e a vissem como sua professora.

Ao longo do ano letivo a Patrícia colaborou sempre em todas as atividades relacionadas, não só com o Grupo de Recrutamento, mas também com as atividades constantes do Plano Anual de Atividades da Escola (PAAE).

Propôs-se a colaborar no desenvolvimento do Projeto da Fundação Ilídio Pinho, que foi apresentado à comunidade no “Dia Aberto da Escola”.

Apoiou todo o trabalho burocrático relacionado com a direção de turma, da turma que me estava atribuída. Planificou e dinamizou as visitas de estudo, “Uma Aula no Museu” e a “Aula de Campo”. Acompanhou as turmas onde fez as regências na visita de estudo ao Geoparque de Arouca, tendo um papel bastante ativo no acompanhamento dos alunos, durante o decurso da visita.

A minha perceção como Orientadora é de que a Patrícia foi muito empenhada, tendo cumprido todos os prazos que lhe foram impostos, tendo sido sempre assídua.

Do ponto de vista pedagógico e científico foi notória uma evolução, que muito me satisfiz, fruto da sua vontade de aprender.

É minha convicção que a Patrícia, dadas as qualidades que evidenciou, se irá tornar uma excelente professora.

A Orientadora de Estágio

Ana Paula Branquinho

