

ANA PAULA LEITÃO SANTOS

**UM CONTRIBUTO PARA O ENSINO DA
NATUREZA DA CIÊNCIA**

Orientadora: Maria Elvira Callapez

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Faculdade de Engenharia**

**Lisboa
2014**

ANA PAULA LEITÃO SANTOS

**UM CONTRIBUTO PARA O ENSINO DA
NATUREZA DA CIÊNCIA**

Dissertação apresentada para a obtenção do
Grau de Mestre em Ensino da
Biologia/Geologia, no Curso de Mestrado
em Ensino da Biologia/Geologia, conferido
pela Universidade Lusófona de
Humanidades e Tecnologias

Orientadora: Prof.^a Doutora Maria Elvira
Callapez

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Faculdade de Engenharia

Lisboa
2014

AGRADECIMENTOS

A poucos minutos da data limite para submeter esta dissertação de Mestrado, é com prazer que dedico algumas linhas para expressar um agradecimento muito especial à Professora Doutora Maria Elvira Callapez pela sábia orientação, pela inspiração entusiasmo e motivação que transmite de uma forma natural. É um prazer muito enriquecedor trabalhar com a Professora Maria Elvira Callapez.

Outro agradecimento especial é dedicado aos meus pais, Manuel e Lúcia Santos pela presença, apoio e incentivo ao longo de todas as etapas cruciais na minha vida. Muito especial é também o muito obrigado dirigido ao meu marido Nuno e ao meu filho Rafael pela inspiração, força e entusiasmo transmitidos.

Também gostaria de expressar o meu muito obrigado a todas as colegas da turma de mestrado pelas frutuosas discussões durante as aulas e trabalhos de grupo.

Muito obrigado à Professora Doutora Gabriela Conde, coordenadora do Mestrado em Ensino da Biologia Geologia por todo o apoio e disponibilidade ao longo do processo.

Muito obrigado à Professora Margarida Oliveira, coordenadora da unidade de Genómica de Plantas em Stress, Instituto de Tecnologia Química e Biológica, pelo apoio e incentivo demonstrados.

RESUMO

As políticas educativas têm sido unânimes em enfatizar a importância de uma educação em ciências de excelência como forma de promover a literacia científica dos cidadãos sendo este um fator considerado crucial para aumentar a competitividade e produtividade de um país. Apesar de todos os esforços em investir no ensino de ciências, tem sido amplamente referenciado a existência de um progressivo desinteresse e afastamento dos jovens pela ciência presumivelmente associado à forma de ensinar ciência.

Como mudar então a forma de ensinar ciência? É a questão abordada neste trabalho. O ensino da divisão celular no contexto de uma turma do ensino secundário é explorado através de estratégias ativas de aprendizagem baseadas em ferramentas que os cientistas utilizam no processo de construção do conhecimento científico, estimulando desta forma uma maior aproximação dos estudantes à essência da natureza da ciência. Para despoletar diferentes fases de um processo investigativo foi utilizado um problema real relacionado com o efeito das alterações climáticas na produtividade do arroz. A análise parcial de artigos científicos bem como a elaboração e apresentação oral de *posters* científicos constituíram práticas pedagógicas implementadas na sala de aula com impactos positivos na compreensão de conceitos científicos e na comunicação de ciência.

O papel das interações entre cientistas e professores ou mesmo da possível integração de doutorados no ensino de ciências, nos níveis básicos e secundário, é também discutido como uma forma de estabelecer conexões entre a escola e as instituições onde o conhecimento científico é produzido procurando estabelecer uma perceção mais real de como funciona a ciência no seio da comunidade escolar.

PALAVRAS-CHAVE: Comunicação da Ciência; Educação em Ciências; Ensino da Biologia; Natureza da Ciência; Parcerias Professores/Cientistas

ABSTRACT

The educational policies have been unanimous in emphasizing the importance of having better science education as a way to promote scientific literacy of citizens, and this has been considered a crucial factor to increase the competitiveness and productivity of a country. Despite all the efforts to invest on science teaching, it has been widely reported the existence of a progressive disaffection and alienation of young people for science presumably associated with the way science is taught.

How to change the way of teaching science? It is the question addressed in this work. Teaching cell division in the context of a class of secondary school is explored through active learning strategies based on tools that scientists use along the process of knowledge creation thereby stimulating greater alignment of high school students with an understanding the nature of science. In order to trigger different phases of a research process, a real problem context related to ongoing climate changes effects on rice productivity was used in this work. The partial analysis of scientific articles as well as designing and presenting scientific "posters" were practices implemented in the classroom with clear positive impacts on understanding scientific contents and science communication skills.

The role of teachers/scientists interactions or even the integration of PhDs into science teaching is discussed as a way to make connections between the school and the institutions where scientific knowledge is produced aiming to create a more real perception of how science works within the school community.

KEY-WORDS: Science Communication; Science Education; Biology Teaching; Nature of Science; Partnerships Teachers-Scientists.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO I- INTRODUÇÃO	7
1- Desafios e exigências da educação em ciências	8
2- Identificação de problemas no ensino de ciências. Serão necessárias mudanças?	9
3- Objetivos e Plano de Trabalho.....	10
CAPÍTULO II	13
CONTRIBUTOS PARA UM ENSINO INSPIRADO NA NATUREZA DA CIÊNCIA..	13
1- O que é a Natureza da Ciência?	14
2- Como ensinar a Natureza da Ciência?	15
2.1- <i>Integrar a criatividade</i>	17
2.2- <i>Integrar a argumentação científica</i>	18
2.3- <i>Integrar a controvérsia científica</i>	19
2.4- <i>Repensar a implementação das atividades experimentais na sala de aula</i>	20
2.5- <i>Promover a familiarização com o caderno de laboratório</i>	21
3- Interações professores/cientistas: um contributo para o ensino da natureza da ciência	22
3.1- <i>Perceção dos professores, cientistas e estudantes</i>	22
3.2- <i>Benefícios das interações cientistas/professores/estudantes</i>	23
3.3- <i>Integração de doutorados no ensino básico e secundário de ciências</i>	25
CAPÍTULO III	28
METODOLOGIA	28
1- Plano de investigação de desenvolvimento de projeto	29
2- Delineamento de estratégias e recursos educativos para integrar a natureza da ciência no ensino da divisão celular.....	30
3- Caracterização da amostra e técnicas de recolha de dados	31
CAPÍTULO IV.....	34
IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO INTEGRADORAS DA NATUREZA DA CIÊNCIA.....	34
1- Perceção dos estudantes sobre a ciência e os cientistas.....	35
2- Implementação de estratégias metodológicas integradoras da natureza da ciência no ensino da divisão celular.....	37
2.1- <i>Introdução de um contexto problemático real para desencadear diferentes etapas de um processo investigativo sobre a divisão celular</i>	37

2.2- <i>Questionamento, hipóteses, discussão, planeamento e execução experimental</i>	38
2.3- <i>Construção de modelos no ensino aprendizagem da divisão celular</i>	39
2.4- <i>Perspetiva evolutiva do conhecimento científico sobre o núcleo e cromossomas.</i>	39
2.5- <i>A ênfase na comunicação de ciência na sala de aula</i>	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS.....	48
REFERÊNCIAS	50
ANEXOS	I
<i>Anexo I- Inquérito: Perceção dos estudantes do ensino secundário sobre a natureza da ciência e cientistas.....</i>	II

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma representativo das etapas processuais deste trabalho.	12
Figura 2- Como funciona a ciência?.....	15
Figura 3- Como Ensinar a Natureza da Ciência?.	17
Figura 4- Benefícios da interseção entre os diferentes atores na educação no ensino/aprendizagem de ciências.....	26
Figura 5 - Modalidades propostas para o estabelecimento de interações de longa duração entre professores e cientistas.	27
Figura 6- Proposta organizacional de um <i>poster</i> científico.....	33
Figura 7- Proposta organizacional de um resumo a submeter num congresso científico.	33
Figura 8- Respostas de um aluno do 11ºano quanto ao funcionamento da comunidade científica.	36
Figura 9- Práticas pedagógicas implementadas no contexto de ensino da divisão celular.	41
Figura 10- Ferramentas de comunicação de ciência.....	42
Figura 12- Avaliação dos alunos quanto à apresentação oral de um <i>poster</i>	46
Figura 13- Perceção dos alunos quanto ao funcionamento da ciência	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Multiplicidade de estratégias e recursos para integrar a natureza da ciência no ensino da divisão celular.....	30
Tabela 2- Guião de análise de um artigo científico	32
Tabela 3- Grelha de avaliação dos <i>posters</i>	32
Tabela 4- Questionário de avaliação quanto à relevância de <i>posters</i> científicos no ensino/aprendizagem de ciência	32

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

1- Desafios e exigências da educação em ciências

O investimento na educação científica dos jovens é essencial para atrair os mais jovens para carreiras científicas e tecnológicas sendo este um fator determinante para o desenvolvimento e competitividade das economias. A conferência mundial sobre educação e ciência para o século XXI (UNESCO, 1999) considera que o ensino de ciências e tecnologias é um imperativo estratégico e que os estudantes deverão aprender a resolver problemas concretos utilizando as suas competências e conhecimentos científicos e tecnológicos. No mesmo sentido, a declaração de Lisboa proveniente da conferência Ibero-Americana de Ministros da Educação também refere a necessidade de promoção da educação, conhecimento, investigação e inovação como pilares estratégicos fundamentais a um desenvolvimento económico sustentável (Millar e Osborne, 1998; Osborne e Dillon, 2008; www.dges.mctes.pt; XIX conferência Ibero-Americana de Ministros da Educação, 2009).

O relatório da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI (Delors *et al.*, 1996) refere a necessidade de um ensino estruturado promotor de interações entre diferentes vertentes essenciais à excelência na educação, nomeadamente “*aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser*”. No mesmo contexto, o projeto de caracterização de um mapa de competências essenciais à vivência em sociedade no século XXI levou à identificação das seguintes (a) *forma de pensar*: criatividade, reflexão crítica, resolução de problemas e tomada de decisões; (b) *forma de trabalhar*: comunicação e colaboração; (c) *ferramentas de trabalho*: informação e tecnologia e finalmente (d) *competências sociais*: responsabilização pessoal, social e carreira profissional (Partnership for 21st Century Skills, 2008).

Em Portugal, as políticas educativas têm evidenciado uma preocupação constante em promover uma educação de excelência com reflexos positivos nos resultados em educação em avaliações internacionais. Disso são exemplo: (a) o programa “Educação 2015” que pretende reforçar o envolvimento das escolas na concretização dos compromissos nacionais e internacionais quanto aos objetivos de excelência na educação e (b) a organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) que refere Portugal como um dos países que tem registado melhorias no desempenho médio a Matemática, Leitura e Ciências. No entanto, o relatório do programa de avaliação internacional dos estudantes com quinze anos de idade, o “*Programme for International Student Assessment*” (PISA) de 2012 refere um

decréscimo no desempenho em ciências comparativamente aos dados de 2009 (<http://www.oecd.org/pisa/>). Portugal também está envolvido no Quadro Estratégico de Cooperação Europeia em matéria de Educação e Formação (EF, 2020) em que são definidos objetivos comuns para os sistemas de educação e formação europeus no horizonte do ano de 2020 (“H2020”). Uma das prioridades do programa “H2020” é caminhar para uma educação de excelência e neste sentido enfatiza a importância de construção de pontes entre as comunidades educativa e científica como forma de implementar estratégias ativas no ensino/aprendizagem de ciências, atribuindo um papel importante ao desenvolvimento profissional dos professores para atingir a excelência na educação (www.gppq.fct.pt/h2020/).

2- Identificação de problemas no ensino de ciências. Serão necessárias mudanças?

A comunidade europeia debate-se com um problema relativo ao progressivo desinteresse dos jovens pelas disciplinas de ciências (European Commission, 2004) e neste contexto é plausível questionar se a escola está a falhar na forma de comunicar a importância da ciência e do seu funcionamento e nesse caso é pertinente abordar como resolver tais lacunas.

Tem sido a existência de uma ênfase excessiva quanto ao *aprender a conhecer* em detrimento de outros aspetos igualmente importantes para alcançar um equilíbrio estruturado no ensino de ciências (Delors *et al.*, 1996) o que resulta num distanciamento dos jovens relativamente à ciência. A génese do desinteresse e afastamento dos jovens relativamente à ciência tem sido correlacionada com os currículos e as práticas pedagógicas.

Os currículos lecionados não vão, como se esperaria, ao encontro das realidades científicas influenciando, por isso, negativamente a real aprendizagem de ciência e criando nos alunos concepções pouco claras e erradas sobre a forma de construção do conhecimento científico. Em Portugal, os currículos do ensino secundário da biologia não privilegiam a integração da natureza da ciência na sala de aula em larga medida porque padecem de lacunas a diferentes níveis nomeadamente (a) forma de condução das atividades experimentais; (b) ausência de controvérsia, debate e argumentação; (c) deficiente exploração de situações problemáticas reais; (d) ausência da história e de aspetos da humanização da ciência; (e) pouco ênfase dada a conteúdos curriculares específicos como é o caso da biologia de plantas.

As práticas pedagógicas são, na maior parte das vezes, essencialmente baseadas em métodos verbalistas, expositivos que visam a transmissão de definições e factos compartimentalizados sendo os alunos meros recetores do conhecimento devendo memorizar

em detrimento de compreender a origem dos conceitos. O excesso de conteúdos científicos dos programas curriculares tem sido usado pelos professores como argumento justificativo de um ensino essencialmente expositivo baseado num conjunto de conclusões e de verdades irrevogáveis que induz nos alunos ideias erróneas de que o conhecimento científico é inquestionável, incontroverso e repleto de “respostas únicas e certas” (Davis e Coskie, 2009, Seethaler, 2005). No entanto, este argumento é discutível e faz despoletar uma discussão virada para as metodologias de ensino de ciências. Às questões curriculares e de práticas pedagógicas acresce um outro problema relacionado com a reduzida relevância atribuída às interações entre os diferentes atores, professores, cientistas e alunos, no processo educativo.

No seu conjunto, todos estes fatores contribuem para um aprofundamento do fosso entre o ensino de ciências no contexto escolar e as realidades e descobertas científicas atuais associadas aos centros de produção de ciência. A união europeia reconhece estas fraquezas associadas ao sistema de ensino e recomenda que os professores dediquem menos tempo à apresentação didática de factos isolados em compartimentos disciplinares estanques e que, em vez disso, invistam mais na procura de estratégias ativas de ensino/aprendizagem compatíveis com uma visão mais integrada da ciência a partir de contextos de resolução de problemas. Assim, a real aprendizagem de ciência deverá implicar interações cruzadas entre diferentes disciplinas e entre pessoas com diferentes formações científicas (<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/call-making-science-education-and-careers-attractive-young-people>).

3- Objetivos e Plano de Trabalho

Este trabalho pretende contribuir para uma reflexão sobre como fazer a intersecção de diferentes estratégias para o ensino da natureza da ciência. Assim, são definidos os seguintes objetivos:

- a) Identificar estratégias promotoras da mudança na forma de ensinar ciência.
- b) Intersetar práticas e ferramentas utilizadas pelos cientistas num contexto de sala de aula, ao nível do ensino secundário, exemplificando a sua aplicação no ensino da divisão celular.
- c) Discutir o impacto de interações entre professores e cientistas no ensino/aprendizagem de ciências.

O plano de trabalho delineado envolve diferentes etapas representadas no fluxograma da Figura 1. O ponto de partida é a constatação do desinteresse e afastamento dos jovens relativamente à ciência (Capítulo I). O desenvolvimento deste projeto está assente numa revisão da literatura quanto a estratégias promotoras da integração da natureza da ciência na sala de aula e quanto ao papel que as interações entre professores e cientistas poderão desempenhar no ensino/aprendizagem de ciências (Capítulo II). O capítulo III refere-se ao delineamento de ferramentas para recolher e analisar os dados relativos à implementação de práticas pedagógicas promotoras do ensino da natureza da ciência. No capítulo IV, procura-se fazer uma intersecção de diferentes práticas associadas ao funcionamento da ciência real e aplicá-las num contexto de sala de aula, especificamente, ensinar como ocorre a divisão celular utilizando como modelo a planta do arroz focando a interação das plantas com o meio ambiente. Finalmente, são feitas considerações finais quanto à forma de lidar com as barreiras à implementação de novas práticas pedagógicas (Capítulo V).

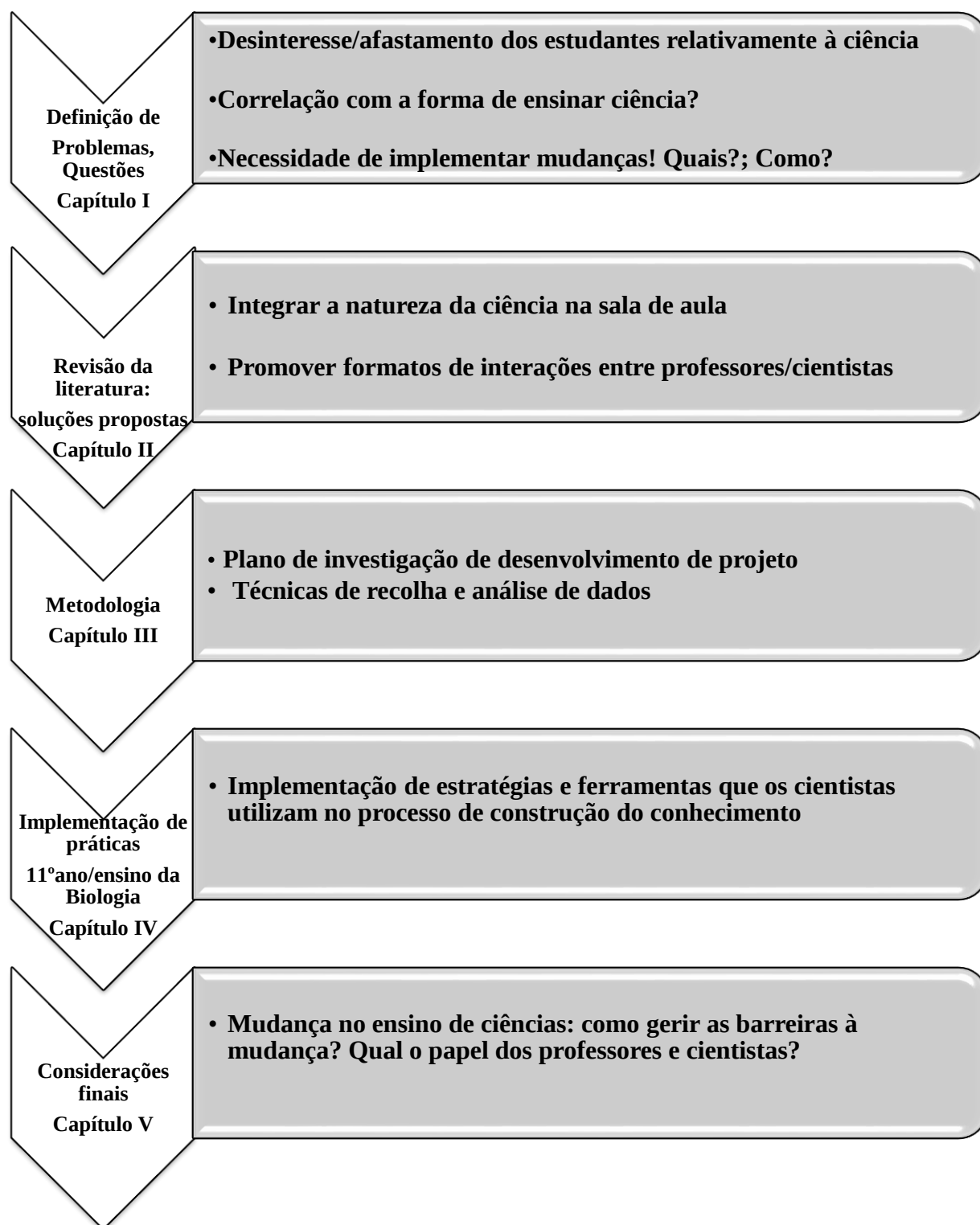


Figura 1- Fluxograma representativo das etapas processuais deste trabalho.

CAPÍTULO II

CONTRIBUTOS PARA UM ENSINO INSPIRADO NA NATUREZA DA CIÊNCIA

CONTRIBUTOS PARA UM ENSINO INSPIRADO NA NATUREZA DA CIÊNCIA

Os desafios e exigências da educação em ciências exigem o desenvolvimento de estratégias de ensino promotoras de ligações de proximidade entre os estudantes e o funcionamento da ciência real de modo a que os estudantes possam sentir-se como cientistas. A autenticidade da educação em ciências tem sido correlacionada com a similaridade relativamente a práticas da comunidade científica (Driver, *et al.* 1994, Buxton 2006). Os alunos aprendem mais sobre a natureza do conhecimento científico sempre que lhes é dada oportunidade para vivenciar a essência da ciência nomeadamente (a) produção de ideias originais; (b) entusiasmo associado à descoberta científica; (c) construção de argumentos; (d) reflexão crítica; (e) controvérsia (Taylor *et al.* 2008; Anthony e Frasier, 2009; Sternberg 2006; Duschl *et al.* 2007). Este processo de aproximação dos jovens ao funcionamento da ciência é facilitado pela participação dos cientistas no ensino de ciências.

1- O que é a Natureza da Ciência?

A natureza da ciência envolve uma multiplicidade de dimensões e por isso tem sido difícil alcançar um consenso quanto a um conceito de natureza da ciência. No entanto, talvez o mais importante não seja ter uma definição do conceito mas antes procurar enfatizar a importância da sua aplicabilidade num contexto de sala de aula (Lederman, 1999, Bell e Lederman, 2003,). O ensino de ciência deverá contemplar a aprendizagem da prática da ciência e do seu funcionamento baseado no questionamento e resolução problemas (Hodson, 1993). A compreensão do processo de produção de conhecimento científico engloba diferentes dimensões nomeadamente um conjunto de teorias, observações, conceitos, evolução do conhecimento científico e interações entre a ciência e sociedade (Bell, 2013). Ziman (2000) refere que a educação em ciências deverá incidir nas seguintes vertentes subjacentes ao processo de construção da ciência: (a) filosófica, relativa aos métodos utilizados pelos cientistas para fazer ciência, (b) histórica que contempla a evolução do conhecimento científico sendo este subjetivo, inacabado e transitório, (c) psicológica, referente às características psicológicas dos cientistas que influenciam o modo como fazem ciência e (d) sociológica interna referente às relações entre pares dentro da comunidade científica (Figura 2).



Figura 2- Como funciona a ciência? Multiplicidade de dimensões integrantes da Natureza da Ciência. Baseado em Ziman, 2000.

2- Como ensinar a Natureza da Ciência?

A presença da natureza da ciência no contexto de sala de aula tem sido associada à construção de uma imagem mais real e aliciante da ciência na medida em que promove o envolvimento dos jovens com as ferramentas que os cientistas utilizam no processo de construção do conhecimento científico (O'Neill e Polman 2004, Osborne *et al.* 2003).

Vários autores têm referido a importância de introduzir aspetos da natureza da ciência no ensino de ciências (Kruse, 2008, Herman, 2008, Reiss e Tunnicliffe, 2001, Lederman, 1992, Lederman e Lederman, 2004, McComas, 2004). Neste contexto, os alunos do ensino secundário deverão ser capazes de interiorizar e compreender que (a) o conhecimento científico é subjetivo, transitório e inacabado; (b) que o cientista não se limita a observações mas constrói hipóteses cuja qualidade é proporcional à intuição e imaginação do cientista; (c) que não existe um método científico universal, isto é: quando se analisa o trabalho dos cientistas verifica-se que podem ter usado diferentes métodos; (e) que a forma de fazer ciência é suscetível de ser influenciada pelas características psicológicas dos cientistas e por fatores externos à comunidade científica nomeadamente exigências da sociedade; (f) que

os modelos científicos correspondem a representações daquilo que os cientistas acreditam ser realidade ou podem ser apenas ferramentas para responder a uma determinada questão.

O grande desafio consiste em saber como ensinar a natureza da ciência num contexto de sala de aula (Osborne *et al.* 2003, Krogh e Nielsen, 2013). A integração de aspetos da natureza da ciência é passível de ser feita ao nível do ensino da Biologia inclusive quando se ensina temas abstratos como é caso dos conceitos de material genético e de cromossomas (Herman, 2008, Lederman e Lederman, 2004). A integração da criatividade, argumentação, reflexão crítica, abordagem de assuntos controversos, desenvolvimento de projetos de investigação são exemplos de estratégias de ensino inspiradas na natureza da ciência e que estão praticamente ausentes no ensino/aprendizagem das ciências, induzindo nos alunos conceções erróneas sobre o funcionamento da ciência (Seethaler, 2005, Anthony and Frasier, 2009).

Os desafios e exigências da educação em ciências para o futuro são múltiplos e incluem por exemplo a necessidade de resolver problemas apresentando soluções criativas e inovadoras subjacentes a processos de reflexão crítica (Figura 3). A capacidade de comunicar e de trabalhar cooperativamente são igualmente competências chave à vivência na sociedade atual (www.21stcenturyskills.org). A abordagem destes desafios ao nível da educação em ciências exige o envolvimento dos estudantes com o funcionamento da ciência e da comunidade científica por outras palavras deverá convergir com a forma de agir e pensar dos cientistas. A matriz de estratégias para a consecução destes objetivos deverá passar por práticas pedagógicas integradoras de aspetos associados à natureza da ciência como a criatividade, argumentação e controvérsia científica. Será também importante refletir na forma como as atividades experimentais são apresentadas na sala de aula procurando introduzir ferramentas relacionadas com o processo investigativo como por exemplo o caderno de laboratório.



Figura 3- Como Ensinar a Natureza da Ciência? Desafios e exigências na educação em ciências. (Baseado em: “21st Century Skills Map” www.21stcenturyskills.org).

2.1- Integrar a criatividade

A educação em ciências vigente tende a incidir em factos e teorias estabelecidas sendo exigido aos alunos que memorizem conhecimentos e definições necessários à realização de testes de avaliação. Este contexto não propicia o desenvolvimento da criatividade nos mais jovens. Em ciência, pensar criativamente corresponde à produção de ideias verdadeiramente originais (Anthony and Frasier, 2009) e envolve uma capacidade sintética associada à produção de novas ideias e uma capacidade analítica aliada ao pensamento crítico e à passagem da teoria à prática (Sternberg, 2006). A criatividade está intimamente associada à construção do conhecimento científico e Einstein, considerado um dos maiores cientistas do século XX, por exemplo, na sua obra “Como vê o mundo” refere que a “imaginação é mais importante que o conhecimento”. O ensino da criatividade pressupõe que os professores acreditem que a criatividade e inovação são competências decisivas para o futuro profissional dos seus alunos. O delineamento de estratégias de ensino para estimular o desenvolvimento da criatividade representa um desafio para os professores. Anthony e Frasier (2009) referem um conjunto de atividades promotoras de uma disposição positiva para a criatividade. Estes autores consideram por exemplo a elaboração de biografias de cientistas e o desenvolvimento de projetos como estratégias particularmente facilitadoras da criatividade pois permitem o envolvimento pessoal na realização de ações concretas, resolução de problemas e

apresentação de soluções. Do mesmo modo, a introdução de factos invulgares mas verdadeiros, por exemplo “chuvas de sapos são historicamente reportadas”, pode estimular o pensamento reflexivo através de atividades de discussão na sala de aula sobre a plausibilidade do facto (Anthony e Frasier 2009).

2.2- Integrar a argumentação científica

A argumentação tem sido descrita como a linguagem da ciência na medida em que os cientistas utilizam a argumentação para discutir perspectivas e interpretações sobre dados científicos (Tippett, 2009, Duschl e Osborne, 2002, Osborne *et al.* 2001, 2004). A capacidade dos estudantes se envolverem em processos de argumentação científica tem sido associada a um indicador de literacia científica (Driver *et al.*, 2000; Kuhn, 1993). Muito embora a argumentação científica seja uma ferramenta importante no ensino/aprendizagem de ciência, os alunos raramente têm oportunidade de se envolver em debates promotores de argumentação científica (Newton *et al.*, 1999; Sampson e Clark, 2008). A ausência de argumentação no ensino de ciências é explicada por um lado pela dificuldade de implementação do processo pelos professores e por outro pela própria resistência dos estudantes em criticar ideias e apresentarem propostas divergentes para a explicação de um mesmo resultado (Osborne *et al.* 2001, 2004).

Essencial à implementação da argumentação científica no contexto de sala de aula é fornecer aos alunos um conjunto de regras elementares subjacentes ao processo, nomeadamente, informando-os, de que as críticas se referem a ideias e não a pessoas, à valorização de todas as contribuições para chegar à melhor decisão sem eleger argumentos ganhadores e perdedores (Driver *et al.* 2000, Osborne *et al.* 2001). O trabalho em grupo tem sido amplamente utilizado como estratégia para amenizar as dificuldades ao nível da capacidade argumentativa (Sampson e Clark, 2008). Estes autores observaram que quando os estudantes trabalham em grupo produzem mais e melhores argumentos em comparação com o trabalho individual, atribuindo um papel importante do trabalho de grupo na produção de argumentos. Neste sentido, o trabalho em grupo pode trazer maior eficácia quanto à compilação de informação pelos vários elementos do grupo, induzindo maior qualidade na argumentação produzida (Sampson e Clark, 2008).

2.3- *Integrar a controvérsia científica*

Os assuntos controversos envolvem juízos de valor e são considerados importantes por um número apreciável de pessoas sendo de impossível resolução com base em factos, evidências ou experimentação (Wellington, 1986). A ciência é uma fonte de assuntos controversos. Na área da Biologia existem vários assuntos controversos, como por exemplo, as questões em torno dos alimentos transgénicos, utilização de células estaminais em investigação, testes genéticos, clonagem (Brickman *et al.*, 2008). Os Europeus têm vindo a manifestar preocupações e interesse quanto à utilização de organismos geneticamente modificados na agricultura (European Commission, 2005). O tema dos alimentos transgénicos é gerador de inúmeras questões, envolvendo conceitos científicos multidisciplinares que possibilitam a integração de competências de argumentação (Seethaler, 2005). Permite, por exemplo uma abordagem integrada de preocupações de natureza ecológica e de saúde humana quando se interroga se a ingestão de alimentos geneticamente modificados causam ou não reações alérgicas (Seethaler, 2005).

O recurso à utilização da controvérsia no ensino/aprendizagem de ciência requer um investimento grande dos professores no planeamento da atividade a realizar e esta será certamente uma das razões que explica a reduzida relevância atribuída a assuntos controversos na sala de aula e também o facto de os alunos tenderem a considerar o conhecimento científico como sendo incontroverso (Driver *et al.*, 1994).

A prática da controvérsia estruturada é uma metodologia particularmente útil perante “casos reais de estudo” implicando a recolha de informação sobre diferentes pontos de vista associados ao tema controverso, enfatizando a comunicação entre os diferentes elementos do grupo de trabalho (Herreid, 1996, Johnson e Johnson, 1998, Watters, 1996). A controvérsia estruturada tira partido de pontos fortes do debate convencional mas destaca-se, também, pela relevância atribuída ao trabalho colaborativo de diferentes grupos, no sentido de alcançar consensos. Neste sentido é uma técnica menos competitiva comparativamente ao debate tradicional já que o objetivo não é perder ou ganhar mas antes obter compromissos. De acordo com Waters (1996) as várias etapas da controvérsia estruturada passam pelos seguintes procedimentos:

- a. Definição do tema pelo professor;
- b. Trabalho individual de pesquisa de literatura que deverá implicar dois relatórios, um relativo aos argumentos prós e outro aos argumentos contra;

- c. Formação de grupos sendo que metade dos grupos irá assumir os argumentos prós e a outra metade os argumentos contra, cabendo a cada grupo a tarefa de selecionar os três melhores argumentos;
- d. O professor elege um dos grupos para defender o primeiro argumento, apresentando evidências;
- e. O outro grupo deverá comentar e rebater o argumento apresentado.

Este processo deverá ser repetido para cada um dos argumentos. No final, os grupos opostos independentemente das posições defendidas deverão ser capazes de convergir para uma declaração de compromisso sobre o tema em análise.

2.4- Repensar a implementação de atividades experimentais na sala de aula

Os documentos oficiais relativos às orientações curriculares para o ensino de ciências referem a valorização das atividades experimentais como forma de privilegiar conhecimentos, atitudes e capacidades. Neste contexto, Hodson (1990, 1993) refere múltiplas potencialidades do trabalho experimental nomeadamente ao nível de aspetos motivacionais, minúcia na manipulação de materiais, consolidação de conceitos científicos e familiarização com a vivência da ciência. As atividades experimentais podem ser uma ferramenta importante para o desenvolvimento de competências investigativas, ao envolver os estudantes na resolução de problemas (Leite, 2001). Permitem também enfatizar aspetos da natureza da ciência nomeadamente que a ciência se alimenta permanentemente de questões, que não existem respostas certas ou erradas (David e Coskie, 2009) e que mesmo os cientistas obtêm resultados discrepantes relativamente a uma mesma questão (Cervetti, 2009).

É importante questionar se a forma corrente de utilizar as atividades experimentais na sala de aula reflete o funcionamento da ciência. Na verdade, o modelo tradicional é essencialmente baseado na utilização de protocolos copiados dos manuais escolares que os alunos deverão executar ponto por ponto um “protocolo experimental” no sentido de obter um resultado denominado como “certo”, “errado” ou “esperado” sem haver uma reflexão sobre o “porquê” de cada etapa do procedimento (Pedrosa, 2001; Davis e Coskie, 2009). Esta forma de utilizar as atividades experimentais na sala de aula não reflete de todo a natureza da ciência nem retrata a forma como um cientista pensa e trabalha, levando os alunos a considerar que o processo científico é desprovido de complexidade, dúvidas e controvérsias (Davis e Coskie, 2009). O modelo de atividades experimentais na sala de aula deverá retratar o mais possível a forma real de fazer ciência envolvendo os alunos com situações problemáticas reais que

exijam o desenho de um percurso investigativo incluindo a formulação de questões, hipóteses, a reflexão sobre o material e metodologias de experimentação, análise e interpretação de resultados aproximando-se tanto quanto possível do modo como é realizado nas instituições associadas à produção de conhecimento científico (Leite, 2001, Allen e Tanner, 2003).

2.5- *Promover a familiarização com o caderno de laboratório*

O caderno de laboratório representa um contributo importante para o ensino da natureza da ciência. Associado às atividades experimentais, surge como uma ferramenta essencial ao envolvimento dos alunos com a prática da ciência. Permite desenvolver competências a diferentes níveis nomeadamente, escrita científica, autonomia, disciplina, rigor, pensar criticamente sobre os métodos e técnicas utilizadas, registar resultados diferentes para uma mesma experiência ilustrando a dificuldade na reprodutibilidade de resultados em ciência competências (Edelson, 1997; Loper e Baker, 2009; Roberson e Lankford, 2010). A utilização do caderno de laboratório na sala de aula salienta a dinâmica do processo investigativo pois permite demonstrar que não há resultados certos ou errados sendo o erro encarado como uma oportunidade de reflexão (Davis e Coskie, 2009). Roberson e Lankford (2010) apontam algumas estratégias facilitadoras para pôr em prática o uso do caderno de laboratório na sala de aula, por exemplo, convidar um cientista para mostrar e explicar na sala de aula como constrói o seu caderno de laboratório ou dando o exemplo de que em caso de fogo a prioridade deverá ser proteger o caderno de laboratório.

A utilização dos cadernos de laboratório poderá também permitir explorar conceitos como o trabalho de revisão por pares (“peer review”) e desenvolver processos de análise crítica entre estudantes, se houver troca dos cadernos de laboratório. A implementação do processo de revisão por pares na sala de aula pode trazer benefícios ao nível da escrita científica e da capacidade de lidar com a avaliação crítica dos colegas instituindo, dessa forma, uma maior responsabilização quanto a opiniões fundamentadas sobre o trabalho dos colegas (Chisholm, 1991). No entanto, a imaturidade de grande parte dos jovens que frequentam o ensino secundário poderá ser uma barreira à implementação desta prática no contexto de sala de aula, visto que os alunos não estão familiarizados com o exercício de criticar o trabalho dos colegas e de serem eles próprios alvo de críticas, o que pode gerar algum desconforto.

3- Interações professores/cientistas: um contributo para o ensino da natureza da ciência

As interações entre cientistas e professores têm sido associadas a benefícios para o ensino/aprendizagem de ciências (Lakin e Wellington, 1994; Caton *et al.* 2000; Dolan, 2006, Tomanek, 2005). A participação de cientistas no ensino de ciências permite aos estudantes a aquisição de percepções mais reais do funcionamento da ciência derrubando potenciais concepções estereotipadas dos cientistas (Driver *et al.* 1996, Thomas e McDuffie, 2001) sendo um fator modelador de futuros cientistas (O'Neill and Polman, 2004).

3.1- *Percepção dos professores, cientistas e estudantes*

A referência a interações entre cientistas e professores carece em primeiro lugar de uma reflexão sobre a forma como ambas as partes percecionam os objetivos delineados para a educação em ciências e a forma como é a ciência é ensinada. Os cientistas tendem a evidenciar uma perspetiva negativa quanto à qualidade do ensino de ciências muito embora não seja claro como constroem essas percepções (Druger e Allen, 1998). Um estudo baseado no método de entrevistas a cientistas de várias áreas e a professores do ensino secundário ilustrou a preocupação dos cientistas quanto à variabilidade na qualidade de ensino, de recursos disponíveis e da preparação científica dos professores (Taylor *et al.* 2008). Em concreto, 40% dos cientistas referiram que os professores deveriam aprofundar conhecimentos quanto ao processo de investigação científica nomeadamente quanto à forma de conduzir as atividades experimentais. Este estudo também refere alguns aspetos consensuais entre cientistas e professores quanto à importância dos alunos vivenciarem o entusiasmo que as descobertas científicas envolvem, a produção de ideias verdadeiramente originais e reflexão crítica como estratégias promotoras do interesse dos jovens pela ciência (Taylor *et al.* 2008). As dificuldades dos professores quanto à compreensão da ciência como um processo de produção de conhecimento têm sido referidas como um obstáculo à transposição de práticas do funcionamento da ciência real para o contexto de sala de aula (Lederman, 1999, 1992, 2004; Abd-El-Khalick e Lederman, 2000, Taylor *et al.* 2008). Uma questão pertinente é se existe uma correlação entre a compreensão da natureza da ciência pelos professores e as suas práticas pedagógicas (Brickhouse, 1990; Lederman, 1999). Neste contexto, Lederman (1999) mostrou que as percepções dos estudantes relativamente ao funcionamento da ciência não são diretamente proporcionais ao grau de conhecimento dos

professores relativamente aos aspetos da natureza da ciência. Estes resultados ilustram bem que não é suficiente que os professores compreendam a natureza da ciência sendo antes preciso saber como explicitar a natureza da ciência.

3.2- *Benefícios das interações cientistas/professores/estudantes*

O sucesso das interações entre cientistas e professores é largamente influenciado pelos benefícios que as partes envolvidas possam usufruir. A Figura 4 ilustra a importância da intersecção entre diferentes atores no processo de ensino/aprendizagem de ciências nomeadamente, os professores que ensinam ciência, os estudantes que aprendem ciência e os cientistas que fazem ciência com benefícios para todas as partes envolvidas. Os cientistas ganham competências em comunicação, inspiração e reflexão crítica a partir das questões dos alunos e alargam o impacto da sua investigação (Tanner, 2004, Chin e Osborne, 2004, 2008). Do lado dos professores, os ganhos poderão relacionar-se com o seu desenvolvimento profissional, atualização científica, facilitação do acesso a equipamento, material biológico e artigos científicos geralmente de difícil acesso na escola (Drayton e Falk, 2006). Finalmente, os estudantes ganham uma perceção mais real dos cientistas e do que é fazer ciência.

É consensual considerar que a comunicação entre cientistas/professores e alunos confere uma nova dimensão à forma de ensinar ciência no entanto, na maioria das vezes, as modalidades de interações são essencialmente de curta duração referindo-se por exemplo à ida pontual de investigadores à sala de aula ou da visita de alunos ao laboratório de investigação. O impacto destas interações na perceção e interesse dos jovens pela ciência e na real aprendizagem de ciência carece de uma avaliação fundamentada.

O investimento em interações de longa duração entre professores e cientistas poderá induzir novas formas de ensinar ciência com impactos positivos no ensino aprendizagem de ciência. Na Figura 5 são indicadas diferentes modalidades promotoras de interações de longa duração entre professores e cientistas. A implementação de plataformas de comunicação via *e-mail* bem como a integração de professores na rotina do trabalho de investigação e do funcionamento da comunidade científica podem gerar uma nova dinâmica na forma de ensinar ciência. Paralelamente, os cientistas também poderão integrar a comunidade escolar envolvendo-se em atividades que dominam, por exemplo, na elaboração de projetos angariadores de financiamento para a escola e na tutoria científica dos professores. A

integração de doutorados no ensino é também apontada como uma estratégia inovadora com potencialidades únicas no ensino de ciência que são discutidas no ponto 3.3.

A implementação de iniciativas promotoras do diálogo entre cientistas e professores constitui um importante contributo no ensino de ciências. Por exemplo, no Reino Unido existe um programa intitulado “teachers/scientists network” que prevê a ida de cientistas à sala de aula. Estes discutem com os alunos a ciência que produzem, a rotina do laboratório, o que fazem, como trabalham, que métodos utilizam e como são avaliados. O projeto Europeu “Volvox” é outro exemplo concreto de interações entre professores, cientistas, especialistas em educação e comunicadores de ciência. O objetivo deste projeto consiste em produzir recursos educativos com a garantia do rigor científico assegurado pelo envolvimento dos cientistas. Posteriormente, estes recursos são disseminados entre os professores que os poderão utilizar no contexto de ensino de conteúdos científicos específicos (<http://www.eurovolvox.org/>). O laboratório europeu para as ciências biológicas (ELLS, “European Laboratory for Life Sciences”) também está envolvido no estabelecimento de conexões entre os professores do ensino secundário e os cientistas. Neste caso, os professores integram o laboratório de investigação tendo a oportunidade de trabalhar com os cientistas em técnicas de Biologia Molecular (ELLS, www.embl.org/ells). A ideia subjacente a estes projetos é de que atuando ao nível dos professores são expectáveis mudanças na forma de ensinar ciência com efeitos positivos no interesse dos jovens pela aprendizagem de ciência.

Em Portugal, o programa “Escolher Ciência: Da Escola à Universidade” inserido no “Ciência Viva” tem como objetivo promover a aproximação entre os alunos do ensino secundário e superior perspetivando um incentivo ao prosseguimento de estudos em áreas científicas e tecnológicas (<http://www.cienciaviva.pt/escolherciencia/projectos>). Abrange vários projetos de trabalho como por exemplo o projeto “Afinal, o que é a ciência?” que envolve a interação entre diferentes centros de investigação da Faculdade de Ciências de Lisboa nomeadamente da filosofia das ciências, biologia marinha, citogenética, bioimagem e bioestatística que procura criar laços de aproximação entre os estudantes de uma escola secundária ao questionamento e reflexão crítica sobre o que é a ciência (<http://ciencia13-14.fc.ul.pt/>).

3.3- *Integração de doutorados no ensino básico e secundário de ciências*

Os cientistas poderão transmitir o entusiasmo pela ciência e o saber acumulado da prática da investigação científica e do funcionamento da ciência real constituindo um modelo de inspiração e motivação para o prosseguimento de estudos em áreas científicas. É pertinente refletir até que ponto os cientistas têm efetivamente disponibilidade e condições para se envolverem no ensino de ciências e em que modalidades o desejam fazer. Muitos cientistas deparam-se com o dilema de pretenderem aprofundar as interações com os professores e os estudantes mas debatem-se com constrangimentos relacionados com a falta de tempo e também com o facto das suas contribuições no ensino de ciências não serem valorizadas na sua avaliação.

O sistema de ensino ganharia muito em abrir a porta à contratação de cientistas que, adquirindo a formação pedagógica legalmente exigida para a lecionação, pretendessem enveredar por uma carreira no ensino. Os cientistas ao deixarem a bancada para se tornarem professores trazem não só conhecimentos científicos específicos mas também a vivência do funcionamento da ciência. A sua experiência profissional como cientistas irá, decerto, refletir-se na forma de ensinar ciência. A revista “*Science*” dedicou uma série de artigos aos motivos que levam os cientistas a querer trocar a bancada de laboratório pela sala de aula (Mervis, 2000). Os cientistas manifestam o seu desencorajamento pela falta de emprego científico permanente e pela enorme pressão suscitada pelas avaliações e necessidade de publicar regularmente artigos em revistas com elevado fator de impacto. Outros referem motivações genuínas de querer levar, aos mais jovens, o seu entusiasmo pela ciência.

No sistema científico português constata-se que não há capacidade de absorver os doutorados, conduzindo-os para um sistema de bolsas sucessivas de investigação sem perspectivas de uma carreira com alguma estabilidade. A necessidade de selecionar bons professores aliada à falta de emprego científico para os doutorados deveria ser uma força motriz para equacionar a possibilidade dos cientistas integrarem o sistema de ensino. Esta posição tem vindo a ser adotada nos Estados Unidos como forma de responder a dois problemas, como sejam, a falta de professores e o excesso de doutorados, com uma única solução de recrutamento de cientistas para o sistema de ensino (Schiermeier, 2010).

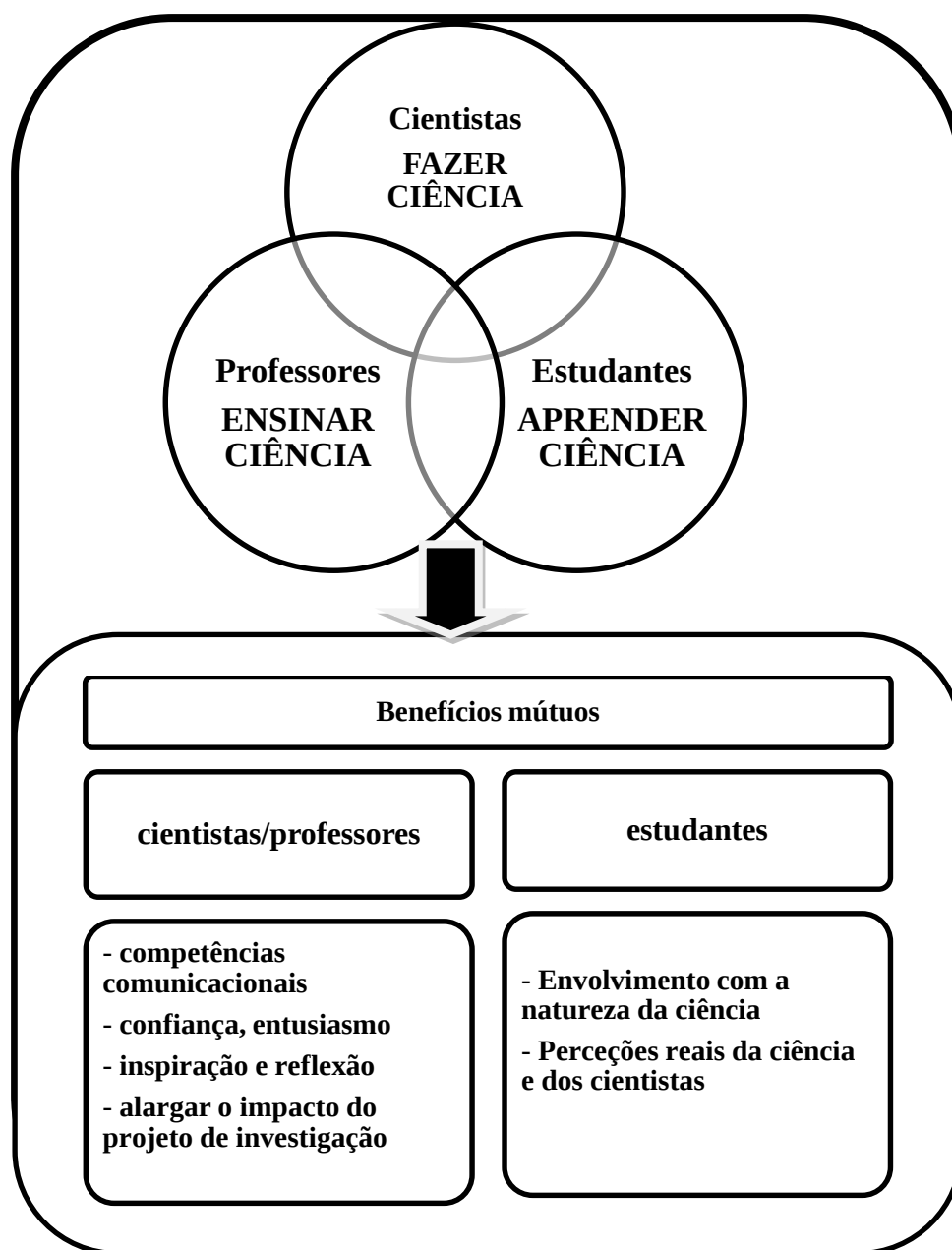


Figura 4- Benefícios da interseção entre os diferentes atores na educação no ensino/aprendizagem de ciências.

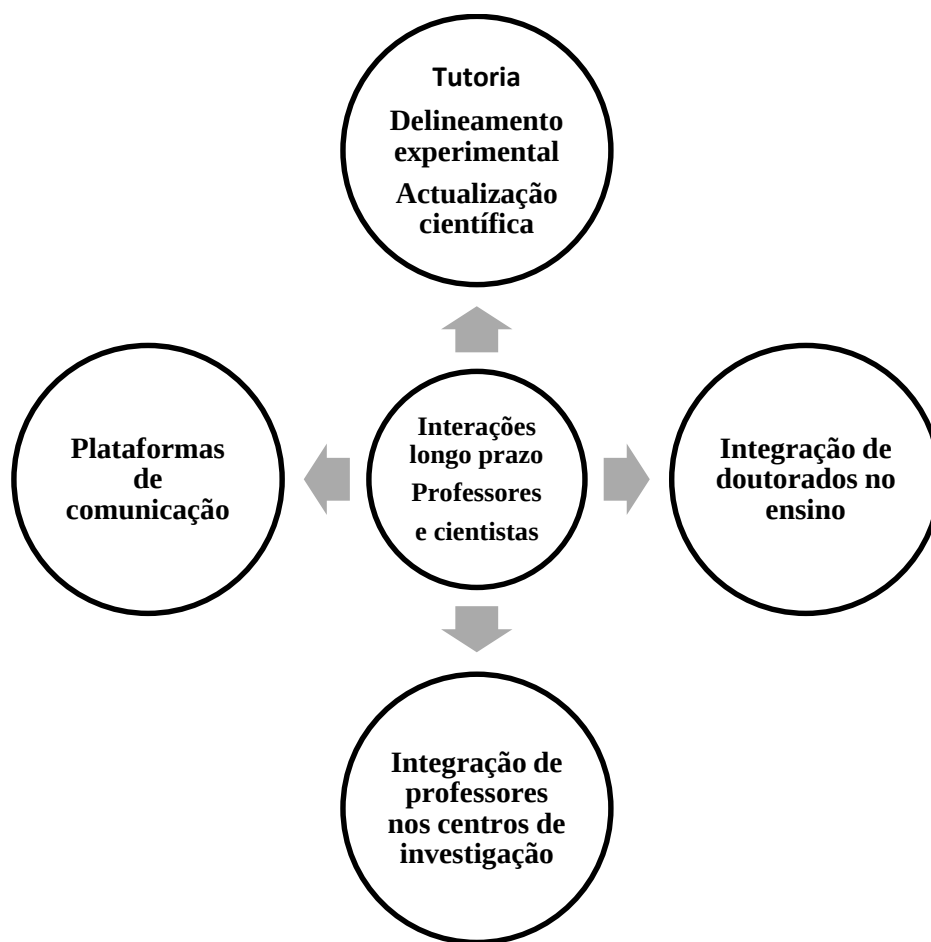


Figura 5 - Modalidades propostas para o estabelecimento de interações de longa duração entre professores e cientistas.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

METODOLOGIA

1- Plano de investigação de desenvolvimento de projeto

A metodologia adotada neste trabalho é de natureza investigativa de desenvolvimento de projetos (“Design-Based Research”). Trata-se de uma metodologia de investigação que procura melhorar as práticas educativas existentes bem como propor novas práticas pedagógicas através da resolução de problemas reais envolvendo interações entre investigadores e professores (Anderson e Shattuck 2012, *The Design-Based Research Collective*, 2003). A especificidade desta metodologia relaciona-se com algumas características referenciadas por Wang e Hannafin (2005) nomeadamente o facto de ser uma metodologia (a) pragmática uma vez que o enfoque reside em aspetos práticos do processo de ensino e aprendizagem; (b) realizada em *contextos reais*; (c) *interativa* porque envolve o cruzamento entre diferentes atores do processo educativo; (d) *dinâmica* porque funciona como um sistema de feedback que se auto regula com base em *inputs* recolhidos ao longo das diferentes etapas do processo e (e) *integrativa* na medida em que assenta em múltiplos métodos de recolha de dados incluindo observações, inquéritos e registos escritos.

A metodologia geral de desenvolvimento do projeto envolveu as seguintes fases:

- (a) **Contextualização e definição do problema:** o progressivo desinteresse e afastamento dos jovens pela ciência está presumivelmente associado à forma de ensinar ciência. Este problema exige uma reflexão sobre o estado do ensino da ciência e de “como ensinar a natureza da ciência?”
- (b) **Revisão da literatura:** visa a compilação de informação conducente às diferentes formas de abordar o problema.
- (c) **Investigação** relativa à implementação de estratégias ativas de ensino/aprendizagem baseadas em ferramentas que os cientistas utilizam no processo de construção do conhecimento científico.
- (d) **Reflexão e interpretação** de resultados perspetivando investigações futuras sobre novas práticas pedagógicas.

2- Delineamento de estratégias e recursos educativos para integrar a natureza da ciência no ensino da divisão celular

Todos os organismos vivos interagem com o meio ambiente lidando constantemente com múltiplas condições adversas. O conceito de cromossoma e a sua dinâmica funcional e estrutural ao longo do processo de divisão celular constituem temas abstratos de difícil compreensão pelos alunos. Neste sentido, as estratégias de ensino delineadas são diversas e visam explicitar a natureza da ciência (Tabela 1). O ponto de partida para despoletar diferentes etapas conducentes à construção de conhecimento científico sobre a divisão celular corresponde à introdução de um contexto problemático real nomeadamente o fato da planta de arroz ser particularmente sensível a condições ambientais adversas o que gera impactos negativos na produtividade e consequentemente na economia e sociedade.

Tabela 1- Multiplicidade de estratégias e recursos para integrar a natureza da ciência no ensino da divisão celular.

Orientações gerais do currículo	Estratégias metodológicas	Recursos/materiais
Explorar relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade	Problema real: relação entre alterações climáticas/ stresses ambientais e produtividade de arroz	Mapas e dados estatísticos sobre as alterações climáticas em curso e produção de arroz em Portugal.
Promover a identificação/ exploração de situações problemáticas abertas.	Questionamento, hipóteses, discussão, planeamento e execução experimental	Plantas de arroz (<i>Oryza sativa</i>) desenvolvidas em condições controlo <i>versus stress</i> .
Valorizar a realização de atividades práticas.	Construção de modelos e representação da “dança dos cromossomas” durante a meiose.	Plasticinas e cartolinas “Esparguetes da piscina”
Centrar o processo de ensino/aprendizagem nos alunos.	Comunicar ciência na sala de aula	Posters Artigos científicos
Integrar a construção do conhecimento	“peer review” na sala de aula	
Integrar a avaliação nos processos de ensino e aprendizagem		

3- Caracterização da amostra e técnicas de recolha de dados

Os dados obtidos neste estudo resultam do trabalho realizado durante a prática letiva em três aulas de 90 minutos cada com uma 24 alunos na disciplina de Biologia do 11º ano da Escola Secundária de Odivelas.

O plano metodológico envolveu a utilização de vários instrumentos para recolha de dados nomeadamente a elaboração de um inquérito com o objetivo de perceber as conceções dos estudantes sobre a ciência e os cientistas (Anexo I). Foram elaborados vários documentos de apoio às estratégias de ensino utilizadas nomeadamente um guia de apoio à análise de artigos científicos (Tabela 2), uma proposta de organização estrutural para a execução de um *poster* científico (Figura 6) e de um resumo para submissão a um “micro” congresso passível de ser realizado em contexto de sala de aula (Figura 7). Procurou-se também recolher registos escritos pelos estudantes com a finalidade de analisar as suas opiniões quanto às estratégias de ensino implementadas na sala de aula e respectivo impacto nas aprendizagens realizadas pelos alunos. A observação dos alunos durante a realização das atividades laboratoriais não implicou qualquer instrumento formal de recolha e registo de dados sendo a análise destes aspetos essencialmente de natureza qualitativa.

Instrumentos utilizados na recolha de dados:

Inquérito: A primeira abordagem consistiu em perceber que ideias têm os alunos sobre a ciência, nomeadamente: Quem são os cientistas? O que fazem? Como trabalham? Que métodos utilizam? Como comunicam? Como funciona a comunidade científica? Neste contexto, foi elaborado um inquérito a que os estudantes responderam num período de quinze minutos (Anexo I).

Material de apoio das aulas: As tarefas propostas aos alunos foram apoiadas pelos seguintes materiais: Guia de análise de um artigo científico (Tabela 2); Exemplo da organização estrutural de um *poster* científico (Figura 6); Exemplo da estrutura de um resumo para submissão a um “micro” congresso a realizar em contexto de sala de aula (Figura 7).

Questionários e registos escritos produzidos pelos alunos: Foi produzida uma grelha coadjuvante da avaliação de *posters* a realizar pelos diferentes grupos de trabalho (Tabela 3). No final, foi solicitado aos alunos a avaliação da realização desta atividade respondendo às questões referidas na Tabela 4.

Tabela 2- Guião de análise de um artigo científico

Guia de leitura de um artigo científico	<i>O que lê?</i>
Qual a pergunta/problema a que os autores tentam responder?	
Que questões são abordadas?	
Qual a abordagem experimental à questão (ou questões)?	
Como são apresentados os resultados? Na forma de figuras, tabelas etc..?	
O que se pretende mostrar com uma dada figura? Como se interpreta um dado gráfico?	
Foram feitos controlos? Quais?	
O artigo levanta novas questões?	
Reflexão crítica: a questão inicial do artigo é devidamente respondida? São produzidas novas questões de investigação?	

Tabela 3- Grelha de avaliação dos *posters*

Grelha de critérios de avaliação do <i>posters</i>	<i>O que vê?</i>
Qual a primeira coisa que vêes no <i>poster</i> ?	
O título é claro, apelativo, legível? Indicação do nome dos autores	
O <i>poster</i> apresenta muito texto, pouco texto ou texto suficiente?	
Qualidade do texto: a linguagem é científica, sintética, rigorosa, legível e sem informação supérflua?	
Organização geral do <i>poster</i> : é legível? Tem uma sequência lógica?	
São utilizadas figuras e/ou esquemas? São fáceis de perceber? Estão bem integradas no contexto? Estão devidamente legendadas?	
São indicadas referências bibliográficas?	

Tabela 4- Questionário de avaliação quanto à relevância de *posters* científicos no ensino/aprendizagem de ciência

Avaliação da atividade de execução de <i>posters</i>	<i>O que pensas?</i>
O tema do <i>poster</i> suscitou interesse?	
A apresentação do trabalho sob a forma de <i>poster</i> foi útil? Porquê?	
Preferias apresentar o trabalho sob a forma de relatório?	
O material de apoio foi suficiente?	
Consideras que a apresentação oral do <i>poster</i> é importante? Porquê?	
Reflete sobre o teu desempenho na apresentação oral. Sentiste dificuldades?	



Figura 6- Proposta organizacional de um poster científico.



Figura 7- Proposta organizacional de um resumo a submeter num congresso científico.

CAPÍTULO IV

**IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO
INTEGRADORAS DA NATUREZA DA CIÊNCIA**

IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO INTEGRADORAS DA NATUREZA DA CIÊNCIA

Este capítulo refere-se à implementação num contexto de sala de aula de estratégias de ensino delineadas no Capítulo III (Tabela 1) com o objetivo de explicitar alguns aspetos da natureza da ciência mencionados ao longo do Capítulo II e de aproximar os dos estudantes do funcionamento da ciência.

1- Perceção dos estudantes sobre a ciência e os cientistas

Os estudantes tendem a ter concepções estereotipadas sobre os cientistas e no seu imaginário têm interesses, pensamentos e modos de vida peculiares sendo diferentes das pessoas que integram o seu quotidiano (Thomas and McDuffie, 2001).

Este capítulo é iniciado com um inquérito dirigido à turma em estudo visando diagnosticar a perceção dos estudantes sobre o funcionamento da ciência e os cientistas, por exemplo, quem são? como trabalham? que métodos utilizam?. Os estudantes responderam ao inquérito num período de 15 a 20 minutos (Anexo I). Não se pretende fazer aqui uma análise exaustiva e quantitativa dos resultados deste inquérito porque tal exigiria a sua aplicação em larga escala incluindo por exemplo, múltiplas turmas de diferentes níveis de ensino (básico *versus* secundário). De uma forma geral, relativamente à turma do 11º ano em estudo, as respostas revelaram um desconhecimento sobre o funcionamento da ciência e da comunidade científica. A Figura 8 refere-se a um conjunto de respostas de um aluno do 11º ano seleccionadas pela sua representatividade da apreciação global do grupo turma. Cerca de 53% dos alunos afirmaram nunca ter tido oportunidade para delinear um procedimento experimental. A totalidade dos alunos revelou não saber para que servem os congressos científicos e nunca tiveram oportunidade de simular a sua realização em contexto de sala de aula. Em contraste, afirmam ter tido oportunidade de realizar *posters* muito embora admitam não o ter feito seguindo critérios de natureza científica.

11- Se respondeste sim à questão anterior, como pensas que os cientistas comunicam? (Selecciona a opção que te parece ser a mais frequente)

a. ☒ Por correio electrónico (e-mail)

b. ☐ Por correio.

c. ☐ Outra forma. Qual? _____

12- Os cientistas escrevem e publicam artigos científicos. Porquê? Indica duas razões.

a. Para divulgar as suas descobertas e teorias

b. Ganham prémios

13- Relativamente às metodologias utilizadas nas aulas de ciências, já tiveste oportunidade de:

a. Realizar um Poster científico?

i. ☒ Sim

ii. ☐ Não

b. Simular a realização de um congresso científico

i. ☐ Sim

ii. ☒ Não

c. Construir um projecto de investigação a partir de uma questão inicial?

i. ☐ Sim

ii. ☒ Não

d. Construir tu próprio um protocolo experimental para realizar numa aula prática laboratorial

i. ☒ Sim

ii. ☐ Não

e. Contactar de alguma forma com artigos científicos publicados em revistas internacionais, por exemplo analisar títulos, resumos ou figuras.

i. ☒ Sim

ii. ☐ Não

14- No seu trabalho, o cientista utiliza uma ferramenta muito importante, o caderno de laboratório.

a. O que pensas que escreve o cientista no caderno de laboratório?

Para registar resultados, observações,

procedimentos

Figura 8- Respostas de um aluno do 11ºano quanto à sua percepção sobre alguns aspetos relacionados com o funcionamento da comunidade científica.

2- Implementação de estratégias metodológicas integradoras da natureza da ciência no ensino da divisão celular

Os processos de divisão celular são essenciais à compreensão da biologia e da genética no entanto os estudantes revelam frequentemente dificuldades em compreender os conceitos de núcleo, cromossomas homólogos e divisão celular (mitose e meiose). As plantas são uma excelente ferramenta no ensino de ciência na medida em que são fáceis de manipular, não acarretam custos excessivos quanto à sua manutenção e crescimento em sala de aula nem representam riscos para a segurança dos alunos (Lally, 1997, Hershey, 1989). As estratégias de ensino implementadas no âmbito deste trabalho estão indicadas na Tabela 1. A primeira etapa metodológica envolveu a exploração das interações entre planta/meio ambiente utilizando o arroz como exemplo de uma planta sensível a stresses ambientais havendo a possibilidade da estrutura dos cromossomas e do processo de divisão celular sofrerem alterações em resultado de condições ambientais adversas. A introdução deste problema desencadeou a sequência de um processo investigativo sobre a meiose em que se procurou integrar múltiplos aspetos da natureza da ciência tal como descrito nos pontos seguintes.

2.1- Introdução de um contexto problemático real para desencadear diferentes etapas de um processo investigativo sobre a divisão celular

As plantas não se movem e como tal não conseguem “fugir” de situações ambientais adversas. Neste trabalho, o arroz é utilizado como caso de estudo para introduzir um problema concreto e real com implicações económicas. O arroz é uma cultura tradicional em Portugal. Os Portugueses têm um consumo *per capita* de arroz mais elevado da comunidade europeia (aproximadamente 18 kg/capita/ano) mas apesar disso em Portugal a produção corresponde a aproximadamente 60% do valor consumido. Os agricultores portugueses debatem-se com o problema de baixa produtividade devido essencialmente ao frio (que impede a cultura a norte do Mondego) e à salinidade (que afeta em particular os rios Tejo, Sorraia e Sado).

2.2- *Questionamento, hipóteses, discussão, planeamento e execução experimental*

A introdução do contexto problemático referido no ponto anterior levou a um período de discussão que envolveu o questionamento e a construção de hipóteses favorecendo o pensamento reflexivo e criativo estimulando nos alunos atitudes similares às de um cientista. Os tópicos de discussão incidiram nos seguintes pontos: Qual o efeito do frio e/ou da salinidade no crescimento e desenvolvimento da planta? Qual será a fase do desenvolvimento da planta mais sensível ao *stress* de salinidade, será a fase de germinação? Ou será a fase reprodutiva? Que tecido da planta será propício à observação de células em divisão mitótica? E se o objetivo for a observação de células em divisão meiótica, qual o tecido a recolher? O processo de divisão celular poderá ser afetado por condições ambientais adversas? Como delinear o procedimento experimental para responder a estas questões? Que controlos devem ser incluídos? Nesta fase, foi definida a questão principal de investigação: perceber se o *stress* salino causa alterações nos cromossomas e/ou processo de divisão celular em arroz.

A turma foi dividida em pequenos grupos de trabalho constituídos no máximo por quatro alunos. O trabalho de grupo implicou a elaboração de um plano de investigação incluindo a definição de variáveis, controlos e condições controladas. Ao longo deste processo foram surgindo novas questões como por exemplo, qual será a temperatura ótima de crescimento da planta de arroz? Que concentração de sal poderá constituir um fator de *stress* para a planta? Mas afinal o que é um *stress* para a planta? Como aplicar o *stress*? Durante quanto tempo? Qual será a condição controlo? E os cromossomas de arroz, serão fáceis de visualizar ao microscópio? E que outros efeitos fenotípicos poderão ser observados devido à imposição de um *stress* salino? No final, os alunos foram capazes de delinear o procedimento experimental para responder à questão da salinidade poder afectar os cromossomas e/ou divisão celular.

O desenvolvimento da planta de arroz desde a fase de germinação até à fase reprodutiva corresponde aproximadamente a três meses em condições controladas. No sentido de contornar a dificuldade em obter plantas num estágio de desenvolvimento adequado à recolha de material para observação de figuras de meiose poder-se-á optar por fornecer aos alunos anteras já fixadas provenientes de plantas controlo *versus* plantas submetidas a *stress*. No entanto, é importante mostrar aos alunos os aspetos fenotípicos associados à imposição de *stress* salino durante o desenvolvimento de plantas de arroz (Figura 9 A,B). O manuseamento experimental, nomeadamente a técnica de “esfregaço” de anteras foi realizada com “agulhas

de dissecção” construídas pelos alunos na sala de aula a partir de alfinetes espetados em rolhas de cortiça (Figura 9 C). A observação ao microscópio de células em divisão meiótica foi acompanhada pelo registo escrito das observações (Figura 9 D).

2.3- Construção de modelos no ensino aprendizagem da divisão celular

A utilização de materiais invulgares como por exemplo os “esparguetes da piscina” podem ter um papel facilitador na compreensão de conceitos abstratos como é o caso do comportamento dos cromossomas durante a meiose (Locke e McDermid 2005). Neste trabalho, os “esparguetes da piscina” foram também utilizados como ferramentas para modelar o comportamento dos cromossomas e representar etapas cruciais do processo de meiose como por exemplo o “crossing over” (Figura 9 E-J). Os alunos tiveram um papel ativo no processo de ensino/aprendizagem tendo realizado uma representação teatral da “dança dos cromossomas” ao mesmo tempo que questões pertinentes iam sendo levantadas como por exemplo “como encontrar o parceiro certo?”. Este exercício de coreografia do processo meiótico foi ainda complementado com a utilização de plasticinas de várias cores para modelar os cromossomas esquematizando o processo de meiose numa folha de cartolina (Figura 9 K).

2.4- Perspetiva evolutiva do conhecimento científico sobre o núcleo e cromossomas

A introdução de aspetos da história da ciência constitui uma excelente ferramenta no ensino da ciência e foi também uma estratégia aplicada no ensino da divisão celular. O conceito de cromossoma e de organização do núcleo constituem um bom exemplo de como o conhecimento científico depende do contributo de muitos investigadores e de múltiplos avanços tecnológicos como o caso da construção de microscópios cada vez mais potentes. Este aspeto da evolução do conhecimento científico foram abordados na sequência da atividade de construção de modelos referidos no ponto anterior. A forma de abordagem envolveu a referência ao trabalho de cientistas do passado e a marcos históricos na construção do conhecimento sobre o núcleo e cromossomas. Tal como referido por Raices e D’Angelo (2012), o termo núcleo foi primeiramente utilizado por Robert Brown (1833) para descrever uma bola opaca com uma forma redonda ou oval presente em todas as células de plantas. O termo cromossoma é atribuído a Waldeyer-Hartz (1888) e deriva das palavras gregas “*khroma*”, que significa cor, e “*soma*” que significa corpo. As primeiras

observações de cromossomas foram feitas na segunda metade do século XIX graças ao uso de técnicas convencionais de utilização de corantes para o DNA. Até ao final dos anos 60, SÉC XX, as observações cingiram-se a cromossomas metafásicos e meióticos de plantas (citogenética de plantas) enquanto a observação de cromossomas animais só se inicia mais tarde após a resolução de problemas experimentais associados ao estabelecimento de cultura de células animais (Schubert, 2011). O estudo do núcleo interfásico foi durante muito tempo considerado pouco atrativo já que aparentava ser um emaranhado de fibras desorganizadas de cromatina, lembrando em imagem figurada, um prato de esparguete. Só mais tarde, nos anos 80, SÉC XX, graças ao desenvolvimento de microscópios mais sofisticados e de novas técnicas da biologia molecular foi possível estabelecer o conceito de território cromossómico no núcleo interfásico isto é, que na interfase os cromossomas ocupam domínios/territórios específicos com implicações funcionais na regulação da expressão de genes. Os manuais escolares continuam erradamente a atribuir pouca relevância ao estudo do núcleo interfásico e a insistir no imaginário do “prato de esparguete”, induzindo ideias erradas sobre o núcleo interfásico.



Figura 9- Práticas pedagógicas implementadas no contexto de ensino da divisão celular (meiose).

As etapas representadas incluem a exploração do impacto negativo de fatores ambientais no fenótipo da planta de arroz (A,B), a execução da atividade experimental nomeadamente a execução de um esfregaço de células de anteras (C) e observação ao microscópio ótico (D), reforço da compreensão de fases chave do processo da meiose através da utilização de diferentes materiais como sendo os esparguetes da piscina (E-J) e as plastinas (K) e finalmente a apresentação oral do resumo de um artigo científico sobre a meiose (L). As fotografias A e B foram gentilmente cedidas pela investigadora Liliana Ferreira.

2.5- A ênfase na comunicação de ciência na sala de aula

A realização do inquérito referido no ponto 1 deste capítulo mostrou um desconhecimento geral sobre as diferentes formas de comunicar ciência. Neste contexto, foram apresentadas aos alunos as funcionalidades de ferramentas específicas inerentes à comunicação de ciência nomeadamente o caderno de laboratório, artigos científicos e *posters* (Figura 10). O desenvolvimento de competências comunicacionais foi trabalhado a partir da análise parcial de artigos científicos e da execução e apresentação oral de *posters* na sala de aula.

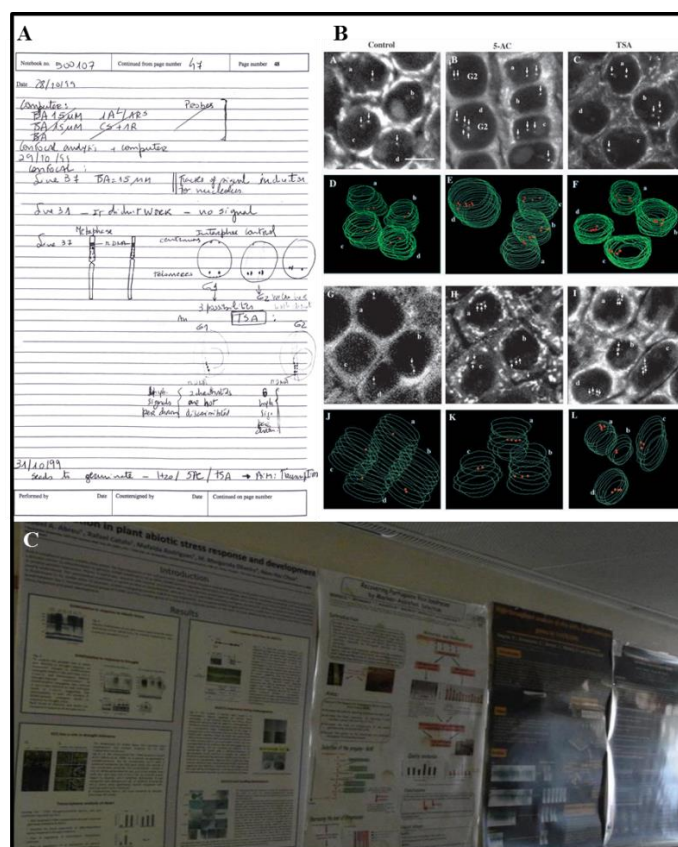


Figura 10- Ferramentas de comunicação de ciência: caderno de laboratório (A), artigos científicos (B) e *posters* (C).

Os Artigos científicos como ferramenta de ensino aprendizagem de ciência

A utilização de artigos científicos como estratégia de ensino é possível em contexto de sala de aula no ensino secundário (Schinske *et al* 2008) mas atendendo à complexidade da linguagem dos artigos científicos, a sua implementação na sala de aula exige algum cuidado quanto à seleção dos artigos e das respectivas secções específicas propostas para análise e discussão (Snow, 2010). Neste trabalho, o objetivo subjacente à introdução dos artigos como estratégia metodológica aplicada ao ensino da divisão celular foi o de enfatizar junto dos alunos que o tema da meiose continua a ser estudado estando ainda muito longe de ser compreendido. Permitiu ainda realçar a globalidade do mundo da ciência e a importância da língua inglesa no funcionamento da comunidade científica. Os artigos foram introduzidas após a realização da atividade experimental conducente à observação microscópica de um esfregaço de células de anteras. Os grupos de trabalho da atividade experimental foram mantidos tendo sido solicitado aos alunos a análise de uma secção específica de um artigo nomeadamente o resumo durante um período de 20 minutos. Todos os artigos científicos utilizados nesta atividade estão relacionados com a dinâmica do processo de meiose (Figura 11 A, B, C). Em seguida, cada grupo de trabalho apresentou oralmente à turma as principais ideias do resumo (Figura 9 L). Muito embora este exercício tenha sido focado na análise concreta de uma secção do artigo, foi fornecida aos alunos uma grelha ilustrativa da importância da análise crítica de um artigo científico (Capítulo III, Tabela 2). Os alunos foram capazes de transmitir as ideias chave do resumo do artigo e foram capazes de elaborar questões de investigação pertinentes e relevantes para a investigação sobre o tema da meiose. O fato do resumo lhes ter sido fornecido em língua inglesa não constituiu um problema para a realização da atividade e não evidenciou resistências por parte dos alunos.

Os Posters científicos como ferramenta de ensino aprendizagem de ciência

Relativamente à atividade de execução de *posters* científicos foi seguido o mesmo método de trabalho isto é a formação de grupos de quatro alunos. Foi previamente fornecida uma matriz de guia para a organização estrutural do *poster* e com indicações precisas quanto à dimensão do documento “power-point” (90 x 120 cm), estrutura e secções que o “poster” deveria incluir (Capítulo III, Figura 6). O tema do poster incidiu na potencial relação entre stresses ambientais e o processo de meiose em arroz devendo basear-se nos resultados obtidos na atividade experimental realizada na sala de aula. Muito embora os alunos tenham referido no inquérito (Anexo I) alguma familiarização prévia com a execução de *posters*, ao longo da realização desta atividade reconheceram quenão tinham uma percepção clara quanto à

organização estrutural de um *poster* científico. Os alunos revelaram dificuldades essencialmente ao nível da forma de escrever utilizando uma linguagem científica. A apresentação oral do *poster* por todos os grupos foi comparada a um evento de congresso científico. Foi dado a conhecer as principais etapas desde a forma de submissão de um resumo (Capítulo III, Figura 7) até à participação e apresentação oral do trabalho realizado. Neste contexto de simulação de um “microcongresso” foram implementadas regras relativas aos tempos de apresentação (10 minutos/grupo) e de discussão (10 minutos/grupo). No período de discussão foi incentivada a avaliação crítica entre pares devendo cada grupo colocar pelo menos uma questão ao grupo que apresentava oralmente o *poster*. Esta atividade foi coadjuvada por uma grelha de critérios subjacentes à avaliação crítica de *posters* (Capítulo III, Tabela 3).

A avaliação dos alunos como parte integrante do processo de ensino aprendizagem

Após terem vivenciado práticas científicas na sala de aula, foi solicitado aos alunos que registassem aspetos relevantes adquiridos sobre o funcionamento da ciência. A Figura 12 reúne um conjunto de testemunhos de avaliação sobre a prática de executar, apresentar e discutir de uma forma reflexiva um *poster* científico. Os alunos descrevem esta prática na sala de aula como útil, inovadora e enriquecedora quanto à compreensão de conceitos científicos e também quanto ao desenvolvimento de competências de comunicação de ciência (Figura 12). Ao serem questionados sobre o que aprenderam acerca do funcionamento da ciência, os alunos destacam aspetos relacionados com a importância do erro, das observações e registos escritos e da forma de comunicar ciência. (Figura 13).

(A) Improving the chances of finding the right partner. Moore e Shaw, 2007

ABSTRACT: Recognition and pairing of homologous chromosomes is absolutely required for successful segregation during meiosis. We still have no model, however, that adequately explains the mechanism of this process in a quantitative way. The fact that homologue pairing takes similar times across several orders of magnitude in genome size rules out simple, linear homology searching mechanisms. Although homology searching must ultimately depend on DNA sequence comparisons, a number of more specific mechanisms have been described in different organisms, including telomere clustering, centromere association and interaction of specific pairing sequences. These mechanisms can be interpreted as limiting the required search and thus improving the efficiency of pairing.

(B) Meiosis-specific gene discovery in plants: RNA-Seq applied to isolated Arabidopsis male meiocytes. Chen *et al.* (2010)

ABSTRACT

Background: Meiosis is a critical process in the reproduction and life cycle of flowering plants in which homologous chromosomes pair, synapse, recombine and segregate. Understanding meiosis will not only advance our knowledge of the mechanisms of genetic recombination, but also has substantial applications in crop improvement. Despite the tremendous progress in the past decade in other model organisms (e.g., *Saccharomyces cerevisiae* and *Drosophila melanogaster*), the global identification of meiotic genes in flowering plants has remained a challenge due to the lack of efficient methods to collect pure meiocytes for analyzing the temporal and spatial gene expression patterns during meiosis, and for the sensitive identification and quantitation of novel genes.

Results: A high-throughput approach to identify meiosis-specific genes by combining isolated meiocytes, RNA-Seq, bioinformatic and statistical analysis pipelines was developed. By analyzing the studied genes that have a meiosis function, a pipeline for identifying meiosis-specific genes has been defined. More than 1,000 genes that are specifically or preferentially expressed in meiocytes have been identified as candidate meiosis-specific genes. A group of 55 genes that have mitochondrial genome origins and a significant number of transposable element (TE) genes (1,036) were also found to have up-regulated expression levels in meiocytes.

Conclusion: These findings advance our understanding of meiotic genes, gene expression and regulation, especially the transcript profiles of MGI genes and TE genes, and provide a framework for functional analysis of genes in meiosis.

(C) Impact of high-temperature stress on rice plant and its traits related to tolerance. Shah *et al.* (2011)

ABSTRACT: The predicted 2–4 °C increment in temperature by the end of the 21st Century poses a threat to riceproduction. The impact of high temperatures at night is more devastating than day-time or mean dailytemperatures. Booting and flowering are the stages most sensitive to high temperature, which may sometimes lead to complete sterility. Humidity also plays a vital role in increasing the spikelet sterility at increased temperature. Significant variation exists among rice germplasms in response to temperature stress. Flowering at cooler times of day, more pollen viability, larger anthers, longer basal dehiscence and presence of long basal pores are some of the phenotypic markers for high temperature tolerance. Protection of structural proteins, enzymes and membranes and expression of heat shock proteins (HSPs) are some of the biochemical processes that can impart thermo-tolerance. All these traits should be actively exploited in future breeding programmes for developing heat-resistant cultivars. Replacement of heat-sensitive cultivars with heat-tolerant ones, adjustment of sowing time, choice of varieties with a growth duration allowing avoidance of peak stress periods, and exogenous application of plant hormones are some of the adaptive measures that will help in the mitigation of forecast yield reduction due to global warming

Figura 11- Resumo dos artigos científicos analisados pelos alunos. (A) Moore e Shaw (2009), (B) Chen *et al.* (2010), (C) Shah *et al.* (2011).

2. A apresentação do trabalho sob a forma de Poster foi útil? Porquê?

Sim, não era o que estávamos habituados a fazer e a apresentar o que tornou-se útil para a nossa aprendizagem.

R: foi, pois nunca tínhamos usado esta forma de apresentação.

Sim, porque nunca tínhamos feito um poster científico antes.

3. Preferias apresentar o trabalho sob a forma de relatório da actividade experimental? Justifica.

R: não, porque relatórios fazemos todo o ano e como já disse é uma forma diferente e interessante de apresentação.

5. Consideras que a apresentação oral do Poster é importante? Porquê?

É, para fazer com que os outros entendam com mais clareza o nosso trabalho.

6. Reflecte sobre o teu desempenho na apresentação oral. Sentiste dificuldade na comunicação para a turma?

Senti-me nervosa, como é normal. Mas até acho que correu bem.

Alguma, pois apesar de serem meus colegas de turma é sempre difícil mas senti um pouco de nervosismo.

Sim, tenho certas dificuldades na comunicação e exposição ao público.

Figura 12- Avaliação dos alunos quanto à elaboração e apresentação oral de um poster.

- Os cientistas mantêm um registo diário das experiências que elaboram num caderno de laboratório - protocolo, resultados / observações e data. Os erros cometidos também são registados uma vez que têm repercussões importantes na experiência.
Iara Descobri hoje que o mundo da ciência é muito mais extensa do que nos pensamos.
O importante Registrar tudo no caderno, até mesmo os erros Naiana - Além de artigos científicos (que implicam processos morosos de elaboração) os cientistas se redigem também pósters como forma de divulgar, de forma se sistematizada, o seu trabalho e as suas descobertas.
11^o ano 11 Novembro 2011, Cláudia F

Figura 13- Perceção dos alunos quanto ao funcionamento da ciência após terem vivenciado práticas científicas na sala de aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

O progressivo desinteresse e afastamento dos jovens pela ciência é um problema amplamente referenciado no espaço europeu que presumivelmente está relacionado com a forma de ensinar ciência. O desenvolvimento deste trabalho assenta na convicção de que são necessárias mudanças na forma de ensinar ciência. Neste sentido, pretende ser um contributo para o delineamento de estratégias de ensino diversificadas perspetivando uma aprendizagem real de conceitos científicos através da integração de aspetos da natureza da ciência na sala de aula. O modelo de estudo é baseado na potencial correlação entre as interações planta/meio ambiente e aspetos da divisão celular (meiose). As estratégias implementadas de ensino aprendizagem da divisão celular incluíram uma sequência de atividades promotoras da vivência da natureza da ciência na sala de aula nomeadamente; (a) a introdução de um contexto problemático real para desencadear diferentes etapas de um processo investigativo; (b) o questionamento, delineamento de hipóteses e execução experimental; (c) a utilização de modelos (d) uma visão evolutiva do conhecimento científico; (e) ênfase particular na comunicação de ciência através de ferramentas utilizadas pelos cientistas como é o caso dos artigos científicos e *posters*.

Neste estudo mostra-se que a vivência da natureza da ciência é passível de ser operacionalizada no ensino/aprendizagem de conceitos científicos com impactos positivos na compreensão de conceitos, na comunicação de ciência e na aproximação dos estudantes à forma de funcionar da comunidade científica. A avaliação dos alunos sobre as práticas científicas vivenciadas revela entusiasmo e fascínio pela descoberta de novas perceções até então desconhecidas sobre a ciência tal como é evidenciado por uma aluna que escreve a seguinte nota: “descobri que o mundo da ciência é muito mais extenso do que pensamos”.

Este trabalho enfatiza particularmente a importância da construção de pontes entre a escola e as instituições geradoras de conhecimento científico como forma de inspirar e elucidar estudantes e professores quanto ao processo de construção de conhecimento científico. Espera-se que este seja o caminho para estimular o interesse dos alunos na aprendizagem de ciências induzindo-os a prosseguirem estudos em áreas científicas.

Este projeto de investigação perspetiva a transformação de práticas de ensino dos professores sendo esta uma tarefa complexa que envolve um investimento contínuo no desenvolvimento profissional dos professores. Os processos de mudança no ensino/aprendizagem de ciências tendem a ser travados por inúmeras forças de resistência

inerentes ao próprio sistema educativo por exemplo, a imutabilidade de alguns pressupostos fundamentais como os currículos, métodos de ensino, organização da turma e da escola ou um apego excessivo dos professores a métodos e práticas pedagógicas correntes que sabem à partida ser confortáveis e seguros. A ideia de que a redução de conteúdos pode permitir uma maior dedicação a metodologias de ensino mais ativas e centradas no aluno é questionável na medida em que a essência do problema poderá não residir na quantidade de conteúdos mas sim na forma como os conceitos científicos são ensinados e compreendidos. Adicionalmente, as questões relacionadas com a mudança e inovação no ensino de ciências geram múltiplas críticas e barreiras como sendo por exemplo o fato de a sala de aula não ser um laboratório de investigação e que por isso os reagentes e equipamentos utilizados na investigação não podem ser adquiridos num contexto de orçamento de escola, que os professores não são cientistas e que por isso não dominam verdadeiramente o funcionamento da ciência, que o tempo letivo é insuficiente para conjugar a implementação de estratégias de ensino/aprendizagem ativas com a preparação dos estudantes para os exames e ainda que os estudantes precisam efetivamente de memorizar definições e de adquirir conhecimentos na forma de definições.

As barreiras à mudança podem e devem ser minimizadas numa primeira linha de atuação através de uma reformulação de práticas e rotinas já existentes na comunidade escolar. Por exemplo, repensar a funcionalidade das múltiplas reuniões de professores realizadas na escola. Em concreto, as reuniões dos grupos disciplinares poderão ser utilizadas como fóruns de discussão de práticas pedagógicas. Outro exemplo consiste em valorizar a biblioteca escolar como uma ferramenta importante na educação em ciências nomeadamente porque pode (a) promover conexões entre a escola e as instituições do ensino superior através por exemplo da criação de base de dados de institutos de investigação nacionais e internacionais, de cientistas por áreas de trabalho ou de biografias de cientistas; (b) valorizar o contacto com a investigação científica através da disponibilização *in situ* de revistas científicas de assinatura gratuita com credibilidade por exemplo a revista “Lab Times” (<http://www.labtimes.org/>); (c) formação de utilizadores da biblioteca dirigida a professores e alunos abordando temas como a avaliação da credibilidade das fontes, plagio e regras de indicação de bibliografia.

O investimento em interações de longa duração entre professores e cientistas constitui uma força motriz para induzir novas formas de ensinar ciência.

REFERÊNCIAS

- Abd-El-Khalick F., Lederman N. (2000) Improving science teachers' understanding of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education* 22, 665–701.
- Allen D., Tanner K. (2003) Approaches to Cell Biology Teaching: Learning Content in Context-Problem-Based Learning. *Cell Biology Education*, 2, 73–81.
- Anderson T., Shattuck J. (2012) Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.
- Anthony K.J., Frasier W.M. (2009) Teaching students to create undiscovered ideas. *Science Scope* 33, 1, 20-27.
- Bell R. (2013). Best practices in science education. Teaching the Nature of Science: Three critical questions. National Geographic Science.
- Brickman P., Glynn S., Graybeal G. (2008) Introducing student to cases. *Journal of College Science Teaching* 37 (3): 12-16.
- Brickhouse N.W. (1990) Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41, 53–62.
- Buxton C.A. (2006) Creating Contextually Authentic Science in “Low-Performing” Urban Elementary School. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 7, 695-721.
- Caton E., Brewer C., Brown F. (2000) Building teacher – scientist partnerships: Teaching about energy through inquiry. *School Science and Mathematics*, 100, 1, 7-15.
- Cervetti, G. 2009. Why do scientists disagree? Nashua, NH: Delta.
- Chen C., Farmer A.D., Langley R.J., Mudge J., Crow J.A., May G.D., Huntley J., Smith A.G., Retzel E.F. (2010) Meiosis-specific gene discovery in plants: RNA-Seq applied to isolated Arabidopsis male meiocytes. *BMC Plant Biology*, 10:280.
- Chin C., Osborne J. (2008) Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44, 1, 1–39.
- Chin, C., & Chia, L.G. (2004). Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88, 707–727.
- Chisholm R.M. (1991) Introducing students to peer review of writing. *Journal on Writing Across the Curriculum*, 3, 1, 4-19.
- Davis K., Coskie T. (2009) Hypothesis testing: it's okay to be wrong. *Science and Children* 46, 6, 58-60.
- Delors J., Al-Mufti I., Amagi I., Carneiro R., Chung F., Geremek B., Gorham W., Kornhauser A., Manley M., Quero M.P., Savané M.A., Singh K., Stavenhagen R., Suhr M. W., Nanzhao Z, (1996) Educação um tesouro a descobrir-Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI.

- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8, 35-37.
- Dolan E.L. (2006) Student-teacher-scientist partnerships: Experimental biology in K-12 classrooms. *FASEB J.* 20, 1311.
- Drayton B., Falk J. (2006) Dimensions that shape teacher – scientist collaborations for teacher enhancement. *Science Education*, 90, 734-761.
- Driver R., Newton P., Osborne J. (2000) Establishing the Norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 3, 287-312.
- Driver R., Asoko H., Leach J., Mortimer E., Scott P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher* 23 (7), 5-12.
- Driver R., Leach J., Millar R., Scott P. (1996) Young people's images of science. Philadelphia: Open University Press.
- Druger M., Allen G. (1998) A study of the role of research scientists in K12 science education. *The American Biology Teacher*, 60, 334-349.
- Duschl R.A., Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education* 38, 39–72.
- Duschl R., Schweingruber H., Shouse A. (2007) Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington DC: The National Academies Press.
- Edelson D.C (1997) Realizing authentic science learning through the adaptation of scientific practice. In International handbook of science education, eds K. Tobin and B. Fraser, 314-322. Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Herman B. (2008) Less is more. *Iowa Science Teachers Journal* 35, 2, 4-9.
- Herreid C.F. (1996) Structured Controversy: A Case Study Strategy DNA Fingerprinting in the Courts. *Journal of College Science Teaching*, 26, 2.
- Hershey D.R. (1989) Plant scientists should promote plant science through education. *Plant Cell* 1: 655–656.
- Hodson D. (1993) Re-thinking Old Ways: Towards a More Critical Approach to Practical Work in School Science. *Studies in Science Education* 22, 85-142.
- Hodson D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), 33-40.
- Johnson D.W., Johnson R.T. (1988) Critical thinking through controversy. *Educational Leadership*, 58-64.
- Kelly A.V. (1981). O Currículo Teoria e Prática, São Paulo: Editora Harbra.
- Krogh L.B., Nielsen K. (2013) Introduction: How Science Works—and How to Teach It. *Sci & Educ* 22, 2055–2065.
- Kruse J. (2008) NOS: integrating the Nature of Science throughout the entire school year. *Iowa Science Teachers Journal* 35, 2, 15-20.

- Kuhn D. (1993) Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education* 77,3, 319 – 337.
- Lakin, S. & Wellington, J. (1994). Who will teach the ‘nature of science? teachers’ views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 175-190.
- Lally D., Tax F.E., Dolan E.L. (2007) Sowing the Seeds of Dialogue: Public Engagement through Plant Science. *The Plant Cell*, 19, 2311–2319.
- Lederman N.G. (1999) Teachers’ understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching* 36, 916-929.
- Lederman N.G. (1992) Students and teachers conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331–359.
- Lederman N.G., Lederman S.J. (2004) Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher*, 71, 9, 36-39.
- Leite L. (2001) Contributos Para Uma Utilização Mais Fundamentada do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências. *Cadernos Didáticos de Ciências*, 1, Lisboa:Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário, 79-97.
- Locke J.; McDermid H.E. (2005) Using Pool Noodles to Teach Mitosis and Meiosis Genetics. Education Note Innovations in Teaching and Learning Genetics. *Genetics* 170, 5–6.
- Loper S., Baker J. (2009) More than one “right” answer. *Science and Children* 47 (3) 32-35.
- Mervis J. (2000) How to Produce Better Math and Science Teachers. *Science* 289, 5484, 1454-1455.
- McComas W. (2004) Keys to teaching the Nature of Science. *The Science Teacher*, 71, 9, 24-27.
- Millar, R., Osborne, J.F. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College London.
- Moore G.; Shaw P. (2009) Improving the chances of finding the right partner. *Current Opinion in Genetics &Development*, 19, 2, 99-104.
- Newton P., Driver R., Osborne J. (1999) The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education* 21, 5, 553-576.
- O’Neill D.K.; Polman J. (2004) Why educate “little scientists?” Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching* 41, 3, 234-266.
- Osborne J., Erduran S., Simon S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching* 41, 10, 994-1020.
- Osborne J., Collins S., Ratcliff E.M., Millar R., Duschl R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching* 40, 692-720.

- Osborne J., Erduran S., Simon S., Monk M. (2001) Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review* 82, 301, 63-70.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. King's College London: The Nuffield Foundation.
- Pedrosa M.A. (2001) Ensino das Ciências e Trabalhos Práticos – (Re)Conceptualizar... In A. Veríssimo, A. Pedrosa, R. Ribeiro (Coords.). *(Re)Pensar o Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação–Departamento do Ensino Secundário, 19-33.
- Raices M, D'Angelo M. (2012) Nuclear pore complex composition: a new regulator of tissue specific and developmental functions. *Nat Rev Mol Cell Biol.*, 13 (11), 687-699.
- Reiss, M.J. & Tunnicliffe, S.D. (2001) What sorts of worlds do we live in nowadays? Teaching biology in a post-modern age. *Journal of Biological Education*, 35, 125-129.
- Roberson C., Lankford D. (2010) Laboratory notebooks in the science classroom. *The Science Teacher* 77, 1, 38-42.
- Sampson V., Clark D., (2008) The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation *Wiley InterScience* (www.interscience.wiley.com).
- Schiermeier Q. (2010) Back to School. *Nature*, 463, 986-987.
- Schinske J., Clayman K., Bush A.K., Tanner K. (2008) Teaching the anatomy of a scientific journal article. *Science Teacher*, 75, 7, 49-56.
- Schubert I. (2011) Between genes and genomes-future challenges for cytogenetics. *Frontiers in Genetics*, 2, 30, 1-2.
- Seethaler S. (2005) Helping Students Make Links Through Science Controversy. *The American Biology Teacher*, 67, 5, 265-274.
- Shah F., Huang J., Cui K., Nie L., Shah T., Chen C., Wang K. (2011) Impact of high-temperature stress on rice plant and its traits related to tolerance. *Journal of Agricultural Science*, 1-12.
- Snow C.E. (2010) Academic language and the challenge of reading for learning about science. *Science*, 328, 450-453.
- Sternberg R.J. (2006) The nature of creativity. *Creativity Research Journal*, 18, 1, 87-98.
- Tanner K.D. (2004) Involving scientists in K12 science education: benefits to scientists from participating in scientist-teacher partnerships. *Trends in Science Education Research*.
- Taylor A.R., Jones M.G., Broadwell B., Oppewal T (2008) Creativity, inquiry or accountability? Scientists and teachers perceptions of science education. *Wiley InterScience*.
- Thomas E., McDuffie J.R. (2001) Scientists-Geeks and Nerds? Dispelling teachers stereotypes of scientists. *Science and Children* 16-19.
- Tippet C. (2009) Argumentation: the language of science. *Journal of Elementary Science Education* 21, 1, 17-25.

- Tomanek D. (2005) Building successful partnerships between K-12 and universities. *Cell Biol. Educ.* 4: 28–29.
- Wang F., Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Watters B.L. (1996) Teaching peace through structured controversy. *Journal on Excellence in College Teaching* 7, 107-125.
- Wellington J.J. (1986) (ed.) *Controversial Issues in the Curriculum*, Oxford: Basil Blackwell.
- Waldeyer W. Über Karyokinese und ihre Beziehungen zu den Befruchtungsvorgängen. *Arch Mikr Anat.* 1888; 32:1–122.
- Ziman J. (2000) *Real science-What is, and what it means*. Cambridge: Cambridge University Press.

Endereços eletrônicos:

<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/call-making-science-education-and-careers-attractive-young-people>

<http://ciencia13-14.fc.ul.pt/>

www.embl.org/ells

www.gppq.fct.pt/h2020/

www.dges.mctes.pt; XIX conferência Ibero-Americana de Ministros da Educação, 2009

www.21stcenturyskills.org; Partnership for 21st Century Skills, 2008

www.eurovolvox.org

www.oecd.org/pisa/

www.cienciaviva.pt/escolherciencia/projectos

ANEXOS

ANEXO I

Inquérito: Perceção dos estudantes do ensino secundário sobre a natureza da ciência e cientistas.

INQUÉRITO

1- Indica três características de um “cientista ideal”

- a. _____
- b. _____
- c. _____

2- Indica três nomes de cientistas e a respetiva área de atividade científica que te ocorrem imediatamente?

Cientista (Nome)	Área científica

3- Que ideia tens da personalidade de um cientista, por exemplo de um biólogo. Para cada uma das alíneas, assinala, sublinhando, apenas um dos termos.

- a. Altruísta ou egoísta?
- b. Arrumado ou desarrumado?
- c. Rico ou pobre?
- d. Trabalha colaborativamente ou individualista?
- e. Divertido ou triste?
- f. Veste-se num estilo formal (ex. fato e gravata) ou informal ex. (calças de ganga)?
- g. Parece muito asseado ou pelo contrário poderá ter um aspeto pouco limpo?

4- Como pensas que será um dia de trabalho de um Biólogo? (assinala apenas as duas opções que te parecerem mais adequadas).

- a. Na bancada do laboratório a pipetar soluções?
 - b. No gabinete?
 - c. No computador?
 - d. A ler artigos
 - e. Ao microscópio?
 - f. Em frente a uma máquina com muitos botões?
 - g. No campo?
 - h. Num seminário?
 - i. Em reuniões de trabalho?
- 5- Qual o horário de trabalho dos cientistas?
- a. 9.00-17.00
 - b. 8.00-20.00
 - c. Noite
 - d. 10.00-23.00
 - e. Não têm horário
- 6- Os cientistas vão trabalhar durante os fins-de-semana ou feriados?
- a. Frequentemente
 - b. Nunca
 - c. Sim, mas apenas quando estritamente necessário.
- 7- O que imaginas que fazem os cientistas para além da ciência? Indica três atividades.
- a. _____
 - b. _____
- 8- Já tiveste oportunidade de conversar com algum cientista? (assina uma opção).
- a. Sim
 - b. Não
- 9- Indica dois modos que o cientista utiliza para divulgar o seu trabalho.
- a. _____
 - b. _____
- 10- Os cientistas partilham e trocam informações entre si? (seleciona uma das alíneas).
- a. Sim
 - b. Não

**11- Se respondeste sim à questão anterior, como pensas que os cientistas comunicam?
(seleciona a opção que te parece ser a mais frequente)**

- a. Por correio eletrónico (e-mail)
- b. Por correio.
- c. Outra forma. Qual? _____

12- Os cientistas escrevem e publicam artigos científicos. Porquê? Indica duas razões.

- a. _____
- b. _____

13- Relativamente às metodologias utilizadas nas aulas de ciências, já tiveste oportunidade de:

- a. Realizar um Poster científico?
 - i. Sim
 - ii. Não
- b. Simular a realização de um congresso científico
 - i. Sim
 - ii. Não
- c. Construir um projeto de investigação a partir de uma questão inicial?
 - i. Sim
 - ii. Não
- d. Construir tu próprio um protocolo experimental para realizar numa aula prática laboratorial
 - i. Sim
 - ii. Não
- e. Contactar de alguma forma com artigos científicos publicados em revistas internacionais, por exemplo analisar títulos, resumos ou figuras.
 - i. Sim
 - ii. Não

14- No seu trabalho, o cientista utiliza uma ferramenta muito importante, o caderno de laboratório.

- a. O que pensas que escreve o cientista no caderno de laboratório?

- b. Na tua opinião, qual a importância do caderno de laboratório? Indica duas razões.

15- Imagina que és um Biólogo e que trabalhas num instituto de investigação. O alarme de incêndio no instituto dispara e é iniciado o processo de evacuação do edifício. Tens alguns segundos para agarrares alguns objetos antes de saíres. O que selecionarias para colocar a salvo? (assinala apenas uma opção).

- i. Carteira com dinheiro e documentos**
- ii. Computador**
- iii. Caderno de laboratório**

16- Imagina que estás no supermercado e tens um pacote de soja. O rótulo indica que se trata de um alimento geneticamente modificado. Estás indeciso e precisas de uma informação fidedigna. Dos profissionais a seguir indicados, seleciona a quem recorrerias para te esclarecer as dúvidas. Ordena de 1 a 8 as tuas preferências (1 para a profissão que te inspira mais confiança até ao 8 que corresponderá à profissão que te inspira menos confiança).

Médico

Professor

Engenheiro

Político

Arquiteto

Cientista

Enfermeiro

Advogado

17- Finalmente, apelando à imaginação, representa através um desenho ou de um esquema um dia de trabalho de um Biólogo que estude plantas ou animais.