



Cristina Maria Seabra Ferreira

Ciclos de vida e rochas sedimentares Formação pedagógica e práticas letivas no ensino de Biologia e Geologia do 11.º ano de escolaridade

Relatório de Estágio Pedagógico no âmbito do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia
no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário,
orientado pela Prof. Doutora Isabel Abrantes e pelo Prof. Doutor Pedro Callapez
e apresentado aos Departamento de Ciências da Vida e Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra

Agosto, 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Ilustração de Capa - Flor incarbonizada de *Kajanthus lusitanicus* gen. et sp. nov., Cretácico Inferior (ca. 110 Ma), holótipo (P0093). Reconstruções das estruturas internas, visualizadas em corte longitudinal, através da parte central da flor.

Observam-se dois dos três carpelos livres no centro, rodeados externamente por dois estames (asterisco amarelo) providos de sacos polínicos bem desenvolvidos, peças florais internas (asterisco verde) e peças florais externas (asterisco púrpura) do perianto.

Imagem da autoria de Mário Cardoso Mendes, obtida por microtomografia de raios-X - radiação de sincrotrão (SRXTM). Fóssil extraído em 2008 de terrenos argilosos do barreiro do Chicalhão, aldeia do Juncal, Leiria, Portugal. Exemplar único depositado no Museu Geológico de Lisboa. Retirado de Mendes, Grimm, Pais & Friis (2014).



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Ciências da Terra

Departamento de Ciências da Vida

Ciclos de vida e rochas sedimentares

Formação pedagógica e práticas letivas no ensino de Biologia e Geologia do 11.º ano de escolaridade

Cristina Maria Seabra Ferreira

Relatório apresentado à Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário (Decreto Lei 43/2007 de 22 de Fevereiro)

Orientadores científicos

Prof. Doutora Isabel Maria de Oliveira Abrantes, Departamento de Ciências da Vida, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher, Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Agosto, 2017

*Ring the bell that still can ring. Forget the perfect offering.
There is a crack in everything. That's how the light gets in.*

Leonard Cohen (1934-2016)

Agradecimentos

À Professora Doutora Celeste Gomes, pelo seu exemplo de Vida e por tudo o que me ensinou, muito além da Ciência. Ser-lhe-ei sempre grata pelo incentivo permanente, por acreditar no melhor em mim, e por tudo aquilo que não caberia aqui dizer, porque mais que Orientadora Científica, foi uma Amiga. Faz-me falta a sua presença física, o seu estímulo e otimismo, mas a sua memória viverá sempre na minha lembrança.

À Professora Doutora Isabel Abrantes, minha Orientadora Científica no regresso à universidade pós Bolonha, agradeço o exemplo de excelência, dedicação, exigência, e honestidade intelectual, bem como o espírito de rigor científico que sempre me incutiu. Sou ainda grata por me lembrar que, à semelhança do bom cientista, o bom professor é um eterno aprendiz, que incessantemente procura crescer no conhecimento e melhorar o seu desempenho.

Ao Dr. Paulo Magalhães, meu Orientador Pedagógico, pela paciência e compreensão, pelas críticas, sugestões e discussão criativa de ideias num ambiente democrático. Agradeço a partilha de um vasto “saber de experiência feito”, que não se encontra nos livros, e a boa disposição que pautou o dia-a-dia, facilitando os trabalhos e as aprendizagens.

Às Professoras Doutoradas, M.^a Piedade Vaz Rebelo e M.^a Augusta Nascimento, pela compreensão e solidariedade sempre manifestadas, desde a frequência da componente curricular deste mestrado, e pela disponibilidade e apoio na revisão dos questionários utilizados neste trabalho.

Ao Professor Doutor Pedro Callapez, pela revisão dos conteúdos de Geologia, pelas sugestões e encorajamento, num trajeto que começou nas disciplinas da licenciatura em Geologia e acabou por se estender ao MEBG.

Ao Departamento de Ciências da Terra (DCT) da Universidade de Coimbra, que me proporcionou as condições logísticas e ergonómicas de que necessitei para redigir este relatório. Agradeço especialmente ao Professor Doutor Alexandre Tavares, mas também a todos os docentes e funcionários do DCT que facilitaram o meu trabalho.

Ao Núcleo de Integração e Aconselhamento dos SASUC, nas pessoas da Dr.^a Isabel Teixeira e da Dr.^a Patrícia Araújo, pelo apoio prestado na qualidade de aluna com necessidades educativas especiais, entre os anos 2013/2014 - 2016/2017.

Ao Dr. Fernando Pocinho, Psicólogo Clínico e Psicoterapeuta dos CHUC, pelo estímulo incessante e pela partilha de estratégias de melhoria de desempenho.

À Direção da Escola Secundária D. Duarte, onde cresci como Aluna e Pessoa e aonde, tantos anos depois, voltei a ser acolhida e integrada, como professora estagiária.

À Dr.^a M.^a de Jesus Bento, pelo apoio técnico, sugestões de recursos didáticos e contacto com alunos noutros ambientes de aprendizagem (Escola Superior Agrária de Coimbra e Exploratório).

Aos docentes das turmas do 7.º F e 11.º A, nomeadamente a Diretora de Turma do 11.º A, Dr.^a Rosa Lourenço, que me integraram em reuniões, visitas de estudo e outras iniciativas, pela oportunidade que me deram de vivenciar outras dimensões da realidade escolar.

Aos alunos do 11.ºA, por me obrigaram a trabalhar o conhecimento de forma rigorosa e apelativa, na árdua tarefa de motivar e facilitar a aprendizagem das ciências naturais.

À D. São, pelo sorriso, pela alegria estimulante e pela constante solicitude. À D. Rosa e ao Sr. Jorge, pela gentileza e consideração para comigo, mas também pelo zelo e segurança dos espaços da escola onde trabalhei e sempre me senti segura.

À Anabela Morgado, mais que colega e companheira de jornada, uma Amiga solidária sempre disponível para partilhar os seus conhecimentos, para apoiar, escutar e incutir ânimo nos momentos mais desafiadores.

Aos colegas Nuno, Carla, Carlos, Isabel e Rúben que, mesmo à distância, me fizeram sentir menos só, nos anos de 2015/2016 e 2016/2017.

Ao Francisco Sousa, geólogo, formador e professor do ensino secundário, pela cedência gratuita de imagens de grande qualidade estética e técnica, e pela partilha de conhecimentos, acessíveis através da sua página educativa na rede social “Facebook”.

À Elisabete Marchante, investigadora do Centro de Ecologia Funcional da Universidade de Coimbra, pela Amizade e por dedicar uma manhã da sua preenchida agenda aos nossos alunos, no 46.º aniversário (1969-2015) da Escola Secundária D. Duarte.

À Neusa, pela Amizade e pelo apoio material e moral, que nunca esquecerei.

Aos Amigos, Sandra, Filipe, Elsa, Teresa, Vítor e Hélia, da Escola Superior Agrária de Coimbra, por permanecerem na minha vida, ao fim de tantos anos de separação profissional.

Ao meu Pai, Joaquim Ferreira [19/05/1931 - 22/10/2008], por TUDO o que me deu, e continua a dar, acima de tudo o Amor incondicional, que vive em mim.

À minha Mãe, Isilda Seabra, pelo seu exemplo de perseverança e superação. A sua inteligência, bom senso e sabedoria fazem dela o meu pilar, mesmo fisicamente debilitada aos 86 anos de vida. Sem o seu apoio emocional e material, sem a sua companhia e o seu Amor, eu nada seria.

À minha Tia, Aurora Ferreira, uma “força da Natureza”, exemplo de trabalho, resiliência, brio e autonomia. O afeto que coloca na deliciosa comida que ainda prepara, quase aos 90 anos, nutre o corpo e a alma de sobrinhos e sobrinhos-netos.

Ao mano Luís Carlos, o “segundo Pai” desde que me conheço: em poucas palavras diz o essencial e tem (quase) sempre razão. À Isabelita, minha irmã do coração, porque sei que sempre poderei contar com ela, para “o que der e vier”.

À avó Augusta, à avó Jesuína e ao Avô Manuel, que não puderam ir à escola, mas “vingaram” sob a darwiniana seleção natural. Ao avô, Padre Carlos Seabra, por educar a sua comunidade, pela ousadia de ser luz num tempo de obscurantismo, e pela coragem de se afirmar como um livre-pensador, muito à frente do seu tempo.

Aos “nossos” felinos, que corporizam a *Anima* da casa, pela graciosidade e alegria, mas também pelo companheirismo, feito de presenças silenciosas e cúmplices.

A todos os que, com um sorriso, uma palavra de incentivo, ou um gesto de bondade, facilitaram o meu trabalho e contribuíram, de algum modo, para tornar o meu dia mais luminoso, um grande

Bem hajam!

Resumo

Neste trabalho, elaborado na sequência do Estágio Pedagógico do “Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário”, pretende-se descrever e analisar, numa perspetiva crítica e reflexiva, as principais atividades desenvolvidas no âmbito da prática de ensino supervisionada, que integra a formação inicial de professores. Os trabalhos decorreram durante o ano letivo de 2014/2015, na Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, e envolveram uma turma do 11.º ano, com 25 alunos, que constituiu a amostra de participantes neste estudo. Procurou-se desenvolver, implementar e avaliar um conjunto de materiais didáticos e de práticas letivas para o ensino e aprendizagem de conteúdos programáticos correspondentes aos temas “Ciclos de vida” e “Rochas sedimentares”. Os instrumentos de recolha de dados para avaliação foram as respostas às questões das provas de avaliação sumativa respeitantes aos temas lecionados; o relatório de uma atividade laboratorial de Biologia, segundo o modelo “V de Gowin”; a avaliação da participação dos alunos no “X Congresso dos Jovens Geocientistas” (X-CJG) e dois questionários submetidos aos alunos: “Estratégias e atividades de ensino-aprendizagem” e “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias”. No que respeita aos testes sumativos, verificou-se que, à semelhança do que tem sido constatado em estudos anteriores, os alunos são mais bem-sucedidos em questões de domínio conceptual, revelando grandes dificuldades na aplicação de conhecimentos para resolução de questões de domínio procedimental. A classificação dos relatórios foi globalmente positiva, no entanto, alguns alunos não alcançaram os objetivos mínimos propostos, o que sugere que deveria ter havido uma supervisão diferente durante a execução das tarefas, bem como um prazo mais curto para elaboração e entrega dos relatórios. A avaliação da participação no CJG foi muito positiva, tendo os alunos considerado que foi uma atividade eficaz para a sua aprendizagem. A análise dos questionários sugere que os recursos e estratégias foram motivadores da aprendizagem, destacando-se os meios audiovisuais; a resolução de exercícios em fichas de trabalho formativas; o uso de esquemas e mapas de conceitos, a observação/manuseamento de organismos e amostras de mão de rochas/minerais; as atividades práticas laboratoriais e a participação no CJG. A apreciação de desempenho docente produziu sugestões pertinentes para a sua melhoria, contudo o número de respostas foi baixo e foi notória a falta de objetividade nalgumas avaliações, tendencialmente negativas, muito provavelmente devido a classificações baixas atribuídas pela professora aos alunos com fraco desempenho nos relatórios da atividade prática laboratorial de Biologia.

Palavras-chave: Estágio pedagógico; Biologia e Geologia; Ensino e aprendizagem; Ciclos de vida; Rochas sedimentares.

Abstract

This work reports the main activities developed in the scope of the internship program year for prospective teachers, following pedagogical training within the ambit of the “Master's degree in teaching Biology and Geology in the third cycle of basic education and in secondary education” and aims to describe and analyse these activities, from a critical and reflective perspective. The internship occurred during the school year of 2014/2015, at the D. Duarte High School, in Coimbra, involving an 11th grade class, composed of 25 students, who constituted the sample of participants in this study. We tried to develop, implement and evaluate a set of teaching materials and school practices for the teaching and learning of content knowledge corresponding to the themes “Life cycles” and “Sedimentary rocks”. Data collection instruments for evaluation were student responses to summative assessment tests on the topics taught; a Biology laboratory report, drawn up according to the Gowin's V diagram; the evaluation of students participation in the 10th Congress of Young Geoscientists (CYG) and two student feedback questionnaires: "Strategies and activities of teaching and learning” and “Performance assessment of intern teachers". Test responses showed that, similarly to what has been found in previous studies, students are more successful in conceptual domain questions, revealing great difficulties in the use of content knowledge to answer questions of procedural domain. Overall, lab report scores were positive, however, some students did not achieve minimum learning goals, which suggests that there should have been a different supervision approach during the execution of classroom tasks, as well as a shorter period for preparation and delivery of these reports. Evaluation of student participation in the CYG was quite positive, being this considered as an effective learning activity by students. Analysis of student feedback surveys leads us to think that both resources and learning strategies were motivational, especially audiovisual resources, such as PowerPoint slides, formative assessment worksheets, schemes and concept maps, observation/handling of living organisms, rocks and minerals hand samples, lab practical activities and students' participation in the CYG. Teacher performance appraisal brought about relevant tips for its improvement, however the number of responses was low and there was also a notorious lack of objectivity in some of these evaluations, displayed as a negativity bias, most probably due to low assignment scores given out by the intern teacher to students with poor academic performance in the Biology laboratory reports.

Key-words: Pedagogical training; Biology and Geology; Teaching and learning; Life cycles; Sedimentary rocks;

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia	1
1.2. Estágio Pedagógico em Ensino de Biologia e Geologia.....	1
1.2.1. Objetivos do Estágio Pedagógico.....	2
1.3. Relatório de Estágio Pedagógico	3
1.4. Estrutura e organização do relatório	4
2. Enquadramento educativo	8
2.1. Pedagogia e Didática.....	8
2.2. Escolaridade obrigatória, secularização do ensino e alfabetização	14
2.3. Universalização do direito à Educação	16
2.4. Europa 2020: Estratégia da União Europeia para a Educação.....	17
2.5. Qualificação dos Portugueses e Quadro Estratégico EF2020.....	20
2.6. Formação de professores	22
2.7. Estratégias pedagógicas e métodos de ensino.....	24
2.8. Necessidades de competências, de ensino e formação na UE	25
2.9. A condição docente em Portugal e na Europa. Perspetivas futuras.....	29
3. Enquadramento científico: Biologia.....	36
3.1. Conceito de ciclo de vida e sua importância.....	36
3.2. Reprodução sexuada e principais tipos de ciclos de vida	36
3.2.1. Ciclo de vida haplonte.....	40
3.2.2. Ciclo de vida diplonte	41
3.2.3. Ciclo de vida haplodiplonte.....	42
3.3. Origem do ciclo de vida das plantas terrestres.....	44
3.4. Colonização das terras emersas	51
3.5. Filogenia da linhagem verde: “Viridiplantae”	52
3.6. Diversificação das embriófitas.....	55
3.7. Emergência e evolução das espermatófitas	63
3.8. Plantas-com-flor: um “mistério” por resolver.....	68
3.9. Sucesso das plantas: adaptações à vida terrestre.....	75
3.10. Perspectiva evolutiva nos ciclos de vida leccionados.....	78
3.10.1. <i>Spirogyra</i> sp. (Charophyta: Zygnematales)	78

3.10.2. <i>Polytrichum</i> sp. (Plantae: Bryophyta)	83
3.10.3. <i>Polypodium</i> sp. (Plantae: Pteridophyta)	90
3.10.4. <i>Pinus pinaster</i> Aiton (Plantae: Spermatophyta)	98
3.10.5. Angiospérmicas (Plantae: Spermatophyta)	101
4. Enquadramento científico: Geologia	107
4.1. Terra: um sistema complexo, em permanente evolução	107
4.2. Geodinâmica externa e ciclo litológico	108
4.3. Enquadramento das rochas sedimentares no ciclo litológico	110
4.4. Ambiente sedimentar: etapas de formação das rochas sedimentares	113
4.4.1. Sedimentogénese	114
4.4.1.1. Alteração ou meteorização das rochas	115
4.4.1.2. Erosão, transporte e sedimentação	122
4.4.2. Diagénese	127
4.5. Classificação dos sedimentos e das rochas sedimentares	131
5. Metodologia	137
5.1. Caracterização da Escola	137
5.2. Caracterização dos participantes	143
5.3. Prática de ensino supervisionada	145
5.3.1. Seleção dos subtemas das unidades didáticas	145
5.3.1.1. Componente de Biologia: “Ciclos de vida”	145
5.3.1.2. Componente de Geologia: “Rochas sedimentares”	147
5.3.2. Preparação dos conteúdos a lecionar	148
5.3.2.1. Revisão da literatura nos domínios de investigação lecionados	148
5.3.2.2. Planificação dos tempos letivos	148
5.3.2.3. Seleção e implementação de recursos didáticos	167
5.3.2.4. Seleção e implementação de estratégias e metodologias	175
5.4. X Congresso dos Jovens Geocientistas (X-CJG)	194
5.5. Avaliação	197
5.5.1. Avaliação global dos alunos	197
5.5.2. Avaliação das práticas letivas	197
5.5.3. Avaliação da(s) professora(s) estagiária(s)	198
5.6. Atividades de enriquecimento curricular	226
5.6.1. Clube das Ciências	226

5.6.2. Visita ao Museu de História Natural de Sintra.....	227
5.6.3. Visita de estudo do 7º ano de escolaridade	229
5.7. Atividades formativas complementares	231
5.7.1. Reuniões de Conselho de Turma.....	231
5.7.2. Ações de formação	231
5.7.3. Assistência às aulas do 7.º ano e do 12.º ano de escolaridade.....	232
5.8. Atividades colaborativas com a Escola Secundária D. Duarte	233
5.8.1. Receção aos alunos do Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste	233
5.8.2. Comemoração do Aniversário da Escola	234
5.8.3. Festa de encerramento do ano letivo 2014/2015	236
6. Resultados e discussão	239
6.1. Provas de avaliação sumativa	239
6.1.1. Biologia	239
6.1.2. Geologia	249
6.2. Relatório da atividade prática laboratorial de Biologia	261
6.3. Desempenho no X Congresso dos Jovens Geocientistas	267
6.4. Questionários	269
6.4.1. “Estratégias e atividades de ensino e aprendizagem”	269
6.4.1.1. Avaliação das estratégias.....	270
6.4.1.2. Questões de resposta aberta.....	284
6.4.1.3. Apreciação geral.....	284
6.4.2. “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias”	286
6.4.2.1. Implementação das estratégias	287
6.4.2.2. Pergunta de resposta aberta	291
7. Considerações finais	298
8. Referências	303
Anexos.....	317

1. Introdução

Em Portugal, o sistema educativo pré-universitário encontra-se organizado em três níveis sequenciais: ensino pré-primário ou pré-escolar (dos 3 aos 5 anos de idade), ensino básico (tipicamente dos 6 aos 15 anos) e secundário (dos 15 aos 18 anos). O ensino básico está organizado em três ciclos: o 1.º ciclo correspondendo aos níveis 1.º - 4.º; o 2.º ciclo aos níveis 5.º e 6.º e o 3.º ciclo aos níveis 7.º - 9.º. O ensino secundário corresponde aos níveis 10.º - 12.º. O ensino obrigatório é atualmente de 12 anos e a idade mínima em que um aluno deixa a escola é de 18 anos.

Neste documento, correspondente ao Relatório de Estágio Pedagógico do “[Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário](#)” (MEBG), da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), pretende-se relatar as tarefas realizadas durante a frequência da unidade curricular “Estágio Pedagógico e Relatório”, ao longo de um ano letivo, correspondente ao 2.º ano do plano de estudos do MEBG.

1.1. Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia

O MEBG é um “Mestrado de Especialização Avançada”, que confere, naqueles níveis de ensino, habilitação profissional para a docência, nos termos definidos no [Artigo 4.º do Decreto-Lei nº 79/2014 de 14 de maio](#), sendo o estágio pedagógico obrigatório por lei para a conclusão deste mestrado, e para a lecionação das disciplinas de Ciências Naturais, no 3.º ciclo do ensino básico, e de Biologia e Geologia, no ensino secundário.

Durante o primeiro ano são lecionadas unidades curriculares que permitem a iniciação do treino de construção e exploração de materiais e recursos didáticos, assim como um primeiro contacto com alguns princípios teóricos associados a modelos e metodologias de ensino. Contudo, a implementação desses materiais e a aplicação prática de estratégias e métodos pedagógicos, no contexto educativo real, concretizam-se no segundo ano do MEBG, durante o estágio pedagógico.

1.2. Estágio Pedagógico em Ensino de Biologia e Geologia

A unidade curricular “Estágio Pedagógico e Relatório” (EPR) é uma disciplina anual, integrada no 2.º ano (3.º e 4.º semestres) do MEBG que, como o próprio nome indica, inclui o estágio pedagógico (EP). Em termos académicos, o EP corresponde a um período de iniciação à atividade docente na modalidade formativa de “Prática de Ensino Supervisionada” (PES), que decorre numa escola secundária, durante um ano letivo, sob

orientação pedagógica de um professor cooperante, responsável pelas turmas, e orientação científica de dois investigadores do ensino superior, provenientes dos dois domínios científicos contemplados neste mestrado bidisciplinar (Biologia e Geologia).

Segundo o [Decreto-Lei número 43/2007, de 22 de fevereiro](#), a avaliação da unidade curricular referente à PES, ou seja, do EPR, tem especial importância para aferir a *“aptidão do futuro professor para satisfazer, de modo integrado, o conjunto das exigências que lhe são colocadas pelo desempenho docente no início do seu exercício (...)”*, sendo a PES altamente valorizada no contexto escolar *“(...) dado constituir o momento privilegiado, e insubstituível, de aprendizagem da mobilização dos conhecimentos, capacidades, competências e atitudes, adquiridas nas outras áreas, na produção, em contexto real, de práticas profissionais adequadas a situações concretas na sala de aula, na escola e na articulação desta com a comunidade.”*

As exigências atualmente impostas aos professores são cada vez maiores e mais sujeitas a alterações, o que implica a necessidade de apoio especializado ao longo da carreira, para que possam desenvolver, de forma contínua, o seu próprio conhecimento e as suas competências. É por isso essencial, como reconhece a Comissão Europeia (COM), que os professores recebam uma formação inicial da melhor qualidade, com orientação precoce na carreira, seguida de oportunidades de desenvolvimento profissional contínuo.

Nesse sentido, o período de formação inicial de professores, correspondente ao EP, reveste-se de uma importância crucial para o treino dos futuros profissionais, na medida em que lhes permite, não só contactar diretamente com a realidade escolar, como também usufruir de ensinamentos dos professores cooperantes, com vasta experiência profissional e um conhecimento próximo, direto e profundo dos problemas e solicitações que se colocam no quotidiano da comunidade escolar e que, potencialmente, afetam o desempenho de professores e de alunos.

1.2.1. Objetivos do Estágio Pedagógico

Os objetivos gerais da realização do estágio são contactar com uma comunidade educativa e as diversas vertentes da realidade escolar, e desenvolver as competências necessárias ao exercício da profissão docente, de acordo com os requisitos da legislação atualmente em vigor sobre a qualificação de professores do grupo de recrutamento 520 (Biologia e Geologia). Essas competências incluem, além da capacidade de revisão da literatura, a compilação/síntese da informação e o domínio dos conhecimentos científicos, a capacidade de comunicação desses conhecimentos. As competências de comunicação

passam, por sua vez, pela seleção e utilização dos recursos didáticos, das estratégias e dos métodos de ensino e aprendizagem mais adequados, em função dos diferentes cenários educativos, envolvendo o treino regular de expressão oral e escrita.

Entre os objetivos específicos do estágio incluem-se: *i)* planificar a lecionação de acordo com as orientações curriculares respeitantes aos conteúdos, selecionados a partir do programa da disciplina, *ii)* construir/adaptar materiais/recursos didáticos, *iii)* desenvolver/selecionar estratégias pedagógicas adequadas à lecionação dos conteúdos, e *iv)* implementar e avaliar esses recursos e estratégias, de modo a compreender se o processo de ensino-aprendizagem foi bem-sucedido.

Durante o EP desenvolve-se uma maior consciencialização da necessidade de autoavaliação e da familiarização com as diferentes técnicas de heteroavaliação que podem ser utilizadas pelo professor, em diferentes momentos do processo de ensino e aprendizagem. A PES promove ainda outras competências, como a capacidade de adaptação a novas situações e de resolução de problemas, habilidades essenciais a qualquer professor do ensino básico e/ou secundário.

1.3. Relatório de Estágio Pedagógico

Um relatório de EP é um documento que visa apresentar e divulgar as atividades realizadas pelo mestrando, enquanto professor estagiário, sujeito a supervisão pedagógica e científica, ao longo de um ano letivo escolar. O presente trabalho constitui um exemplo concreto desse tipo de relato, em que o autor assume a dupla condição de aluno do ensino superior e de professor do ensino básico e secundário.

Assim, descrevem-se as principais atividades desenvolvidas com alunos de uma turma de Biologia e Geologia do 11.º ano, do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias (curso do ensino secundário vocacionado para o prosseguimento de estudos de nível superior). Os trabalhos foram elaborados sob orientação científica da Professora Doutora Celeste Gomes† e da Professora Doutora Isabel Abrantes, nas componentes e áreas científicas de Geologia e de Biologia, respetivamente, e sob orientação pedagógica do Professor Cooperante, Dr. Paulo Magalhães, docente da Escola Secundária D. Duarte.

Espera-se compreender se as práticas letivas implementadas contribuíram, na sua globalidade, para facilitar a aprendizagem dos conteúdos lecionados. Para o apurar, procurou-se avaliar a eficácia dos materiais didáticos e das estratégias pedagógicas adotadas pelo professor estagiário durante a lecionação, através de um conjunto de instrumentos de recolha de dados. Com a informação obtida foi possível identificar alguns

recursos e estratégias que resultaram melhor, bem como detetar falhas ocorridas no decurso dos processos de ensino e aprendizagem. A análise dos resultados contribuiu para ponderar mudanças atitudinais e procedimentais, com vista à melhoria na qualidade do ensino e da aprendizagem da disciplina de Biologia e Geologia, assim como do desempenho profissional do próprio docente.

A redação deste relatório constituiu uma oportunidade singular de reflexão, tão crítica e objetiva quanto possível, acerca da complexidade do ensino e aprendizagem das ciências naturais e dos desafios que atualmente se colocam a professores e alunos. Permitiu também pensar a forma como as vivências e aprendizagens globais do mestrando, em contexto universitário e escolar, são fundamentais para uma adequação de estratégias de ensino e aprendizagem, e para o desenvolvimento, não só de competências científico-pedagógicas, mas também de competências comportamentais, emocionais, relacionais e de liderança, que lhe permitam a adaptação a uma escola de futuro imprevisível, num contexto de impermanência e de mudanças globais.

1.4. Estrutura e organização do relatório

Os conteúdos do documento encontram-se organizados em 6 capítulos: 1. “Introdução” (p. 1); 2. “Enquadramento educativo” (p. 8); 3. “Enquadramento científico: Biologia” (p. 36); 4. “Enquadramento científico: Geologia (p. 107); 5. “Metodologia” (p. 137); 6. “Resultados e discussão” (p. 239) e, 7. “Considerações finais” (p. 298).

No 2.º capítulo faz-se uma breve referência à história da Pedagogia e da Didática, implementação do princípio da escolaridade obrigatória, secularização do ensino e alfabetização, na Europa e em Portugal, concluindo-se a retrospectiva histórica do ensino com a consagração do direito à Educação para todos os indivíduos na Declaração Universal dos Direitos do Homem. Refere-se a evolução da qualificação dos Portugueses nos últimos 100 anos, em especial a partir da década de 1960, e numa perspetiva contemporânea revela-se a “Estratégia da União Europeia para a Educação” e as metas de qualificação no âmbito do “Quadro Estratégico Educação e Formação 2020” (EF 2020).

A menção à formação de professores surge na lógica de resposta às necessidades educativas, conduzindo inevitavelmente à questão das estratégias pedagógicas e métodos de ensino. Na sequência da crise económica de 2008, das alterações demográficas e aumento do desemprego na União Europeia (UE) divulgaram-se os resultados de estudos que apontam o tipo de competências, de ensino e de formação presentemente necessários na UE, salientando o papel da escola e dos professores nas funções de educar e formar,

terminado com uma revisão da atual condição docente em Portugal e na Europa e perspectivas futuras da profissão.

Os capítulos 3 e 4 correspondem ao enquadramento científico dos conteúdos temáticos lecionados nas componentes didáticas de Biologia (Ciclos de vida) e de Geologia (Rochas sedimentares), respetivamente, de acordo com o Programa de Biologia e Geologia do 11.º ano, conforme explicado no capítulo 5 (Metodologia: componente de Biologia, p. 145; componente de Geologia, p. 147).

Na revisão de Biologia (p. 36) apresenta-se o conceito de ciclo de vida, no âmbito da reprodução sexuada dos seres vivos, distinguindo os principais tipos de ciclos de vida, com ênfase nas plantas terrestres. Referem-se as ideias atualmente defendidas e aceites pela comunidade científica acerca da forma com terá ocorrido a colonização das terras emersas e a evolução das plantas terrestres, desde as primeiras embriófitas à emergência das espermatófitas (plantas-com-semente) e em particular das angiospérmicas (plantas-com-flor), terminando com uma síntese das razões que explicam o sucesso das plantas na colonização dos habitats terrestres. Descrevem-se, por fim, os ciclos de vida lecionados, de: *i*) uma alga-verde carófito, *ii*) uma briófito, *iii*) uma pteridófito, *iv*) uma gimnospérmica e *v*) uma angiospérmica, apresentados de acordo com a sequência cronológica do aparecimento destes organismos na Terra, à escala do tempo geológico, e da evolução orgânica dos respetivos grupos taxonómicos.

Na componente de Geologia, cuja leção é explicada em pormenor no capítulo 5 (p. 147), principia-se por evocar o planeta Terra como um sistema complexo e dinâmico, permanentemente sujeito a mudanças, conforme já lecionado no âmbito do programa do 10.º ano de escolaridade, relembrando a geodinâmica interna e a geodinâmica externa. Faz-se o enquadramento das rochas sedimentares no ciclo litológico, estabelecendo a distinção clara entre o ambiente petrogenético sedimentar e os ambientes petrogenéticos magmático e metamórfico. Descreve-se seguidamente o ciclo sedimentar, distinguindo e caracterizando as etapas da sedimentogénese, salientando os processos de alteração das rochas (meteorização química e física) e da diagénese. Conclui-se a revisão dos conteúdos da unidade temática “Rochas sedimentares” com uma proposta de classificação dos sedimentos e das rochas sedimentares.

No 5.º capítulo descreve-se, sequencialmente, toda a metodologia desenvolvida, partindo da caracterização da Escola Secundária D. Duarte, onde decorreram os trabalhos do EP, e da turma que constituiu a amostra de participantes neste estudo. No âmbito da PES referem-se as diversas etapas de preparação das aulas, desde a seleção, revisão e

planificação, justificando as opções tomadas na lecionação; à implementação das práticas letivas e sua avaliação. São também descritas as diversas atividades de enriquecimento curricular concretizadas, dentro e fora da escola, incluindo o clube de ciências, as exposições, palestras e visitas de estudo, com especial destaque para o “Congresso dos Jovens Geocientistas”, bem como as atividades desenvolvidas, por exemplo, no âmbito da comemoração do aniversário da escola e da festa de encerramento do ano letivo 2014/2015.

No 6.º capítulo, “Resultados e discussão” (p. 239), apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos com base nos instrumentos de recolha de dados para avaliação dos alunos, dos recursos didáticos, das estratégias pedagógicas e do desempenho das professoras estagiárias. Analisam-se pormenorizadamente as respostas dos alunos às perguntas, sobre os conteúdos lecionados, nos testes de avaliação sumativa (componentes letivas de Biologia e de Geologia), os resultados por eles obtidos no relatório da atividade prática laboratorial de Biologia e o seu desempenho no Congresso dos Jovens Geocientistas. Faz-se ainda uma leitura crítica e atenta dos resultados dos questionários de *feedback* submetidos aos alunos para avaliação das práticas letivas e do desempenho das professoras estagiárias.

No capítulo 7, “Considerações finais” (p. 298), é feita uma reflexão pessoal acerca das aprendizagens da professora estagiária, dos aspetos a melhorar no seu desempenho, enquanto docente, das dificuldades experienciadas e das formas de as ultrapassar. Pondera-se o reforço da utilização dos recursos e das estratégias de ensino e aprendizagem mais eficazes, de acordo com a perspetiva dos alunos, questiona-se a conceção dos questionários utilizados para avaliar as práticas letivas, o(s) *timing(s)* mais adequado(s) para o fazer, e as suas limitações.

Questiona-se também o sentido da profissão docente para os professores recém-formados no país, dentro do atual quadro sociológico, demográfico e político, que condiciona as oportunidades de colocação e ingresso na carreira no ensino público. Paralelamente, equacionam-se e sugerem-se novos rumos a seguir, de modo a explorar o potencial de recursos humanos, nunca antes tão bem qualificados, no setor da Educação, e a responder a necessidades específicas das populações, no sentido de melhorar as qualificações e a literacia dos portugueses, em diversos domínios do saber científico.

Conclui-se com uma mensagem de esperança e de apelo à criatividade, lembrando as múltiplas possibilidades de aprendizagem ligadas às ciências naturais e às profissões com elas relacionadas, enaltecendo o papel do professor enquanto agente dinamizador da

construção do conhecimento, de encontro à resolução de problemas concretos e à promoção do bem-estar dos nossos cidadãos, nas suas comunidades.

2. Enquadramento educativo

2.1. Pedagogia e Didática

A história da Pedagogia e da Didática é longa e complexa, e a sua abordagem detalhada sai fora do âmbito deste trabalho, no entanto é importante contextualizá-lo, à luz da herança do esforço de incontáveis gerações de professores, educadores e pedagogos, que desde há muitos séculos foram teorizando, propondo e testando metodologias e estratégias que, na sua perspetiva, tornariam a aprendizagem mais bem-sucedida. O estudo das grandes obras clássicas da Didática proporciona-nos uma visão clara de como os métodos de ensino e de aprendizagem foram, durante muito tempo, orientados pelo pensamento religioso, refletindo também, nas diferentes épocas, realidades históricas, económicas, culturais e políticas muito particulares, que influenciaram e ditaram as práticas educativas implementadas, à semelhança do que se passa na atualidade. Na longa história de construção de conhecimento pedagógico salientam-se alguns marcos importantes, tendo sempre presente que os princípios teóricos sugeridos nem sempre foram consensuais, à época, e que os resultados obtidos por diferentes autores, ontem, tal como hoje, não oferecem soluções universais e definitivas, antes apontam caminhos que a experiência demonstra valer a pena continuar a explorar.

A *Pedagogia* [do grego *paidagogía*] pode ser definida como a “teoria da arte, filosofia ou ciência da educação” (Porto Editora, 2003-2017), pelo que se compreende que a aquisição de competências pedagógicas no decurso das práticas de lecionação, iniciadas durante um estágio curricular, seja indispensável na formação de professores, permitindo a especialização dos futuros profissionais do ensino. O termo *Didática* provem da expressão grega *didaktiké tékhne*, que significa “arte ou técnica de ensinar” ou ainda “arte e ciência de fazer aprender” (Porto Editora, 2003-2017).

Na Europa, as preocupações com o ensino e a aprendizagem remontam às origens da cultura clássica ocidental, na medida em que se assumia que estes processos (ensino e aprendizagem) asseguravam a continuidade da civilização. Os relatos mais antigos que se conhecem acerca do ensino dizem respeito aos filósofos gregos Sócrates (ca. 469 a.C. - 399 a.C.) e do seu discípulo Platão (ca. 427 a.C. – 347 a.C.). Sócrates ensinava através do questionamento, um método de ensino divulgado por Platão, na sua obra “*A República*”, que ficou conhecido como “método socrático” (Diaz Maggioli, 2012). O discípulo seria “iluminado” através das perguntas do Mestre e, desse modo, poderia “sair da caverna” *sensu* Platão. Apesar de o estudo sistemático das estratégias pedagógicas se ter iniciado

apenas nos anos 60/70 do século XX, o reconhecimento da sua importância remonta à Antiguidade Clássica, uma vez que o método socrático se debruçou sobre as boas práticas pedagógicas, tendo também Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), discípulo de Platão, reconhecido o papel central da *imagem* na retenção da informação, e a *associação de ideias* na sua recordação (Gaitas & Silva, 2010; Ribeiro, 2001).

O método socrático estimulava os alunos a pensar e a buscar respostas, tendo as ideias de Sócrates influenciado muitos educadores que lhe sucederam ao longo dos séculos, razão pela qual é considerado o primeiro grande professor do mundo ocidental (Diaz Maggioli, *op. cit.*). Ainda hoje as perguntas do professor, universalmente utilizadas, são uma das melhores estratégias pedagógicas para aferir o que o aluno sabe e, não menos importante, o que não sabe.

Um dos mais célebres seguidores do método socrático foi Santo Agostinho (354 - 430) que no seu texto “*De Magistro*” (= do Mestre), em 389, utilizou o questionamento no sentido de obter determinadas respostas (dogmáticas) dos alunos, numa perspetiva catequística do ensino e aprendizagem. Segundo Agostinho, não se aprendia através das palavras vindas de fora, mas pela verdade interior. A iluminação divina seria o mecanismo através do qual Deus tornaria o homem capaz de conhecer as coisas e somente através dela se poderia alcançar o conhecimento (Abreu, 1996; Diaz Maggioli, *op. cit.*).

É sabido que ao longo da Idade Média o acesso à educação foi um privilégio reservado aos rapazes das elites sociais europeias, sendo o ensino ministrado pelos monges, nos mosteiros cristãos, uma vez que eram estes os detentores da “chave de acesso” ao conhecimento, contido nos antigos manuscritos, que guardavam e copiavam manualmente, prática que se manteve até à invenção da tipografia e da imprensa por Johannes Gutenberg (ca. 1397-1368) no século XV (Diaz Maggioli, *op. cit.*; [Porto Editora, 2017](#)).

A Pedagogia contemporânea teve as suas origens na idade moderna, um período de transição cultural na Europa, marcado por profundas transformações políticas, sociais e económicas, em que se assistiu a uma rotura entre o modelo educativo associado ao período medieval, e o novo modelo, associado ao período renascentista e da reforma. O modelo educativo da idade moderna comportava já, não só um conceito distinto de Educação, como também uma nova conceção da criança e da infância, passando o ensino a ser ministrado fora do ambiente doméstico, em espaços ocupacionais e educativos, especialmente criados para o efeito (Alves, 2012).

O termo *Didática* terá sido introduzido em 1613 pelo pedagogo alemão Wolfgang Ratke (1571-1635), que, na sua obra “*Aphorismi Didactici Praecipui*”, a apresentou como uma aprendizagem intuitiva da realidade, baseada na indução, na psicologia, na ausência de coação e na experiência (Diaz Maggioli, *op. cit.*; Hoff, 2004). A didática era o principal instrumento da arte de ensinar, como explicou no seu livro “*Die Regentenamtslehre der christlichen Schule*” (*Concepção Geral das Escolas Cristãs*): “*a didática é um instrumento de direção que nos permite aprender a bem administrar os ensinamentos*” (Ratke, 1630, p. 1, citado por Hoff, 2004). O *Curriculum* enfatizava a organização dos conteúdos, enquanto a *Didática* se debruçava sobre as formas de transmitir esses conteúdos (Hoff, 2004).

Nos seus “*Escritos sobre A Nova Arte de Ensinar*”, Ratke organizou os seus objetivos em três áreas distintas: as funções do Estado, a organização, da escola e a arte de ensinar. Segundo Hoff (2008), citado por Oliveira & Gomes (2010), no capítulo 2, “*Método Geral da Didática ou da Arte de Ensinar*” (1613-1614), Ratke entende que o trabalho pedagógico do professor é o de orientar o estudo e a formação dos seus alunos, sendo para isso fundamental o domínio e compreensão do conhecimento, uma vez que não se ensina bem o que se conhece mal, chamando a atenção para o dever de aplicação do professor na organização do seu estudo e do seu trabalho, de modo a evitar que a aprendizagem se torne penosa e gere descontentamento.

Há mais de 400 anos, este autor reconheceu que as crianças têm capacidades e habilidades diferenciadas e que o professor as deveria reconhecer, identificando o modo como cada criança constrói o conhecimento. Ratke alertou ainda para a extensão de conteúdos e das aprendizagens exigidas às crianças, defendendo a necessidade de adequação da quantidade de informação a lecionar e de momentos de repouso e de lazer, entre o ensino e a sua recapitulação, de modo a não sobrecarregar as crianças e não ir além do que as capacidades intelectuais da infância permitem, prevenindo a fadiga e a rejeição por parte das crianças (Hoff, 2008, citado por Oliveira & Gomes, 2010). Nos seus aforismos didáticos, e segundo Hoff (2008) citado por Sousa (2015), Ratke propôs:

- *Go from the known to the unknown (...).*
- *The general must precede the particular.*
- *The confused knowledge must precede the distinct knowledge.*
- *The easiest and most necessary exercise should precede the more difficult and less necessary exercise.*

- *Everything should be taught in accordance with the order or with the course of the nature.*
- *No more than one thing at a time.*
- *Everything in one's mother tongue firstly.*
- *From the mother tongue to another language.*
- *All without embarrassment.*
- *Nothing should be learned by heart. The reason: It is against nature.*
- *Uniformity in all things.*
- *First, the thing in itself; then the mode of it.*
- *Everything through experience and research of the details.*

A “arte de ensinar” de Ratke era fortemente marcada pela presença da religião no currículo escolar, mas baseava-se em princípios encontrados na natureza, que consistiam essencialmente em: *i)* organização metódica; *ii)* aprender através da experiência e da experimentação (em vez da memorização); *iii)* partir do concreto para o abstrato; *iv)* dominar um conceito antes de se avançar para o seguinte; *v)* aprender através da repetição; *vi)* ensino através da língua materna, em todos os níveis escolares, e seu aperfeiçoamento antes de se aprender qualquer outra língua estrangeira, e *vii)* ensino universal com base na disciplina familiar e escolar ([Britannica, 2017](#); [Neves & Gasparin, s.d.](#)). A ordem, simplicidade e organização do conhecimento sobre a Natureza estava já de acordo com o espírito da Renascença e do Iluminismo, que privilegiavam a razão (Sousa, *op. cit.*).

Embora não tenha conseguido pôr em prática as suas ideias, Ratke deu um valioso contributo à Educação ao formular uma série de princípios, que foram mais tarde integralmente aplicados, com êxito, por vários dos seus sucessores. Para Hoff (2008), conforme citado por Sousa (2015), as propostas educacionais descritas nos textos de Ratke exprimem o pensamento pedagógico humanista da Idade Moderna, e a preocupação com a melhor forma de educar as crianças, criando as bases da pedagogia moderna.

A partir de então, segundo Sousa (*op. cit.*), a didática foi fortemente influenciada pela nova ciência emergente da Psicologia, que trouxe uma nova perspetiva da infância, sendo neste contexto de mudança de paradigmas, que o campo da Didática foi definido pela primeira vez, na História da Educação, por um dos discípulos de Ratke: o teólogo e educador checo Jan-Amos Komenský, em português João Amós Comênio, mais conhecido por Comenius (1592-1670), considerado por muitos especialistas como o “pai da Didática

moderna” (Diaz Maggioli, *op. cit.*; Gomes, 2001; Ornstein, Levine, Gutek & Vocke, 2017; Sadler, 2007; Smith & Knapp, 2011).

Em 1638 foi publicada a versão em latim da mais célebre obra de Comenius: “*Didactica Magna ou Tratado da Arte Universal de Ensinar Tudo a Todos*”, correspondente à sua *Česká didaktika* (Didática checa) publicada em 1627 (Sousa, *op. cit.*), na qual o autor pretendia demonstrar de que forma seria possível “*ensinar tudo a todos*”. Segundo Gomes (2006) esta obra corresponde ao primeiro tratado de pedagogia, didática e sociologia escolar, e Diaz Maggioli (*op. cit.*) refere que a mesma estabelece uma série de princípios clássicos para a disciplina da Didática, assim como as suas bases enquanto Ciência.

No seu “*Tratado da Arte Universal de Ensinar Tudo a Todos*” Comenius, traduzido por Gomes (2006) escreveu: “*Nós ousamos promover uma Didática Magna, isto é, um método universal de ensinar tudo a todos. E de ensinar com tal certeza, que seja impossível não conseguir bons resultados. E de ensinar rapidamente, ou seja, sem nenhum enfado e sem nenhum aborrecimento para os alunos e para os professores, mas antes com sumo prazer para uns e para outros. E de ensinar solidamente, não superficialmente e apenas com palavras, mas encaminhando os alunos para uma verdadeira instrução, para os bons costumes, para a piedade sincera. Enfim, demonstraremos todas estas coisas a priori, isto é, derivando-as da própria natureza imutável das coisas, como de uma fonte viva que produz eternos arrosios que vão, de novo, reunir-se num único rio; assim estabelecemos um método universal de fundar escolas universais*”, (Comênio/Gomes, 2006, pp. 45-46).

Esta “*Arte Universal de Ensinar Tudo a Todos*” propunha a formação por meio da instrução, da moral e da religião; o ensino universal guiado pelas leis da natureza, uma aprendizagem fácil, sólida, rápida e disciplinada e uma organização universal das escolas, que deveriam merecer “*a prioridade das prioridades*” (Neves & Gasparin, *op. cit.*; Comênio, citado por Gomes, 2006). Comenius lançou um debate sobre se o ensino deveria ser uma arte ou uma ciência, optando por focar-se num método particular de ensino (o “*método universal*”), que apelava ao uso do pensamento lógico, a partir de conceitos simples e concretos, em vez da memorização, tão em voga nessa época. A didática surgia assim, pela primeira vez, relacionada com um método de ensino (Sousa, 2015).

Enquanto pedagogo e professor, Comenius defendeu a educação gratuita e universal para rapazes e raparigas de todas as classes sociais, a simplificação da linguagem utilizada no ensino e uma educação experiencial/sensorial, baseada no conhecimento

através dos sentidos, em detrimento da memorização passiva. Também recorreu ao uso de ilustrações e valorizou a componente lúdica (“aprender a brincar”), algo completamente inovador à época, pelo que o seu pensamento reformador influenciou inúmeros autores, como Rousseau, Pestalozzi, Montessori e Dewey (Ornstein et al., 2017; Smith & Knapp, 2011).

Segundo [Gonçalves](#) (1998), que cita diversos autores, Comenius é reconhecido como “Evangelista da Pedagogia moderna” e “Galileu da Educação” (Michelet), “Pai da educação moderna (Hawkins); “Profeta da moderna escola democrática” (Abbagnano), “Príncipe dos professores (Keatinge), “Apóstolo da colaboração internacional em educação” (Piaget) e “Mestre das Nações” – “*Teacher of Nations*” (T. Masaryk), entre outros títulos que honram o seu desempenho como educador.

A visão de Comenius defendia já ideais inspiradores e precursores da criação de organizações como a [UNESCO](#), que os celebrou durante a Conferência Geral de Nova Deli (1956) por ocasião do 3.º centenário da publicação de *Didática Magna*, em que se reconheceu Comenius como um pioneiro da educação universal e do conceito de educação internacional ([Rabecq, 1957](#)). Compreende-se, deste modo, que a sua obra constitua um marco notável na História da Educação pelo contributo que trouxe ao pensamento educacional, cujas repercussões se estendem até atualidade.

As propostas de Ratke e de Comenius representam a transição do modelo educativo associado ao sistema feudal, para o modelo educativo característico da nova e moderna sociedade burguesa (Neves & Gasparin, *op. cit.*). Segundo Hoff (2013), a *Nova Arte de Ensinar* de Ratke teve ainda o mérito de instituir os recursos didáticos com carácter prioritário para assegurar a transmissão do conhecimento, nomeadamente os livros escolares (*e.g.* compêndio, manual, livro de leitura, livro de ensino). A produção dos livros escolares aumentou muito a partir dos séculos XVI e XVII. Com os trabalhos de Ratke e de Comenius os livros assumiram um estatuto fundamental na relação educativa, garantindo a simplificação e a objetivação do trabalho didático (Hoff, 2004; 2013).

As questões da Didática foram amplamente discutidas no século XX e ainda hoje, esta área do conhecimento é vista sob diferentes perspetivas, por diferentes autores. Embora o significado que lhe é atribuído tenha variado, ao longo da História da Educação, ela corresponde, hoje em dia, a um ramo da Pedagogia direccionado para a formação do aluno em função de determinadas finalidades educativas. Nesse sentido, estuda os métodos e técnicas utilizados no ensino de diversas disciplinas e procura ensiná-los aos professores, de modo a facilitar a aprendizagem por parte dos alunos. Não se restringe a uma prática de

ensino, na medida em que procura investigar e compreender as relações/interações que se estabelecem entre três elementos de ensino e aprendizagem: o professor, o aluno e os conteúdos da disciplina a lecionar (“objeto da aprendizagem”) (Diaz Maggioli, *op. cit.*).

Trata-se de uma disciplina fundamental no currículo da formação de professores, uma vez que articula as disciplinas de educação geral com as disciplinas específicas, que constituem o núcleo do conhecimento especializado do professor. Enquanto domínio de estudo, visa propor princípios, formas e diretrizes comuns ao ensino de todas as áreas de conhecimento, tomando em consideração os objetivos de aprendizagem, os métodos de ensino e as formas organizativas da aula, de modo a criar as condições e os meios propícios a uma aprendizagem significativa (Libâneo, 2002). Deste modo, a “arte de ensinar” pode ser vista como um trabalho de mediação entre os diversos elementos (professor, aluno, conteúdos) que cria condições e estratégias para assegurar a construção do conhecimento através de atividades pré-definidas, destinadas à aprendizagem (Libâneo, *op. cit.*).

2.2. Escolaridade obrigatória, secularização do ensino e alfabetização

O princípio da obrigatoriedade da escolarização nasceu com o movimento da Reforma, ainda no século XVI, mas só na segunda metade do século XVIII passou a ser uma medida generalizada na Europa (Justino, 2014). Enquanto as primeiras formulações deste princípio refletiam sobretudo preocupações religiosas, com o advento do Iluminismo elas passaram a assentar na necessidade de afirmação do Estado relativamente ao poder religioso, que tendia a monopolizar as instituições escolares e assumir a liderança de controlo da ordem moral (Justino, *op. cit.*). No século XIX ocorreu a generalização daquele princípio, tanto na Europa, como nos Estados Unidos. A escolaridade obrigatória consolidou-se então como um requisito_essencial à construção da cidadania, da ordem moral, da coesão social e nacional, para além de assegurar a instrução necessária à formação de indivíduos capazes de fazer face às necessidades de progresso económico e social das nações (Justino, *op. cit.*).

O processo de secularização que se intensificou, também, a partir do século XIX, resultou num progressivo declínio da influência das instituições religiosas tradicionais sobre as diversas esferas da vida social ([Porto Editora, 2003-2017](#)), ao mesmo tempo que a afirmação das nacionalidades veio valorizar o papel do Estado enquanto principal provedor da Educação, passando este *Estado Educador* a ditar a oferta de ensino, com vista à instrução, à escala nacional de cada país, do maior número possível de futuros cidadãos

(Justino, *op. cit.*). Os sistemas nacionais de ensino, financiados e controlados pelo Estado, desenvolverem-se durante os séculos XVIII e XIX na Europa Ocidental, tornando-se mais tarde uma componente fundamental do modelo institucional de desenvolvimento das nações no mundo. Alguns autores defendem, com base em estudos comparativos internacionais, que o modelo escolar difundido a partir do final do século XIX foi um modelo comum, baseado em modelos padronizados de educação e sociedade (Madeira, 2013). A partir do século XIX a leitura e a escrita passaram a ser ensinadas na Europa ocidental, em escolas públicas, e gratuitas na maior parte dos casos, a todas as crianças maiores de 6-7 anos, independentemente da profissão que essas crianças viessem a seguir quando adultas, ou da posição hierárquica social dos seus pais. Foi a partir dos séculos XIX e XX que o movimento escolar se tornou verdadeiramente determinante (Ramos, 1988).

À semelhança de outros países europeus, também em Portugal, entre os séculos XVI-XVIII, se verificou uma diminuição progressiva da importância do papel da família na Educação, ao mesmo tempo que se assistiu à génese e implementação do modelo escolar e do sistema estatal de Ensino (Alves, 2012). A partir do século XVIII evidenciou-se, no nosso país, o crescente papel do Estado, em particular na sequência da rutura entre o sistema ideológico (métodos de ensino tradicionais, essencialmente teóricos) coordenado pelos Jesuítas e o novo sistema emergente, resultante das influências iluministas que defendiam a educação “à luz da Razão”. Na sequência de um processo de reforma pedagógica do reino, a educação passou então a ser encarada como uma função pública que deveria ser impulsionada e controlada pelo Estado (Alves, *op. cit.*).

O conceito de obrigatoriedade escolar surgiu após a Revolução liberal de 1820, com a Carta Constitucional de 1826, que instituiu a frequência da Instrução Primária entre os direitos civis e políticos para todos os cidadãos portugueses (Mendonça, s.d.). Portugal foi pioneiro na adoção da escolaridade obrigatória, que surgiu, pela primeira vez, com o Decreto de 20 de Setembro de 1844, assinado por Costa Cabral (Justino, 2014). A propósito da instrução pública, escreveu nessa época Alexandre Herculano (1810-1877): *A revolução francesa do fim do século passado, no meio dos seus crimes, das suas vertigens, dos seus disparates, proclamou grandes verdades (...) Foi ela que primeiro considerou a instrução à luz da nacionalidade; que primeiro a saudou como uma garantia individual; como uma dívida do estado para com os seus membros: foi ela que primeiro disse – a República deve dar aos cidadãos uma instrução geral* (Justino, 2016, *Apud* Herculano, 1841).

Apesar desta definição precoce do Sistema Educativo em Portugal, a sua implementação e concretização política foi muito lenta, prolongando-se por mais de cem anos. No final do século XIX, Portugal tinha uma das mais baixas taxas de escolarização da Europa (apenas 13% em 1870), e uma elevadíssima taxa de analfabetismo, por oposição aos Estados Unidos e aos países mais desenvolvidos da Europa, que na transição do século XIX para o século XX tinham já escolarizado, ao nível elementar, a sua população infanto-juvenil (Ribeiro, 1999).

Segundo Alves (2012), em 1890, 76% da população portuguesa maior de 7 anos não sabia ler nem escrever. De acordo com os Censos Populacionais Portugueses, realizados entre 1900 e 1991, a progressão na percentagem de alfabetizados, com idade igual ou superior a 10 anos (1900: 24%; 1991: 99%), foi extremamente lenta (Candeias, 2010), sobretudo até aos anos 1940, acelerando a partir dessa data, mas nunca se chegando à alfabetização universal dos portugueses durante o século XX. Face à decadência e atraso do sistema escolar português e ao seu desfasamento relativamente à maioria dos países europeus, os primeiros governos da República iniciaram a promulgação, faseada, de grandes reformas para os vários graus de ensino (MEP & OEI, 2003) mas só em meados da década de 50 do século XX todas as crianças com idades compreendidas nos parâmetros da lei se encontravam efetivamente matriculadas na escola (Candeias & Simões, 1999).

2.3. Universalização do direito à Educação

A Educação foi declarada um direito humano básico para cada indivíduo, há quase setenta anos, e consagrada no Artigo 26.º da Declaração Universal dos Direitos do Homem, adotada e proclamada pela Assembleia Geral, na sua Resolução 217A (III) de 10 de Dezembro de 1948, publicada no Diário da República, I Série A, n.º 57/78, de 9 de Março de 1978: *‘Toda a pessoa tem direito à educação. A educação deve ser gratuita, pelo menos a correspondente ao ensino elementar fundamental. O ensino elementar é obrigatório. O ensino técnico e profissional deve ser generalizado; o acesso aos estudos superiores deve estar aberto a todos em plena igualdade, em função do seu mérito* (CDH ONU, public. GE.94-15440, citada por GDDC, PGR).

A universalização do direito à educação constituiu uma das maiores conquistas resultantes da modernização das sociedades. Em 1990, mais de 150 governos adotaram a [“Declaração Mundial de Educação para Todos”](#) (= EPT) em Jomtien, na Tailândia, cujos compromissos foram reforçados em 2000, no Fórum Mundial de Educação, em Dacar, no Senegal, ([“Dakar Framework for Action, Education for All: Meeting our Collective](#)

Commitments, 2000”). Diversos países e organizações internacionais consideraram desde então a EPT como a principal prioridade política, tendo sido, igualmente essa, uma preocupação manifestada de forma recorrente pelos sucessivos governos em Portugal, sendo a Educação e Formação (EF) consideradas sectores decisivos, fundamentais para a evolução do país e para a coesão social, assim como fonte de renovação dos indivíduos e das comunidades.

2.4. Europa 2020: Estratégia da União Europeia para a Educação

A crise económica de 2008 e a consequente recessão que se seguiu aumentaram de forma significativa a incerteza quanto às perspetivas de emprego na Europa, que abrange também o setor da Educação em Portugal. O atual contexto socioeconómico e tecnológico global colocou, porém, a educação no centro da estratégia da Europa para a competitividade e desenvolvimento sustentável. A Comissão Europeia considera a Educação e a Formação motores essenciais do crescimento económico e reconhece o contributo crucial do investimento em recursos humanos para solucionar e prevenir o desemprego, e preparar uma retoma geradora de emprego, sem esquecer que o primeiro passo deve ser a aquisição por todos de competências fundamentais, em que a numeracia, a literacia, a matemática e as ciências de base são fundamentais para a aprendizagem subsequente e uma porta de acesso para o emprego e a inclusão social ([COM\(2012\) 750 final](#)).

Cada vez mais, os cidadãos terão carreiras diversificadas e em constante mutação, ao longo das quais se espera que pensem de forma crítica, tomem iniciativas, resolvam problemas e trabalhem em equipa, sendo fundamental que os sistemas de ensino e formação respondam a estas novas formas de atividade profissional. Partindo da qualidade do ensino como um pré-requisito chave para uma educação e formação de elevado nível, a União Europeia (UE) salienta o dever da escola em proporcionar aos jovens cidadãos as competências de que necessitam para se adaptarem aos ambientes globalizados e complexos, onde a criatividade, inovação, iniciativa, empreendedorismo e compromisso com a aprendizagem contínua são tão importantes para garantir o seu futuro económico e inclusão social quanto o conhecimento, disponibilizado a partir das orientações dos programas curriculares.

Na continuidade da “*Estratégia de Lisboa*”, que consubstanciou a estratégia de reforma da UE durante a década 2000-2010, a Comissão Europeia lançou em Março de 2010 a “*Estratégia Europa 2020*”, em resposta à recente crise financeira, para um

crescimento inteligente, sustentável e inclusivo. Nesta nova estratégia a importância da Educação surge reforçada, tendo-se estabelecido um grande objetivo de melhoria dos níveis de educação e qualificação até 2020, particularmente através da redução do abandono escolar, para menos de 10%, e do aumento da percentagem de cidadãos, pelo menos 40% de adultos, entre os 30 e 34 anos, a concluir o ensino superior, ou equivalente ([COM\(2010\) 2020 final](#)). A estratégia “*Repensar a Educação*” ([COM\(2012\) 669 final e Anexos](#); [CI IP-12-1233, 2012](#)) surgiu posteriormente, a partir da necessidade de repensar o modo como os sistemas educativos e de formação da UE poderão proporcionar as competências necessárias ao mercado de trabalho, de modo a corresponder à crescente demanda de maiores qualificações e reduzir o desemprego jovem.

O [CEDEFOP](#), Centro Europeu para o Desenvolvimento da Formação Profissional, é a agência da UE que contribui para o desenvolvimento de políticas de ensino e formação profissional (EFP) destinadas a promover a excelência e a inclusão social. Os estudos do CEDEFOP dão-nos conta das mais recentes evoluções do mercado de trabalho na UE, num momento em que a economia mundial recupera da crise financeira e da subsequente recessão. De acordo com a [nota informativa 9068](#) desta agência, prevê-se uma ligeira recuperação económica até 2020, com base, entre outros fatores, nas projecções macroeconómicas da Comissão Europeia e na consolidação fiscal nos Estados-Membros. Acompanhando essa recuperação prevê-se um regresso progressivo ao crescimento de emprego ([CEDEFOP, 2012](#)).

Estas previsões indicam que a proporção de postos de trabalho na UE que exigem qualificações de nível superior aumentará para 34% em 2020, comparativamente com 29% em 2010, enquanto a proporção de empregos associados a baixos níveis de qualificação e de competências diminuirá, no mesmo período, de 23% para 18% [[COM\(2012\) 669 final](#)]. Noutra [nota informativa](#), cujas previsões de oferta e procura de competências na UE alargam o horizonte 2020 para 2025, estima-se que até 2025 a proporção de postos de trabalho correspondentes a um nível de qualificações mais elevado deverá aumentar para 39% e que se manterá a proporção de trabalhadores com nível médio de qualificações, em ca. 47% da força de trabalho, um valor próximo do que se verificou em 2010 e em 2000.

No entanto, espera-se uma diminuição drástica da força de trabalho com baixo nível de qualificações, que deverá cair para 14% em 2025, face aos 24% em 2010 e aos 31% em 2000. Em linha com as estimativas anteriores, estas projecções apontam para maiores exigências em termos de níveis de competências, com uma força de trabalho “mais envelhecida, mas mais qualificada” ([CEDEFOP, 2013](#)).

Face a esta antevisão, compreende-se que a educação terá de potenciar os padrões e os níveis de habilitações necessários para satisfazer a procura, e, desse modo, promover as competências transversais necessárias para que os jovens se tornem empreendedores e se adaptem às inevitáveis mudanças no mercado de trabalho ao longo da sua carreira (COM(2012) 669 final).

O desafio torna-se particularmente difícil no contexto de medidas generalizadas de austeridade e de cortes no orçamento para a educação, mas a estratégia “*Repensar a Educação*” defende que para relançar o crescimento económico e a competitividade os países da UE devem investir mais nas pessoas e nas suas competências. Pede-se aos Estados-Membros que ao invés de reduzirem orçamentos para a educação melhorem a sua eficácia e que apoiem mais as profissões da área do ensino, dado que as reformas devem ser conduzidas por professores bem treinados, motivados e empreendedores ([CI IP-12-1233, 2012](#)).

A nova visão para a educação propõe formas dos sistemas de ensino e formação munirem o mercado de trabalho com as competências adequadas, reforçando a importância das competências transversais, necessárias a todos os empregos. Entre as várias medidas propostas, destacam-se o reforço da aprendizagem de línguas e a educação para o empreendedorismo. Propõe-se que o uso de TIC e de recursos educativos abertos seja intensificado em todos os contextos de aprendizagem e que os professores atualizem as suas próprias competências por meio de formação regular (CI IP-12-1233, *op. cit.*).

Repensar a educação exige uma mudança fundamental, que deverá dar maior ênfase aos resultados da aprendizagem, ou seja, aos conhecimentos, mas também aptidões e competências que os estudantes desenvolvem, sendo necessário adaptar e modernizar os métodos de avaliação, a fim de garantir que o ensino corresponde melhor às necessidades dos alunos e do mercado de trabalho. A estratégia insta os Estados-Membros a reforçar os laços entre o ensino e os empregadores, de modo a fomentar uma aprendizagem cada vez mais baseada no trabalho. Os ministros da educação da UE são também incentivados a intensificar a sua cooperação no tocante à aprendizagem baseada no trabalho a nível nacional e da UE (CI IP-12-1233, *op. cit.*).

Em toda a UE têm sido introduzidas reformas nos sistemas educativos e a Comissão pretende continuar a empreender ações e discussões com vista a assegurar que estes sistemas introduzam novos métodos de ensino e de aprendizagem, até 2020, que lhes permitam dotar os alunos com as competências adequadas. De acordo com o texto do [Documento 52012DC0669](#), as atuais economias baseadas no conhecimento necessitam de

cidadãos com qualificações mais elevadas e mais pertinentes. Neste contexto, as matérias científicas são muito importantes, uma vez que a procura de mão-de-obra qualificada nos setores tecnológicos e de uso intensivo de investigação continuará a ser elevada, com incidência na procura de competências relacionadas com as áreas de STEM, sigla em inglês para “*Science, Technology, Engineering and Mathematics*” - Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática [COM(2012) 669 final].

2.5. Qualificação dos Portugueses e Quadro Estratégico EF2020

Entre 1960 e o final do século XX a sociedade portuguesa sofreu profundas transformações. A escolaridade universalizou-se e o analfabetismo juvenil acabou, subsistindo apenas nalguns adultos, particularmente na população mais idosa. Dos quase 40 por cento de analfabetos de 1960, passou-se a uma taxa de analfabetismo absoluto próxima dos 8 por cento (Barreto, 2005). A democratização e massificação generalizada do ensino em Portugal tornaram-se uma realidade incontornável após a revolução de 25 de Abril de 1974, que possibilitou o surgimento de um sistema de educação público, universal e gratuito, consagrado pela Constituição da República Portuguesa de 1976 (Barreto, *op. cit.*).

Na década de 1980, deu-se uma aceleração do crescimento das taxas de escolarização, em todos os ciclos de ensino, de forma consistente e em ritmos nunca antes observados. A definição do atual sistema educativo iniciou-se com a aprovação da [Lei de Bases do Sistema Educativo Português](#), que celebrou 30 anos em 2016 (CNE, 2016a). A Lei de Bases, aprovada a 14 de Outubro de 1986, consignou o direito à educação e à cultura para todas as crianças, e alargou para 9 anos a escolaridade obrigatória, até aos 15 anos de idade, passando o ensino básico a compreender três ciclos sequenciais. A [Lei n.º 85/2009, de 27 de Agosto](#), veio estabelecer o alargamento da idade de cumprimento da escolaridade obrigatória até aos 18 anos e consagrar a universalidade da educação pré-escolar para as crianças a partir dos cinco anos de idade.

Segundo o relatório do Conselho Nacional de Educação, “[Estado da Educação 2011](#)” - EE 2011, as estatísticas sobre a escolarização dos portugueses começam a revelar efeitos positivos do esforço realizado na sua qualificação, entendida como “*a formação escolar e profissional, adquiridas nos diferentes níveis de ensino e em diferentes contextos, quer de formação inicial, quer de formação contínua, quer ainda de reconhecimento de saberes adquiridos ao longo da vida em ambientes formais, não formais ou informais*” (CNE, 2011). É no grupo etário dos 25 aos 34 anos, a primeira geração abrangida pelo

alargamento da escolaridade a nove anos, que o nível de escolarização mais avançou, embora persista o baixo nível de qualificação dos adultos ativos (CNE, 2011).

No seu conjunto, os portugueses possuem qualificações muito baixas, mas considerando as diferentes vias de formação de nível secundário, o ritmo de conclusão tem sido superior ao verificado noutros países europeus. Ainda segundo o EE 2011, os jovens portugueses estão atualmente muito mais qualificados do que estavam no início da década de 2000. Os professores têm investido na melhoria das suas qualificações. e o acesso à educação alargou-se de modo significativo em todos os níveis de ensino.

O Quadro Estratégico para a Educação e Formação, EF 2020, acordado pelo Conselho da União Europeia, guia atualmente as ações políticas nestes campos e estabelece metas bem definidas para a Educação até 2020. Este quadro baseia-se nos resultados do programa “Educação e Formação para 2010” - EF 2010, e procura dar resposta aos desafios que se mantêm, de modo a criar uma Europa do conhecimento e tornar a aprendizagem ao longo da vida uma realidade para todos.

No que respeita à situação de Portugal face aos valores de referência do EF2020, de acordo com o folheto informativo sobre a Estratégia “[Repensar a Educação e Portugal](#)”, baseado no Documento de Trabalho da Comissão Europeia: *Rethinking Education – country analysis, 2012*, têm-se registado grandes progressos na redução da percentagem de jovens com 15 anos de idade com competências inadequadas em leitura, matemática e ciências ([SWD/2012/0377 final](#)). Em 2009, a percentagem de alunos com fraco aproveitamento em leitura e ciências era inferior às médias da UE (19,6% e 17,7%, respetivamente). A participação dos adultos na aprendizagem ao longo da vida, em 2012, continuou a ser superior à média da UE de 9 % mas a taxa de emprego de jovens licenciados caiu entre 2006 e 2012 e, com 67,9% em 2012, encontrava-se consideravelmente abaixo da média da EU, de 75,6%, naquele ano. ([SWD/2012/0377 final](#)).

O nosso país tem indicadores positivos face às [metas EF da Europa para 2020](#), encontrando-se abaixo da média europeia relativamente à percentagem de abandono escolar precoce. A percentagem de jovens entre os 18 e os 24 anos que abandonaram a escola sem terminar o secundário passou de 43,6% para 28,7% em dez anos (2000-2010), sendo este o maior progresso verificado na União Europeia (CNE, 2011).

A taxa de insucesso escolar desceu quase para metade entre 2006 e 2012 e verificaram-se progressos significativos no aumento da taxa de conclusão do ensino superior, embora, em 2012, ela continuasse abaixo da média da EU, de 35,8%

(SWD/2012/0377 final). Recomenda-se, entre outras medidas, que Portugal se concentre no melhoramento das competências básicas (transversais) dos alunos; na reestruturação do ensino secundário e no melhoramento do nível de qualificação da população adulta, baseado num modelo coerente de aprendizagem ao longo da vida (SWD/2012/0377 final).

De acordo com o [Relatório Nacional PISA 2015 – Portugal](#), os alunos portugueses, avaliados em 2015 no âmbito do “[Programme for International Student Assessment](#)” (PISA), ultrapassaram, pela primeira vez, a média da OCDE em literacia científica, literacia de leitura e literacia matemática, e foram os que mais progrediram nas ciências ([IAVE, 2016](#)). O [PISA](#) é um estudo internacional de referência, iniciado em 2000 e desenvolvido, de três em três anos, pela [OCDE](#), Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, que avalia o nível de literacia de alunos de 15 anos a ciências, tecnologia, leitura e matemática. No estudo mais recente, Portugal obteve a 17.^a posição em literacia científica, a 18.^a em leitura e a 22.^a a matemática, entre os 34 países da OCDE participantes, mantendo a tendência gradual de evolução global positiva nos resultados, ao longo das seis edições do estudo.

2.6. Formação de professores

A qualificação dos portugueses depende, em grande medida, da qualidade profissional dos seus professores. A noção da importância de uma boa qualificação dos professores é muito antiga, estando descrita em Portugal, pelo menos, desde o século XVI, mas essa exigência só se refletiu na formação pedagógica de professores a partir da segunda metade do século XIX (Ferreira e Mota, 2010, 2013).

Segundo Gomes (2001) o ensino da Pedagogia aos professores do ensino secundário em Portugal, iniciou-se ainda no princípio do século XIX, contudo, a preocupação com a formação pedagógica generalizada, abrangendo educadores de infância e professores do ensino primário, só entrou definitivamente na agenda política nacional e nos discursos dos especialistas, a partir da segunda metade do século XIX, datando de meados de 1800 a primeira legislação sobre formação de professores do ensino secundário (Gomes, 2001; Ferreira e Mota, 2010, 2013).

A institucionalização da formação normalizada dos professores e educadores, na segunda metade do século XIX, reflete, de acordo com Veiga e Magalhães (2013), a progressiva dependência da Pedagogia relativamente à Psicologia, sendo a articulação entre ambas estabelecida através da criação de laboratórios especializados e do início do funcionamento das primeiras cátedras de Pedagogia e de Psicologia. Tal como na maioria

dos países europeus, o ensino da psicologia em Portugal esteve ligado, desde o início, à formação pedagógica dos professores (Gomes, 2001). A psicologia passou a integrar os programas de formação de professores a partir das últimas décadas do século XIX e a psicologia infantil, em particular, permitiu adequar os métodos pedagógicos, assim como reconhecer e diferenciar inteligências e caracteres (Veiga & Magalhães, *op. cit.*). No nosso país são de salientar, no âmbito da formação de professores, os “Congressos Pedagógicos da Liga Nacional de Instrução” (Lisboa 1908-1914) (Alves, 2012).

A formação pedagógica pode ser encarada como uma questão política, por implicar uma determinada conceção da sociedade e um projeto de futuro, e como uma questão social, na medida em que mobiliza dados provenientes das mais diversas ciências como a Economia, a Demografia, a Sociologia.

A formação de professores baseia-se atualmente em estudos e conhecimentos provenientes dos diferentes domínios das ciências da educação, que podem levar à redefinição de conceitos e a novas formas de educar, exigindo a definição de objetivos e de estratégias de avaliação. Esta formação continua a ser amplamente reconhecida no mundo como um elemento fundamental para a preparação de profissionais capazes, sobretudo numa época em que, graças à revolução científica e tecnológica, o professor deixou de ser o grande agente de difusão sistemática de informação, para passar a ser, cada vez mais, um agente de desenvolvimento pessoal e interpessoal (Martinho, 2000).

Com efeito, o modelo de funcionamento escolar instituído há pouco mais de 100 anos tem vindo a ser abandonado, para dar lugar a uma Escola que funciona como espaço propício à comunicação pessoal e interpessoal e à expressão e valorização de talentos e projetos pessoais dos jovens. Seguindo as recomendações da UNESCO (3 UNESCO - OIE, Conference Internacional d'Education (35º) Recomendacion nº 69, pontos 32 e 33, Recomendacion Final, ED/MD/38, Paris, 1975, p. 26), conforme citado por Martinho, (2000) os professores não devem ser meros transmissores de conhecimento, mas sim auxiliar os alunos a construir o seu conhecimento a partir de diversas fontes de informação (Martinho, *op cit.*).

Todas estas mudanças conceptuais sobre o papel da escola e sobre o ensino e a aprendizagem, representam grandes desafios e colocam uma maior exigência e responsabilidade ao professor, que passa a ser chamado a intervir como agente de desenvolvimento e de mudança na comunidade escolar. De acordo com os indicadores da publicação “*Números-Chave sobre os Professores e os Dirigentes Escolares na Europa*” ([Eurydice, 2013](#)) que abrangem um elevado número de tópicos relacionados com a

profissão docente na Europa, a formação inicial de professores requer actualmente, como qualificação mínima, um diploma de licenciatura de 4 anos, embora, na maioria dos países, os professores do nível secundário superior devam possuir mestrado.

Poucos países aplicam testes de aptidão ou entrevistas para aferir a motivação dos candidatos à docência. Só um terço dos países europeus utiliza critérios e métodos específicos de seleção dos alunos candidatos à formação inicial de professores. Outra conclusão deste documento, é que, em geral, as qualificações dos formadores de professores não diferem das qualificações dos outros professores universitários. Só em metade dos países europeus, os formadores de professores devem possuir habilitações próprias para a docência (Eurydice, *op. cit.*).

2.7. Estratégias pedagógicas e métodos de ensino

A Educação continua a ser um dos domínios da atividade humana em que o termo “estratégia” é frequentemente utilizado, embora nem sempre o seu significado seja claro, e diferentes autores o empreguem com diferentes sentidos, o que leva a que muitas vezes se confunda com outros termos, tais como “modelo”, “método”, “técnica”, ou “tática”, entre outros. Embora haja consenso na literatura acerca da importância e utilidade das estratégias de ensino e aprendizagem, o mesmo não sucede no que respeita ao conceito correspondente, não existindo uma definição única, inequívoca e precisa, encontrando-se grande variação de definições, de âmbito mais geral, ou mais específico, com alguma confusão nas terminologias e complexidade nas taxonomias (Ribeiro, 2001).

Os psicólogos desenvolvimentistas definem as estratégias, segundo Ribeiro (2001), como atividades deliberadas ao serviço da aprendizagem e do desenvolvimento. Ribeiro e Ribeiro (1990) consideram-nas como um conjunto de ações, empreendidas pelo professor, para alcançar determinados objetivos de aprendizagem pré-estabelecidos, envolvendo um plano de ação orientado para guiar o ensino em direção a esses objetivos. Nesse sentido, as atividades de aprendizagem representam a informação, o treino ou a experiência que se constrói com os alunos, que lhes permite avançar e chegar à meta desejada (Ribeiro & Ribeiro, *op. cit.*).

Para Vieira e Vieira (2005), uma estratégia de ensino-aprendizagem corresponde a “um conjunto de ações do professor ou do aluno, orientadas para favorecer o desenvolvimento de determinadas competências de aprendizagem que se têm em vista” (p. 16). Podem também ser entendidas, de acordo com outros autores, como comportamentos e/ou procedimentos, direcionados para um objetivo, que influenciam o modo como a

informação é processada, sendo consciente e intencionalmente planeadas ou invocadas antes, durante e após a realização das tarefas pedagógicas, auxiliando a sua execução, regulação e avaliação (Brooks et al.; Gagné, 1985; Kirby, 1984a, 1984b; Lawson, 1984; 1985; Levin & Pressley, 1985; Mayer, 1988; Schmeck, 1988; Weinstein & Mayer, 1986; Wittrock, 1986, 1988, citados por Ribeiro, 2001).

Quando as estratégias de ensino estão associadas a determinados princípios teóricos de atuação pedagógica (em vez de serem apenas um conjunto de técnicas independentes), que obedecem a uma estrutura e sequência, criando um certo tipo de clima ou ambiente de aprendizagem, elas podem designar-se por modelos de ensino. Quando não vinculadas a modelos estruturados de intervenção pedagógica, as estratégias podem confundir-se com os métodos de ensino, aplicáveis a várias matérias ou conteúdos. A palavra método provem do termo grego, *métodos*, composta de *meta* (= através de, por meio) e de *hodos* (= via, caminho), significando, portanto, o caminho através do qual se alcança uma dada finalidade. Para Gage e Berliner (1979), citados por Ribeiro e Ribeiro (1990), os métodos de ensino representam padrões de atuação pedagógico-didática do professor, que não estão dependentes da sua habilidade ou do seu estilo próprio, mas são antes praticáveis por qualquer docente, para ensinar conteúdos diversificados, em qualquer nível de escolaridade.

Enquanto a estratégia envolve um plano, mais ou menos individualizado, do professor para alcançar determinados objetivos, o método envolve tipicamente um conjunto de ações que podem ser seguidas por qualquer professor na construção do conhecimento. Os métodos tendem a ser relativamente constantes, enquanto as estratégias permitem uma maior flexibilização na interação professor-alunos, uma vez que podem ser atualizadas e alteradas, se necessário, em função do tipo de conteúdos, das circunstâncias e das respostas dos alunos. Uma mudança de estratégia pode, inclusivamente, envolver a substituição de um dado método de ensino (e.g. ensino por transmissão) por outro (ensino por descoberta), sem que isso altere o método em si.

2.8. Necessidades de competências, de ensino e formação na UE

Embora as previsões até 2025, que abrangeram ainda os 28 Estados Membros e também a Islândia, Noruega e Suíça, apontem para um crescimento do emprego na UE, este crescimento será desigual e esperam-se também diferenças significativas na oferta e procura de competências entre os Estados-Membros ([CEDEFOP, 2015b](#)). De acordo com as previsões anteriores, os padrões de emprego do futuro irão refletir a procura e a oferta

de competências, prevendo-se um aumento da procura de mão-de-obra com nível de qualificação formal médio e elevado, sendo esse aumento mais significativo para um nível de qualificação mais elevado. Prevê-se ao mesmo tempo uma maior diminuição da necessidade de mão-de-obra sem qualificação formal ou com baixo nível de qualificação formal ([CEFEDOP 2010](#); [2011](#); [2015a](#)).

A maior parte das oportunidades de emprego (ca. de 24%) surgirá relativamente a postos de trabalho que exigem elevados níveis de qualificação e especialização, nas ciências, engenharia, saúde, comércio e educação. Seguem-se, por ordem decrescente de oportunidades, a área dos serviços e das vendas (ca. de 16%), as profissões que aplicam conceitos, operações e regulamentações em engenharia, cuidados de saúde, comércio e sector público, ou seja, os técnicos e profissionais de nível intermédio (ca. de 13%) e, por fim, as tarefas associadas a um nível de qualificações baixo ou nulo (CEDEFOP, 2015a).

Em Portugal, contudo, o crescimento económico terá apenas um efeito limitado no crescimento de emprego, sendo este mais lento que o previsto na UE, no seu conjunto, onde se espera que, em média, o emprego alcance o nível pré-crise em 2020, ao passo que em 2025, no nosso país, o emprego continuará ainda abaixo do nível pré-crise de 2008 (CEDEFOP, 2015a). A maior parte das oportunidades de trabalho, cerca de 26%, estarão no setor primário (trabalhadores especializados da agricultura, silvicultura e pescas), um valor muito mais elevado do que a previsão de 6% para a UE, no seu todo, em que a maioria das oportunidades de emprego surgirá para profissionais com qualificação de nível superior, nas áreas da investigação científica, engenharia, saúde, finanças e ensino (24%), conforme acima mencionado, contrastando com os 14% previstos para Portugal (CEDEFOP, 2015a; 2015b).

Segundo Cláudia Valente, investigadora da Universidade Católica Portuguesa e especialista nacional do CEDEFOP, Portugal parece estar, no entanto, a acelerar a sua transição para uma economia de conhecimento mais intensiva, o que está de acordo com as previsões do CEDEFOP, de que cerca de dois terços de todas as oportunidades de emprego na Europa até 2025 irão requerer qualificações de níveis médio e elevado. Prevê-se que em 2025 cerca de 33% da força laboral nacional tenha qualificações de nível superior, comparativamente com 23.9% em 2013, e que haja um decréscimo na percentagem de baixas qualificações, de 55%, em 2013, para 40,2% em 2025 (CEDEFOP, 2015a; [Valente, 2014](#)).

A verificarem-se estas tendências, em 2020 cerca de 41% da população portuguesa, com idades compreendidas entre os 30 e os 34 anos, deverá ser altamente qualificada, de

encontro ao indicador de referência para a UE que aponta para 40% em 2020 (CEDEFOP, 2015a). Segundo o estudo prospectivo nacional sobre novos mercados de trabalho e novas profissões, “*mais de metade das oportunidades de emprego estimadas em Portugal para a próxima década, requerendo altas qualificações, estarão em quatro grandes grupos profissionais, fortemente intensivos em conhecimento: (1) especialistas em funções de suporte aos negócios e atividades dos serviços às empresas, nomeadamente em finanças, administração, comerciais, assuntos jurídicos, sociais e culturais e especialistas em tecnologias de informação e comunicação; (2) profissionais de saúde; (3) especialistas em ciências e engenharias; (4) gestores em atividades de serviços, incluindo serviços especializados, hotelaria, restauração, comércio e outras atividades de serviços*” (Valente, 2014, p. 146).

Para apoiar a preparação da força laboral na UE, antecipando os efeitos das tendências, a educação e formação deverão assegurar uma combinação equilibrada de competências nos vários setores, países e níveis de qualificação. Deverão ser estimulados perfis de competências mais amplos, combinando competências técnicas e comportamentais com novas competências técnicas e especializadas, na medida em que atualmente estas mudam mais rapidamente ao longo da vida profissional ([CEDEFOP, 2017](#)).

Uma das principais mensagens a reter, retiradas dos cenários apresentados para 2025, é que o mercado de trabalho do futuro oferecerá menos oportunidades para aqueles com menores níveis de qualificação ou sem qualificação. Uma força de trabalho capacitada e instruída é um elemento fundamental para o sucesso da inovação, e por esse motivo, é crucial que os jovens não abandonem precocemente a escola, quer a educação, quer a formação profissional.

Outra conclusão é a de que é necessário mudar a forma como a Europa desenvolve e utiliza as competências, mesmo na eventualidade de ocorrer uma retoma económica consistente. Serão competências transversais, tais como a capacidade de pensar de forma crítica, de tomar a iniciativa, de resolver problemas e de trabalhar de forma colaborativa, que irão preparar as pessoas para os percursos profissionais variados e imprevisíveis do século XXI (CEDEFOP, 2010; 2011; 2012; 2013; 2015^a; 2015b).

Tendo em conta esta falta de competências adequadas às necessidades do mercado de trabalho, a Comissão tornou pública, em Junho de 2016, uma nova e abrangente “*Agenda de Competências para a Europa*” ([COM\(2016\) 381 final](#)), uma iniciativa que visa assegurar que todos os cidadãos europeus irão, desde cedo, adquirir um conjunto de

competências que lhes facilite obtenção de emprego. A nova Agenda compreende dez ações a implementar, até 2018, que incluem a revisão do “Quadro Europeu de Qualificações” e a “Coligação para a criação de competências e emprego na área digital”. A Agenda coloca ênfase no papel dos professores, considerando que o aumento da atratividade da profissão docente irá estimular jovens talentosos a ingressar e seguir esta carreira. Sublinha-se que a qualidade e capacidade de resposta de educação e formação e os padrões de ensino deverão ser igualmente elevados na Europa, e que uma maior atenção deverá ser colocada no recrutamento e retenção de professores, nas suas condições de trabalho e no seu desenvolvimento profissional (COM(2016) 381 final).

O *European Trade Union Committee for Education* ([ETUCE](#)) é o Comité Sindical Europeu da Educação que representa os sindicatos de professores ao nível europeu e defende os seus interesses perante a Comissão Europeia. O ETUCE congratula-se com a “Agenda de Competências para a Europa” mas entende que esta deve ser melhorada. Os sindicatos de professores da UE consideram que a conceção de currículos nacionais deve ser uma responsabilidade dos governos e que a criação de currículos escolares é uma parte do trabalho dos professores.

Considerando ainda que o ensino geral deve proporcionar a totalidade dos conhecimentos básicos, habilidades e competências e que o setor da educação é uma área importante na promoção da cidadania ativa e valores comuns na liberdade, tolerância e não-discriminação, também essenciais para preparar os alunos para um mercado de trabalho inclusivo, o ETUCE não apoia a ideia da Comissão do estabelecimento de parcerias entre a educação e interesses financeiros privados, em que os empregadores/empresas projetam os currículos ([ETUCE, 2016](#)).

Embora as parcerias entre o ensino profissional e as empresas sejam muito importantes, numa perspetiva de aprendizagens baseadas no trabalho, o ETUCE entende que o mesmo não se aplica noutros domínios de ensino. Receia-se que uma maior influência do setor privado na educação possa afetar a autonomia das escolas e dos professores e ter efeitos negativos sobre o investimento no sector, defendendo que o envolvimento de empresas na educação não deverá conduzir, de forma alguma, à privatização e/ou comercialização dos serviços de educação. Assim, pedem às instituições da UE que continuem a defesa sustentável da educação pública.

As sondagens do ETUCE mostraram que houve um efeito destrutivo da crise financeira no bem estar pessoal e profissional dos docentes relativamente aos seus salários, condições de trabalho, formação inicial e desenvolvimento profissional contínuo. Por

consequente, os sindicatos europeus pedem à Comissão que proponha soluções para levantar as barreiras à qualidade do ensino, de forma a melhorar o desempenho dos professores e formadores na Europa. Uma vez que os professores e formadores têm um enorme impacto no desenvolvimento de competências de todos os alunos da Europa, e tendo em conta a integração de migrantes, o ETUCE entende ser necessário investimento financeiro para recrutar docentes, envolver professores reformados e reconhecer as qualificações de professores migrantes e refugiados (ETUCE, 2016).

2.9. A condição docente em Portugal e na Europa. Perspetivas futuras

A profissão docente é difícil de caracterizar em todas as dimensões: individuais, coletivas, sociais, pedagógicas e éticas, na medida em que o seu papel se exerce na confluência de múltiplas relações e interações (alunos, pais, autoridades educativas e instituições da comunidade) e devido aos contornos que tem vindo a assumir nas diferentes reformas da educação, adquirindo, assim, um conjunto de papéis e de funções cada vez mais complexo (CNE, 2016b).

O exercício da prática de ensino, em qualquer nível de escolaridade, é certamente uma das mais difíceis atividades profissionais, requerendo uma preparação, científica e pedagógica, rigorosa mas também inovadora, face aos inúmeros desafios que se colocam à Educação para o século XXI. Estas dificuldades assumem particular expressão num país empobrecido como Portugal, no seio de um continente europeu demograficamente envelhecido, afetado pela recessão económica, e pelas recentes mudanças na geopolítica internacional, geradoras de convulsões sociais, cenários políticos mais imprevisíveis e maior incerteza, para além de um mercado de trabalho em constante mutação, cada vez mais exigente e seletivo.

As escolas enfrentam hoje desafios sem precedentes. Não só se espera que produzam resultados mensuráveis com orçamentos reduzidos, mas que também sejam modernas e visionárias, ofereçam um currículo atrativo e preparem os jovens para empregos que nem sequer existem ainda. Segundo a estratégia “*Repensar a Educação*” estes desafios constituem uma oportunidade de empreender uma renovação na profissão docente e ajudar as escolas a tornarem-se mais envolvidas com o mundo moderno (COM(2012) 669 final).

Esta pressão sobre os sistemas educativos tem, contudo, efeitos diretos sobre diversos fatores internos da escola, nomeadamente sobre o trabalho dos professores, cada vez mais sobrecarregados de tarefas e solicitações. Para além do ensino propriamente dito,

é exigido aos professores que executem muitas outras tarefas, nomeadamente trabalho administrativo, organização e planeamento, avaliação de alunos, comunicação com os pais (ou encarregados de educação) alunos e outros *stakeholders*. Esta multiplicidade de papéis nem sempre se reflete nos seus contratos de trabalho, sendo, em vez disso, mais baseada num entendimento tácito daquilo que se espera dos professores, como uma parte da sua atividade profissional.

Dados da Comissão Europeia contidos no Boletim Informativo “*The Teaching Profession in Europe: Practices, Perceptions, and Policies*” – “A Profissão Docente na Europa: Práticas, Perceções e Políticas” - apontam para a existência de, aproximadamente, 6 milhões de professores na UE, tendo as alterações demográficas nas sociedades europeias afetado fortemente a profissão docente. Apenas um terço dos professores no ativo têm menos de 40 anos. Em muitos Estados Membros da UE, a maioria dos professores, presentemente em exercício de funções, pertencem a faixas etárias entre os 40-49 e acima dos 50 anos de idade, sendo a grande maioria mulheres e menos de um terço homens ([Eurydice, 2015](#)).

Observa-se que, mesmo nos países em que a proporção de homens e mulheres na profissão docente é semelhante, são cada vez menos os jovens do sexo masculino a ingressar na carreira, um desequilíbrio de género que preocupa os agentes de políticas educativas. Embora haja muitas diferenças nas condições e contratos de trabalho, horas de serviço, salários e idade de reforma, existe uma tendência generalizada na UE de adiar a idade de reforma com pensão completa, o que agrava o problema de envelhecimento do corpo docente.

As mudanças na tecnologia, sociedade e padrões de responsabilidade requerem que os docentes revisitem constantemente as suas competências e tenham um desempenho mais eficaz do que nunca, no entanto, para muitos, a profissão já não é tão atrativa como outrora. Nalguns sistemas educativos a baixa percentagem de jovens docentes, a par com a reforma dos mais velhos, poderá conduzir a falta de recursos humanos na educação. Muitos países europeus enfrentam já - ou estão prestes a enfrentar - uma escassez de profissionais do ensino, como é o caso do Reino Unido, em que faltam professores qualificados nas áreas STEM, quer por falta de candidatos à formação inicial de professores, quer por abandono precoce da carreira ([Eurydice, op. cit.](#)).

Em Portugal, o Conselho Nacional de Educação alertou, já em 2011, para o envelhecimento progressivo do corpo docente verificado na primeira década do século XXI. Esse envelhecimento era então mais evidente no 3.º ciclo e no secundário ([CNE](#),

2011; [Oliveira, 2011](#)). No relatório de 2014 sobre o *Estado da Educação* manteve-se a tendência de envelhecimento do corpo docente. Cerca de um terço dos professores tinham então 50 ou mais anos, em todas as categorias profissionais. No 2.º ciclo, essa proporção atingia os 44% e no 3.º ciclo e secundário os 37%. No ensino público, 41% dos docentes pertenciam ao grupo etário com idade igual ou superior a 50 anos e 39,9% tinham entre 40 e 49 anos. No ensino privado, a maior percentagem, 44,7%, estava na faixa etária dos 30-39 anos, seguida dos que têm entre 40 e 49 anos com 28,7%. A percentagem dos docentes com menos de 30 anos em 2014 era muito baixa, apenas, 0,5% no público e 9,3% no privado. Neste documento pode ler-se “*O aumento da idade da reforma, atualmente nos 66 anos e dois meses, e o quase inexistente ingresso de novos professores no sistema explicam este envelhecimento acentuado*” ([CNE, 2014](#), p. 140).

No que respeita ao número de docentes, entre 1999/00 e 2009/10 houve uma diminuição do número total de professores, acompanhada de um envelhecimento crescente do corpo docente (CNE, 2011). Segundo o relatório de 2014 do CNE, em 10 anos 3 755 escolas públicas foram encerradas, ao mesmo tempo que aumentou o número de estabelecimentos privados. Entre 2010 e 2014 Portugal perdeu 33 703 professores. A diminuição no número de professores foi mais evidente no 3.º ciclo e secundário, com uma quebra de 16 349 docentes no público e 719 no privado (CNE, 2014). Dados comparados da Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC) mostram que em apenas um ano, entre os anos letivos 2013/2014 e 2014/2015, houve uma perda de 26 000 alunos e 33 000 professores saíram das escolas, dos quais 24 mil trabalhavam no ensino público ([Viana, 2016a; 2016b](#)).

A redução no número de docentes atinge o ensino público e privado e todos os níveis de ensino com exceção do 1.º ciclo do ensino privado, em que se registou um aumento de 153 professores em 2013/2014 em relação a 2004/2005 (CNE, 2014). O CNE alertou também para a instabilidade do corpo docente, dado que se observou uma diminuição do número de professores do quadro, acompanhada de uma subida percentual do número de professores contratados (CNE, 2011; Oliveira, 2011).

Segundo dados da publicação “*Educação em números. Portugal 2014*”, da DGEEC, a taxa de feminidade é muito elevada no EBS, sendo mais alta no 1.º ciclo e diminuindo gradualmente nos ciclos subsequentes, à semelhança da tendência europeia e da média da OCDE, um padrão que se tem mantido desde o ano letivo 2000/2001 até 2012/13. Em 2011 confirmou-se uma tendência anterior, muito positiva, na evolução dos níveis de qualificação dos docentes em exercício. Os professores portugueses têm atualmente mais

habilitações, registando-se uma subida na percentagem de professores com licenciatura, mestrado e doutoramento. O aumento dos níveis de qualificação tem sido mais relevante no 1.º ciclo, uma vez que até ao início da década de 90 não era obrigatória uma licenciatura para aceder à carreira (CNE, 2011). Entre os aspetos positivos destacados no relatório EE2014, incluem-se melhorias de desempenho dos alunos portugueses nos testes PISA, o aumento da escolarização e a melhoria das qualificações, embora essa melhoria não se tenha refletido na economia nacional.

Em síntese, de acordo com o documento “Recomendação sobre A condição docente e as políticas educativas”, publicado pelo Conselho Nacional de Educação em Junho de 2016, um estudo que abrangeu os docentes de todos os níveis de educação e ensino (educação pré-escolar, ensino básico e secundário) que se encontravam em exercício de funções em 2014, evidenciam-se sete tendências gerais e comuns:

1. *Envelhecimento crescente e constante do corpo docente;*
2. *Desequilíbrio quanto ao género em todos os níveis de educação e de ensino, sendo o corpo docente maioritariamente feminino;*
3. *Decréscimo acentuado do número de docentes em exercício, que pode ser justificado, entre outras razões, pela aposentação, pelo impacto de políticas de orientação curricular e de gestão de recursos, pela diminuição da população escolar e pelo redimensionamento da rede;*
4. *Número expressivamente crescente de educadores de infância e de professores sem colocação, devidamente profissionalizados, muitos dos quais com vários anos de serviço;*
5. *Número pouco significativo de novos docentes que entram no sistema em todos os níveis de educação e ensino;*
6. *Número crescente de docentes em exercício com níveis de qualificação elevados, não só acima da média europeia, mas também superiores ao exigido para o nível de ensino a que estão vinculados;*
7. *Emergência de situações de precariedade no exercício das funções docentes em todos os níveis de educação e de ensino, situação que provoca instabilidade profissional e institucional. (CNE, 2016b, pp. 3-4).*

Dada a complexidade dos desafios que se colocam à educação em Portugal, o CNE tem vindo a promover debates em torno da Lei de Bases do Sistema Educativo, de forma a identificar insuficiências ou desvios na sua concretização. Nos desafios que se propõe ultrapassar nos próximos 15 anos, incluem-se, precisamente, o rejuvenescimento do corpo docente, a criação de condições de acesso e fixação de jovens professores e a integração nos quadros de uma parte dos docentes contratados.

Segundo os dados do *Eurydice 2013* apenas uma minoria dos países da UE (Espanha, Grécia, França e Chipre) concede um estatuto vitalício de funcionário público de carreira aos seus professores, como a única possibilidade de contratação. São também poucos os países que utilizam os concursos como o único método de recrutamento. Cada vez mais o recrutamento é feito diretamente pelos empregadores, normalmente os estabelecimentos de ensino, ou as autoridades educativas locais e é cada vez maior o número de países em que se exige que as escolas ofereçam planos de desenvolvimento profissional contínuo para os docentes e que os responsáveis pelos estabelecimentos de ensino se encontram frequentemente envolvidos na avaliação dos professores (Eurydice, *op. cit.*).

Constata-se ser necessário um maior esforço para atrair mais jovens para a profissão. Um dos fatores que pode dissuadir os jovens de enveredar pela carreira docente é o longo período de tempo (até 30 anos) que medeia entre a entrada na profissão e o escalão salarial de topo. Na UE, a indução de novos professores tem vindo a assumir uma importância crescente e em muitos países existem programas destinados à qualificação em exercício da profissão, que oferecem uma formação suplementar, assistência personalizada e aconselhamento aos professores recém-formados. Espera-se que esse tipo de apoio os possa ajudar a ultrapassar as dificuldades sentidas nos primeiros anos das suas carreiras, e contribuir para a redução da probabilidade de abandono precoce da profissão. No entanto, segundo o *Eurydice 2013*, a diversidade organizacional destes programas é bastante elevada, assim como a sua eficácia.

A necessidade de atrair profissionais mais bem qualificados para a profissão docente é uma prioridade crescente na UE. O EF 2020 identifica a qualidade da educação e formação como um dos seus quatro objetivos estratégicos. Para o atual Comissário Europeu para a Educação, Cultura, Juventude e Desporto, Tibor Navracsics, *“Teachers play a crucial role in the lives of pupils. They guide them towards their goals and shape their perceptions. That is why “Education and Training 2020”, Europe’s strategy in the field of education and training, puts a special emphasis on the role of teachers – from their selection, initial education and continuous professional development to their career opportunities”* (Eurydice, 2015).

Deste modo, o Quadro Estratégico para a Educação e Formação (“EF 2020”), coloca uma ênfase especial no papel dos professores, desde a fase de seleção de candidatos, sublinhando a importância de lhes proporcionar formação inicial adequada, desenvolvimento profissional contínuo e oportunidades de carreira, que possa ser

perspetivada como uma opção profissional atrativa (*Eurydice, op. cit.*). Na verdade, já em 2007 a Comissão Europeia tinha proposto estabelecer um sistema de formação sem descontinuidades, que integrasse a formação inicial de professores, a indução e o aperfeiçoamento profissional contínuo ao longo da carreira ([COM\(2007\) 392 final](#)).

Ainda de acordo com o *Eurydice 2015*, baseado em dados da rede Eurydice 2013/14, no [TALIS 2013](#) (inquérito internacional da OCDE sobre ambientes de aprendizagem nas escolas e as condições de trabalho dos docentes) e dados Eurostat/UOE ([UOE = UNESCO](#), [OCDE](#) e [Eurostat](#)) relativos a 2013, em quase dois terços dos países europeus, os novos docentes habilitados à prática profissional, que trabalham em escolas públicas, têm acesso a uma fase estruturada de indução. Durante esta fase os professores principiantes recebem formação adicional, ajuda personalizada e assessoria de professores experientes, e quase todos recebem apoio de mentores durante o seu primeiro emprego.

Existe um amplo consenso de que a transição da fase educação/formação do professor principiante, ainda aluno, para a vida laboral é um período crítico para os docentes recém-qualificados, considerando-se que este período deveria fortalecer as suas competências e a sua autoconfiança, reduzindo o risco de abandono precoce da profissão. Segundo os especialistas, são necessárias ações para renovar o recrutamento e os processos de seleção de professores, assim como estratégias de retenção. É também fundamental tornar a formação inicial de professores mais eficaz enquanto se reforça o papel de indução e orientação (*Eurydice, 2015*).

Outra conclusão do relatório é de que os docentes exprimem maiores necessidades de formação contínua em metodologias de ensino do que nos conteúdos das suas matérias curriculares, e que o conteúdo das atividades de desenvolvimento profissional disponíveis nem sempre correspondem ao das necessidades que têm, sendo desejável ajustar a oferta às necessidades de desenvolvimento profissional dos docentes. Este desenvolvimento profissional deverá ser orientado para formas colaborativas, mais flexíveis e individualizadas, ligadas às perspetivas de carreira dos professores e dos planos de desenvolvimento escolar (*Eurydice, op. cit.*).

Em Abril do corrente ano, a Comissão Europeia publicou o documento [“Preparing teachers for diversity: The role of initial teacher education”](#) (2017) antevendo a importância de preparar os futuros professores para a diversidade crescente das sociedades europeias, acelerada pelos fenómenos de mobilidade intra-europeia, da migração internacional e da globalização, que criam novas necessidades de respostas educativas, a par com novas oportunidades e desafios para as escolas. A população crescente de

refugiados e de cidadãos que requerem asilo político e a entrada de um maior número de crianças migrantes na Europa, colocam exigências específicas às escolas e aos docentes. Para além desta tendência para o aumento da multiculturalidade, estudos recentes revelam um preocupante aumento da intolerância e da exclusão social, mesmo no ambiente escolar, pelo que os professores são chamados a repensar as suas estratégias e práticas letivas, no sentido de melhor apoiar as necessidades educativas destas crianças e jovens.

3. Enquadramento científico: Biologia

3.1. Conceito de ciclo de vida e sua importância

O ciclo de vida (= ciclo biológico de vida) pode definir-se como uma sucessão de etapas/eventos na história reprodutiva de um organismo, desde a sua concepção até ao momento em que ele mesmo gera descendência. Esta série de mudanças e eventos repetem-se no tempo, sempre pela mesma ordem, ou seja o ciclo de vida de uma espécie repete-se, de geração em geração (Matias & Martins, 2008).

O conhecimento do ciclo de vida de qualquer organismo é importante e necessário para conhecer a sua função ecológica e compreender a sua história evolutiva na Terra. Qualquer investigação em biotecnologia, ciências agrárias, ciências médicas/veterinárias, ciências do mar, ou ciências farmacêuticas, implica o conhecimento dos ciclos de vida de diversas espécies, quer se tratem de espécies vulneráveis que importa proteger na Natureza, a própria espécie humana e os organismos que a afetam, ou variadíssimas espécies com interesse económico, como por exemplo, culturas agrícolas e florestais e seus inimigos naturais (parasitas e pragas), que potencialmente as podem destruir, causando severos prejuízos.

Re(conhecer) as fases, ou etapas, dos ciclos de vida de diferentes seres vivos é compreender que na Natureza nada é permanente e imutável, e que da interferência humana em qualquer etapa de um ciclo de vida, poderão resultar efeitos, positivos ou negativos, em função das escolhas que se fazem. Intervenções antrópicas num ciclo de vida podem causar perdas ecológicas irremediáveis, que afetam toda uma cadeia alimentar e uma comunidade de organismos, ou, pelo contrário, podem produzir benefícios para o equilíbrio dos ecossistemas, para a qualidade ambiental e para o crescimento sustentável das sociedades humanas.

3.2. Reprodução sexuada e principais tipos de ciclos de vida

A mais antiga evidência da ocorrência da meiose e da reprodução sexuada em eucariontes tem ca. 1,2 mil milhões de anos e corresponde a uma alga fossilizada, filamentosa, encontrada nas rochas da Formação de Hunting (Ilha de Somerset, Canadá Árctico). Esta alga do Mesoproterozoico, classificada como *Bangiomorpha pubescens* (Bangiophyta: Bangiophyceae), é muito semelhante às atuais algas-vermelhas (= rodófitas) bangiofíceas que crescem nas linhas costeiras, em particular, as do género *Bangia*

(Butterfield, 2000) (Fig. 1). São também os fósseis de eucariontes mais antigos com taxonomia resolvida (Butterfield, 2000; De Clerck, Bogaert, & Leliaert, 2012).



Figura 1 – Habitat e morfologia do talo de uma bangiofícea atual, *Bangia fuscopurpurea* (Dillwyn) Lyngbye. À esquerda: Ria de A Coruña, Galiza, Espanha (2008). Fotografia © Ignacio Bárbara; em cima, à direita: filamentos unisseriados e multisseriados de *B. fuscopurpurea*, colhida na zona supralitoral da Marina de Pisa, Itália (1999). Fotografia © Fabio Rindi. Retirado de AlgaeBase, disponível em <http://goo.gl/q7PXEt>.

Note-se que o termo “algas” se refere, geralmente, a um grupo heterogêneo de organismos aquáticos, com capacidade fotossintética, e não a uma entidade taxonômica ou filogenética, uma vez que aqui se incluem organismos (ca. 36 000 espécies descritas) de várias linhagens, incluídos em quatro reinos distintos: Plantae (*e.g.* clorófitas e rodófitas); Chromista (*e.g.* feófitas, dinoflagelados, diatomáceas); Protista (*e.g.* euglenófitas) e Bacteria (cianófitas) (Guiry, 2016). As algas apresentam uma grande variedade de formas e níveis de complexidade, desde unicelulares a pluricelulares, coloniais ou filamentosas, simples ou ramificadas. O corpo das algas pluricelulares, ou talo, é uma estrutura mais ou menos complexa, sem raízes, caules ou folhas, com áreas especializadas na produção de células reprodutoras. As algas atuais têm grande importância ecológica nos oceanos. As algas-castanhas, as algas-vermelhas e as diatomáceas são fundamentais no ciclo do carbono e as diatomáceas são também determinantes no funcionamento de muitas comunidades fitoplanctônicas.

A alga-vermelha *Bangiomorpha pubescens* cresce em tufo de cadeias filamentosas, presos às rochas da linha costeira por estruturas basais de suporte. Os filamentos individuais tinham até 2 mm de comprimento, sendo constituídos por células

em forma de disco, dispostas topo a topo, cada uma com menos de 50 µm de espessura. Os filamentos, não ramificados, podiam ser compostos por única série de células ou várias séries paralelas (Fig. 2). Na extremidade apical dos filamentos maduros podiam observar-se agrupamentos de estruturas esféricas, com a forma de esporos, indicativos de que a meiose e a reprodução sexuada estariam em curso (Fig. 2).

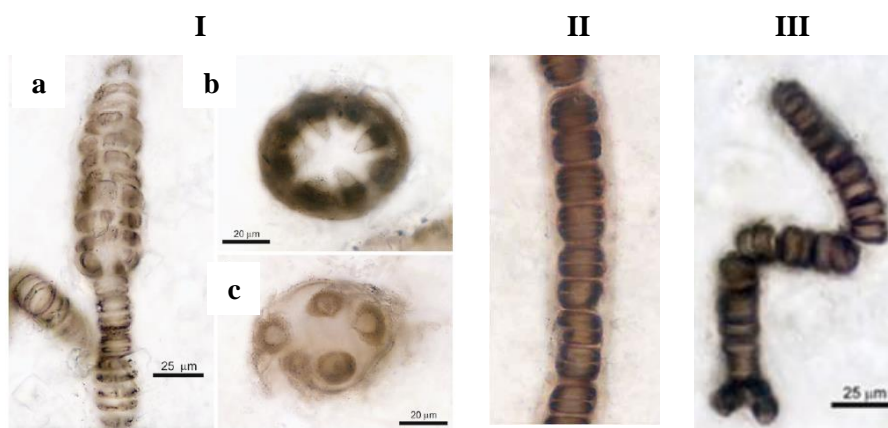


Figura 2 - Fósseis de *Bangiomorpha pubescens* (ca. 1200 Ma). I. a) Talo maduro, com porções unisseriadas e multisseriadas; b) Secção transversal de um filamento com oito células em cunha, dispostas radialmente, comparável ao efeito da divisão longitudinal intercalar em *Bangia* sp. c) Secção transversal de filamento com esporos esferoidais, comparáveis aos monósporos de *Bangia* sp. II. Filamento mostrando divisão celular transversal intercalar. III. Filamento com região basal bilobada. Adaptado de Butterfield (2000) e “[Fossil Hunters](#)” (2016).

As atuais *Bangia* sp. não apresentam células flageladas em nenhuma fase do ciclo de vida, que geralmente é bifásico, incluindo uma fase haploide, macroscópica: um organismo produtor de gâmetas (gametófito), correspondente ao talo da alga (“fase-bangia”), e uma fase diploide, microscópica, constituída por uma estrutura (carpogónio) que, após a fecundação, produz esporos diploides (carpósporos) por mitose. Estes esporos germinam, dando origem a um talo microscópico (“fase conchocelis” do ciclo de vida), unisseriado e ramificado (= esporófito). O “conchocelis” produz, por meiose, esporos haploides (concósporos), que completam o ciclo de vida ao germinar, formando, por mitoses, novos filamentos haploides da “fase-bangia”.

O estudo dos filamentos de *Bangiomorpha* mostra que, além da multicelularidade, já havia alguma diferenciação celular: em células de suporte, basais, e células do filamento, bem como talos inteiros de morfismo sexual diferente. *Bangiomorpha pubescens* foi identificada com base em padrões de divisão celular diagnósticos- o estudo dos estádios de desenvolvimento encontrados revelou múltiplos ciclos de divisão celular, evidenciando a presença de, pelo menos, duas fases distintas de produção de esporos: as evidências de

dimorfismo sexual e a comparação destes fósseis com as fases de reprodução sexuada nas modernas *Bangia* sugerem que *B. pubescens* é, até à data, o testemunho mais antigo de reprodução sexuada em eucariontes (Butterfield, 2000).

A ocorrência da meiose e da fecundação nalguns grupos de algas resultou numa alternância de gerações, haploides e diploides, que proporcionou uma fonte rica de novidades evolutivas (Mable & Otto, 1998). O aparecimento da reprodução sexuada (fusão de gâmetas, recombinação genética e meiose) é considerado um grande marco evolutivo, que veio permitir um aumento fundamental da variabilidade genética, uma nova capacidade para eliminar mutações deletérias, a definição de espécies verdadeiras e da especiação (Butterfield, *op. cit.*).

Na reprodução sexuada de qualquer organismo alternam sempre dois eventos fundamentais à escala celular: a meiose, que reduz para metade o número de cromossomas nas células, e a fecundação, que duplica o número de cromossomas presentes nos gâmetas. Da alternância destes dois fenómenos, mais ou menos distantes no tempo, consoante os grupos taxonómicos, resulta sempre uma alternância de fases nucleares: uma fase haploide (= haplofase), que se inicia com a meiose, terminando com a formação de uma célula diploide, e uma fase diploide (= diplofase), que se inicia com a fecundação e termina com a formação de células haploides (Aguiar, 2013; Matias & Martins, 2008).

Nas espécies diplontes, a meiose é um processo celular durante o qual uma célula parental diploide ($2n$ cromossomas) origina quatro células haploides (n cromossomas). Compreende 2 divisões celulares sequenciais: a divisão reducional, em que há uma redução para metade do número de cromossomas, e a divisão equacional, em que se diferenciam gâmetas (e.g. animais) ou esporos (e.g. plantas terrestres).

Do ponto de vista do número de cromossomas, a fecundação é um processo celular inverso ao da meiose. Nas plantas menos evoluídas e nos animais, envolve a fusão de duas células sexuais haploides (n) – os gâmetas ♂ e ♀, e a consequente formação de uma célula diploide ($2n$) – o zigoto. Nas plantas-com-flor a fecundação também envolve a fusão de duas células haploides, mas é muito mais complexa (Aguiar, 2013).

Embora a meiose e a fecundação sejam fenómenos comuns a todos os seres vivos que se reproduzem sexuadamente, eles podem ocorrer em momentos diferentes do ciclo de vida. Desta variação e da consequente extensão e complexidade das fases haploide e diploide, resultam três tipos fundamentais de ciclos de vida nos eucariontes: haplonte; diplonte e haplodiplonte (Aguiar, *op. cit.*; Matias & Martins, *op. cit.*).

3.2.1. Ciclo de vida haplonte

No ciclo de vida haplonte (= haplôntico ou haplobiôntico-haploide) a meiose ocorre logo após a fecundação e a formação do zigoto, dizendo-se que é pós-zigótica (= meiose zigótica) (Figs 3 e 4). O zigoto é diploide, mas todas as restantes células são haploides. Nas espécies haplontes pluricelulares, as células haploides, produzidas por meiose a partir do zigoto, multiplicam-se por mitose dando origem a indivíduos pluricelulares haplontes (Aguiar, *op. cit.*; Matias & Martins, *op. cit.*).

Este ciclo de vida é característico de muitos protozoários, fungos como os Zygomycota, onde se inclui o “bolor-do-pão” (Fig. 3) e numerosos Ascomycota, mas também da maioria das algas-verdes Chlorophyta (Fig. 4) e Charophyta, as últimas incluindo ancestrais diretos das plantas-terrestres (Aguiar, 2013; Raven, Evert & Eichhorn, 2005).

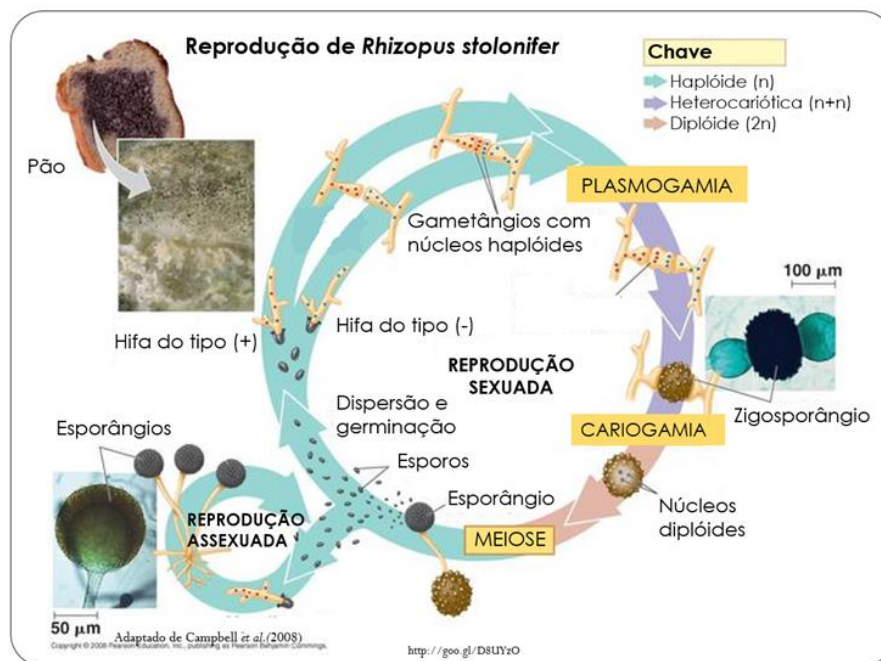


Figura 3 – Representação esquemática do ciclo de vida haplonte do “bolor- Reprodução de diapositivo projetado.do-pão”, *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuillemin. Adaptado de Campbell et. al. (2008). Reprodução de diapositivo projetado nas aulas.

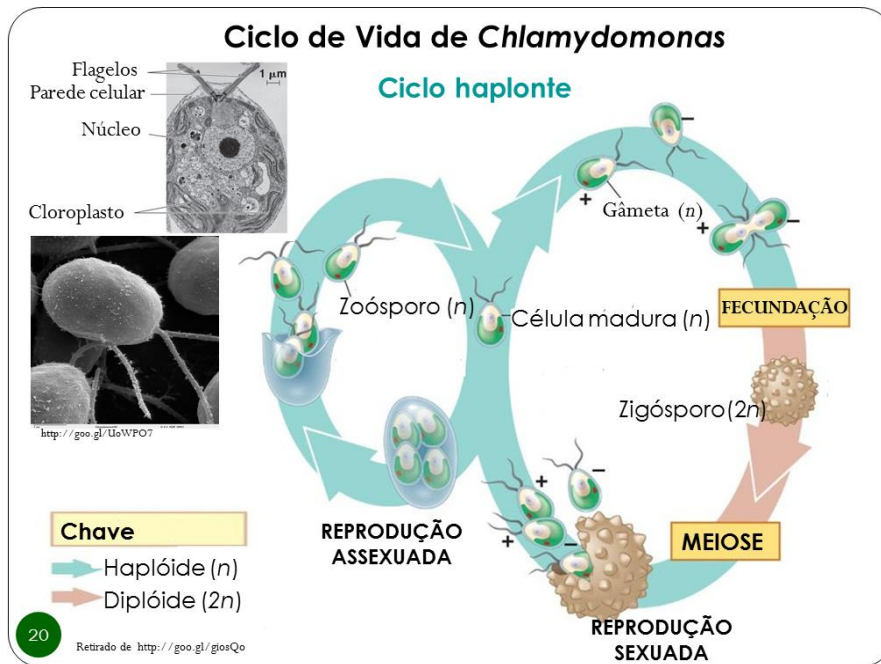


Figura 4 – Representação esquemática do ciclo de vida haplonte da alga-verde *Chlamydomonas* sp. Adaptado de Campbell et al. (2008). Reprodução de diapositivo projetado.

3.2.2. Ciclo de vida diplonte

No ciclo de vida diplonte (= diplôntico ou haplobiôntico-diplóide) a gametogênese, ou formação dos gametas, e a fecundação ocorrem, geralmente de forma sequencial (Fig. 5). A meiose é pré-gamética (= meiose gametogênica ou gamética), os gametas, são as únicas células haploides; as restantes células são diplóides (nalguns grupos taxonômicos, as células haploides, produzidas por meiose, podem sofrer várias mitoses antes de se diferenciarem os gametas).

Nas espécies diplontes pluricelulares os zigotos multiplicam-se por mitose, reconstituindo-se assim a geração de indivíduos pluricelulares diplontes. Este ciclo de vida é característico da maioria dos animais (Fig. 5), de alguns fungos (e.g. vários *Ascomycota*), dos oomicetas (*Oomycota*, *Chromalveolata*) e de muitas algas-castanhas (*Phaeophyceae*, *Chromalveolata*) (Aguiar, 2013; Raven et al., 2005).

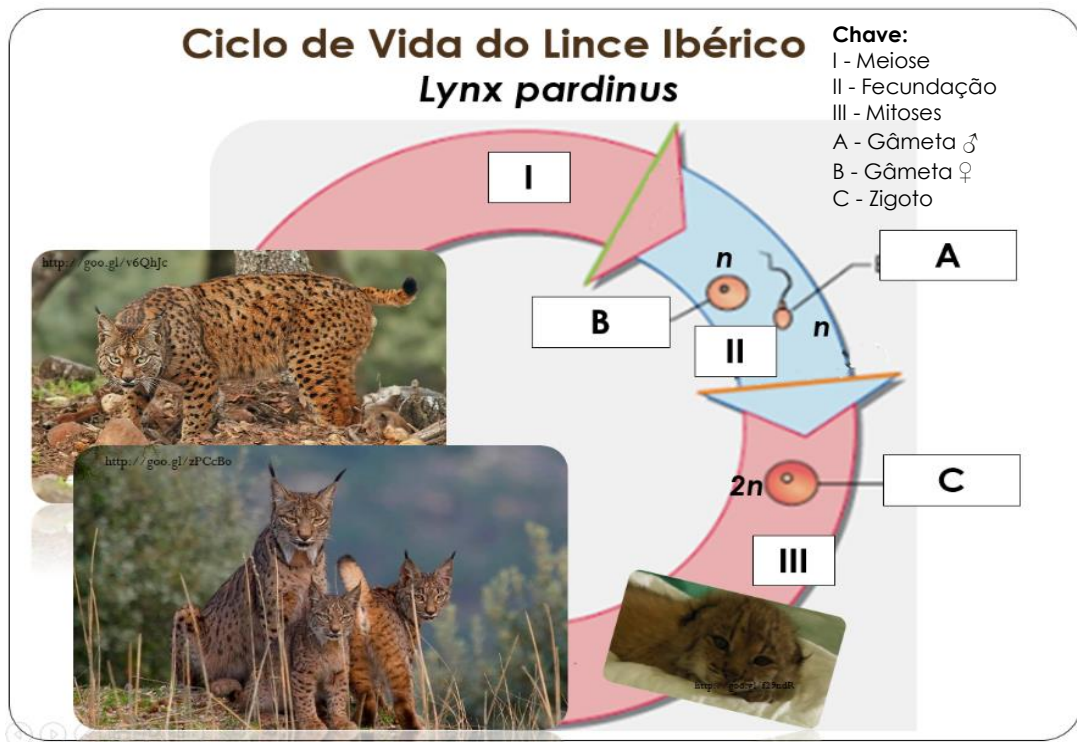


Figura 5 – Representação esquemática, simplificada, do ciclo de vida do lince-ibérico, *Lynx pardinus* Temminck. Imagens do Centro de Cría en Cautividad del Acebuche (Parque Natural de Doñana); Indivíduos em liberdade (Parque Natural de la Sierra de Andújar (Espanha). Fotografias de © Juan Caballero e © Manuel Moral Castro. Reprodução de diapositivo projetado nas aulas.

3.2.3. Ciclo de vida haplodiplonte

O ciclo de vida haplodiplonte (= haplodiplôntico ou diplobiôntico) é bastante mais complexo e é característico das embriófitas (Aguiar 2013; Gilbert, 2000; Raven et al., 2005). Envolve dois tipos de células reprodutoras - esporos e gametas - e a alternância, no tempo, de dois tipos de organismos pluricelulares: os “gametófitos” que produzem gametas, e os “esporófitos”, que produzem esporos. As palavras “gametófito” e “esporófito” significam, respetivamente, “planta que produz gametas” e “planta que produz esporos” pois derivam do termo grego “*phyton*”, que significa “planta” (Aguiar, *op. cit.*).

Neste tipo de ciclo de vida, a meiose e a fecundação apresentam-se mais ou menos afastadas no tempo. A fusão dos gametas (n) ♂ e ♀ dá origem a um zigoto ($2n$) que, por sucessivas mitoses, origina um esporófito diplonte multicelular. A esporogénese ocorre no esporófito: as células-mães dos esporos, diploides, sofrem meiose para produzir esporos haploides. Cada espora passa por várias divisões mitóticas para formar um gametófito haplonte multicelular. A gametogénese ocorre no interior do gametófito, por divisões mitóticas, ou seja, os gametas não resultam diretamente de uma divisão meiótica. A meiose

é pré-espórica (= meiose esporogénica), uma vez que precede a formação imediata de esporos, haploides.

O ciclo haplodiplonte apresenta duas características fundamentais: alternância de gerações e alternância de fases nucleares (Aguiar, *op. cit.*; Gilbert, 2000; Matias & Martins, *op. cit.*; Raven, et al., *op. cit.*). A geração gametófita ou gametofítica (= gametófito), haploide, inicia-se com a meiose e a formação dos esporos, terminando na formação dos gâmetas, ou seja, coincide com a fase haplóide do ciclo. A geração esporófita ou esporofítica (= esporófito), diploide, começa com a fecundação e formação do zigoto, terminando nas células-mães dos esporos, coincidindo, portanto, com a fase diploide do ciclo (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

Fala-se de “alternância de gerações” porque: i) os gametófitos e os esporófitos descendem de células reprodutoras especializadas distintas - os esporos e os gâmetas, respetivamente; ii) os gametófitos e os esporófitos produzem novas células reprodutoras diferentes das que lhes deram origem, após um período vegetativo, mais ou menos longo, durante o qual as suas células se multiplicam por mitose. O ciclo haplodiplonte alterna, assim, entre gerações haploides e gerações diploides em função da ocorrência da meiose e da fecundação, que delimitam essas fases (Aguiar, *op. cit.*).

Nas plantas, os órgãos especializados na formação de gâmetas designam-se por gametângios. Os organismos isogâmicos produzem gâmetas ♂ e ♀ morfologicamente idênticos; enquanto os organismos anisogâmicos (= heterogâmicos) produzem gâmetas ♂ e ♀, morfológica e fisiologicamente distintos. A oogamia é um caso extremo de anisogamia, no qual os gâmetas ♀ são muito maiores do que os gâmetas ♂, e mais ricos em reservas, como sucede nas algas-verdes *Charales*, nas briófitas (e.g. musgos) e nas pteridófitas (e.g. fetos). Todas as plantas terrestres são anisogâmicas, pois os gâmetas ♂ são muito diferentes dos ♀: Os gâmetas ♀, são maiores, imóveis, aguardam a chegada dos gâmetas ♂, permanecendo retidos no interior do gametângio (gametófito ♀). Os gâmetas ♂ são pequenos e móveis, deslocando-se em meio líquido, graças à presença de flagelos, ou, sendo desprovidos de organelos de locomoção, são conduzidos até ao gametófito feminino. O zigoto forma-se no interior do gametângio ♀ (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

Os órgãos das plantas especializados na produção de esporos são os esporângios. Os esporos são revestidos por uma parede contendo esporopolenina, a substância química, de origem biológica, mais resistente que se conhece, que os protege contra a decomposição por microrganismos, dessecação e radiações ultravioleta, uma clara adaptação à vida em meio terrestre. As plantas homospóricas produzem esporos iguais; as plantas

heterospóricas produzem esporos ♂ (= micrósporos) e esporos ♀ (= megásporos), com uma morfologia, distinta, respetivamente, em microsporângios e em megasporângios. Os micrósporos não são, contudo, necessariamente, mais pequenos do que os megásporos. As briófitas e pteridófitas, dum modo geral, são homospóricas, mas há espécies heterospóricas, dependendo dos grupos taxonómicos (e.g. algumas Equisetaceae). As espermatófitas, ou plantas-com-semente (gimnospérmicas + angiospérmicas) e 4 pequenas famílias de pteridófitas atuais (Marsileaceae, Isoetaceae, Salviniaceae (inc. Azollaceae) e Selaginellaceae) são heterospóricas (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

Note-se que o termo “esporo” também é aplicado a células reprodutoras não resultantes de meiose, com um papel importante na reprodução assexuada. Nos fungos filamentosos, como o *Rhizopus*, a forma mais frequente de multiplicação da espécie é a esporulação, um processo de reprodução assexuada, que não envolve a meiose, mas sim a produção de esporos por mitose. Alguns investigadores usam os termos “mitósporos” ou “esporos diretos” e “meiósporos”, para distinguir estas células, em função da sua origem, por mitose (esporulação) ou por meiose (esporogénese), respetivamente.

Nos seres haplodiplontes, quando os gametófitos e os esporófitos são morfologicamente iguais diz-se que são homomórficos (= isomórficos), sendo este o caso de vários grupos de algas-vermelhas (Rhodophyta) e algas-verdes do género *Ulva* (Chlorophyta). Quando os gametófitos e os esporófitos são morfologicamente diferentes, os organismos são heteromórficos. As plantas terrestres atuais são haplodiplontes heteromórficas (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

As espécies haplodiplontes isomórficas demonstram que indivíduos com diferentes níveis de ploidia não têm de ser fenotipicamente diferentes, como se verifica no ciclo de vida da “alface-do-mar”, *Ulva lactuca* L. (Fig. 6), cujas fases haploide e diploide são morfologicamente semelhantes, o que não sucede nos seres haplodiplontes heteromórficos (Otto & Gerstein, 2008). Estes factos têm levado os investigadores a questionar-se sobre os mecanismos através dos quais um único genoma pode criar duas morfologias distintas nas espécies heteromórficas e quais serão as vantagens evolutivas desse fenómeno (Gilbert, 2000).

3.3. Origem do ciclo de vida das plantas terrestres

A teoria da alternância de gerações de Wilhelm Hofmeister (1824 -1877) e a teoria da evolução das espécies de Charles Darwin (1809 - 1882) são as teorias mais importantes da biologia da evolução de plantas (Aguiar, 2013). Em 1851, antes da publicação d’A

Origem das Espécies, de Darwin (1859), Hofmeister tinha já compreendido que a alternância de gerações é uma característica comum e unificadora do ciclo de vida de todos os grupos de plantas (Aguiar, *op. cit.*; [Mable & Otto, 1998](#)).

Os termos que designam as estruturas (*e.g.* esporófito, gametófito, esporos, gâmetas, esporângios e gametângios) e os processos celulares (*e.g.* meiose, gametogênese e esporogênese), envolvidos na reprodução das plantas, já tinham sido descritos ao pormenor pelos botânicos alemães na segunda metade do século XIX (Aguiar, *op. cit.*). Contudo, só em 1894 Eduard Strasburger (1844 - 1912) propôs que esta “alternância de gerações” representava também uma alternância entre fases haploides e diploides (Haig, 2008; Mable & Otto, 1998). Com o advento do darwinismo, as estruturas e os processos celulares envolvidos na alternância de gerações, foram entendidos como homólogos, e comparados entre os diferentes grupos taxonómicos das plantas. A percepção de uma origem evolutiva comum destas estruturas e processos facilitou o estudo comparado e a compreensão da evolução dos ciclos de vida das plantas terrestres (Aguiar, *op. cit.*).

A ancestralidade algal das plantas terrestres foi proposta pela primeira vez pelo checo Ladislav Celakovsky (1834 – 1902) no final do século XIX, mas foi o britânico Frederick Orpen Bower (1855-1948), quem defendeu que as plantas evoluíram a partir de algas-verdes com um ciclo de vida haplonte, semelhante ao das algas-verdes Charales. Em 1908, no seu livro "[The Origin of a Land Flora](#)" Bower propôs que "invenção" de ciclos de vida com alternância de gerações proporcionou às primeiras plantas terrestres uma plataforma - o esporófito - para uma “experimentação” evolutiva e para a adaptabilidade (Aguiar, *op. cit.*; Bower, 1908).

Segundo a teoria de Bower, numa fase inicial da evolução, o zigoto teria ficado retido no gametófito ♀ (haplonte) e, em vez de ocorrer a meiose, ocorreram várias divisões mitóticas pós-zigóticas. Consequentemente, deu-se um atraso na meiose, e uma “amplificação” do zigoto, que se transformou num embrião que, por sua vez, deu origem a um esporófito pluricelular diplonte. A aquisição da capacidade de divisão, por mitose, pelo zigoto, permitiu a diferenciação de uma fase diploide, *i.e.*, de um esporófito, e possibilitou o aparecimento de um novo tipo de célula reprodutora: o esporo. A meiose deixou de ocorrer imediatamente após a fecundação, passando a preceder a formação dos esporos, num novo órgão especializado - o esporângio, e a regeneração do gametófito passou fazer-se através da germinação do esporo. O desenvolvimento do ciclo haplodiplonte implicou a alternância de dois tipos de organismos: o gametófito e o esporófito. Passou, assim, a haver uma alternância de gerações, em que o esporófito, diplonte, veio contribuir para a

proliferação e dispersão da espécie, por via assexuada, através dos esporos, e o gametófito, haploide, veio promover a diversidade genética, através da reprodução sexuada (Aguiar, *op. cit.*).

Nas primeiras plantas, o embrião (esboço do esporófito) teria ficado retido no gametófito, sendo por ele nutrido, tal como sucede nas briófitas atuais, mais tarde, nas plantas-vasculares (= traqueófitas) e nas espermatófitas, teria ocorrido uma inversão, passando o gametófito, de dimensões microscópicas, a ser retido pelo esporófito (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). Bower acreditava que o desenvolvimento de um ciclo haplodiplonte, teria precedido, ou imediatamente sucedido, a adaptação aos habitats terrestres, sendo as plantas atuais o resultado da intercalação de uma fase multicelular diploide, entre dois gametófitos, num ciclo de vida haplonte. A sua teoria, inicialmente conhecida como “antitética”, foi atualizada pelo próprio, em 1935, passando a denominar-se “teoria da interpolação” justamente para indicar que o esporófito tinha sido “adicionado” ao ciclo de vida (Aguiar, *op. cit.*, Bennici, 2008; Haig, 2008).

A geração gametófito é, do ponto de vista evolutivo, mais antiga do que a geração esporófito, já que a reprodução sexuada terá precedido a alternância de gerações - ideia sustentada pelo facto da função do gametófito depender da água (para a mobilidade dos gametas ♂). O esporófito foi uma inovação fundamental para o desenvolvimento e evolução das plantas terrestres, graças à sua maior capacidade para aumentar gradualmente de tamanho e de complexidade. A origem do esporófito, ou seja, o aparecimento da geração esporófito na vida das plantas-terrestres, é uma questão evolutiva fundamental, que continua a ser muito intrigante. Duas hipóteses distintas foram colocadas para o explicar: a teoria de Bower (= “teoria heteróloga”) e a “teoria homóloga” (= teoria da “transformação” ou da “modificação”), inicialmente proposta, em 1878, pelo botânico alemão Nathanael Pringsheim (1823 - 1894). O debate, ainda não encerrado, entre estas teorias remonta aos finais do século XIX - início do século XX, embora a definição de ambas tenha sofrido reformulações (Bennici, *op. cit.*; Haig, *op. cit.*).

A versão mais recente da teoria homóloga defende que as plantas evoluíram a partir de uma alga-verde ancestral, com alternância de gerações haploides e diploides, isomórficas, enquanto a teoria de Bower (= “heteróloga”) defende a alternância de gerações, a partir de uma alga-verde com um ciclo de vida haplonte. A teoria homóloga assume que a geração diploide da alga ancestral seria, inicialmente, de vida livre, não havendo retenção no talo materno, haploide, como defende a teoria heteróloga (Bennici, *op. cit.*; Haig, *op. cit.*). De acordo com a teoria homóloga, o esporófito resultaria de uma

modificação direta do gametófito, que assumiria a função específica da produção de esporos. Os ancestrais das embriófitas (= plantas terrestres) seriam algas-verdes com um ciclo haplodiplonte, anterior à invasão do meio terrestre, o que implica que as primeiras plantas teriam alternância de gerações isomórficas e independentes, e posteriormente, o esporófito teria ficado ligado ao gametófito, diminuindo de complexidade (Bennici, *op. cit.*).

Nas atuais algas-verdes dos géneros *Ulva* (Fig. 6) e *Cladophora* (Chlorophyta) e nas algas-castanhas dos géneros *Ectocarpus* e *Dictyota* existe, além de um gametófito haploide, uma geração esporofítica diploide. Estas algas apresentam um ciclo de vida haplodiplonte, com meiose pré-espórica, e exibem uma alternância de gerações isomórficas, consideradas “homólogas”, à exceção do seu número de cromossomas, dado que o esporófito é diploide e o gametófito haploide (Bennici, 2008).

No entanto, as algas atuais com ciclo de vida haplodiplonte, não são, definitivamente, consideradas as mais próximas das ancestrais das plantas-terrestres, do ponto de vista filogenético. Na maioria das algas vivas mais aparentadas com as algas ancestrais das plantas, a geração gametófito é a única do ciclo de vida, podendo o zigoto, diploide, ser considerado homólogo do esporófito. Nestas algas o desenvolvimento inicia-se a partir de uma célula haploide - um esporo, resultante da meiose do zigoto, sendo o ciclo de vida haplonte (Bennici, *op. cit.*).

Numerosas evidências (partilha de caracteres morfológicos, citológicos, ultra-estruturais, bioquímicos e, sobretudo, moleculares) apontam as algas-verdes Charophyta que apresentam um ciclo de vida haplonte, como o grupo mais representativo dos ancestrais imediatos das plantas-terrestres (Fig. 7). Membros atuais deste grupo, como os géneros *Coleochaete*, *Chara* e *Nitella*, apresentam um talo multicelular haplonte, com uma complexidade notável, mas nunca desenvolvem um talo multicelular diplonte.

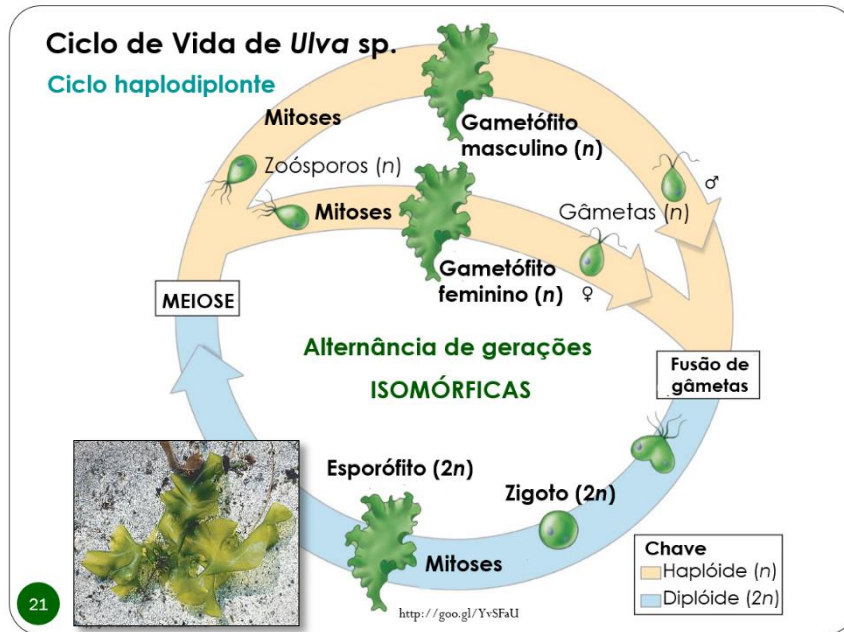


Figura 6 – Ciclo de vida de *Ulva* sp. Imagens retiradas de Campbell et al. (2008, 2011). Reprodução de diapositivo projetado no seminário de Biologia.

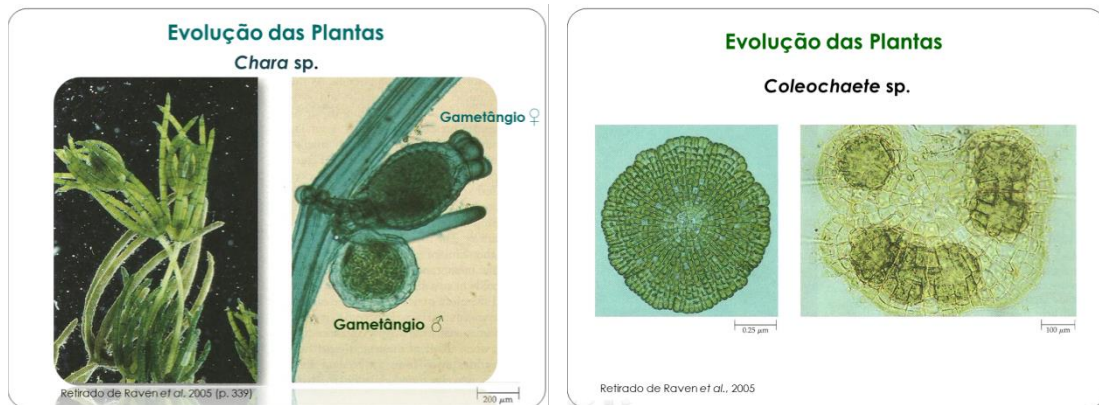


Figura 7 – Morfologia de algas-verdes Charophyta: à esquerda - talo (gametófito) e órgãos reprodutores de *Chara* sp; à direita - talo (gametófito) de *Coleochaete* sp. Retirado de Raven et al. (2005). Reprodução de diapositivos projetados no seminário de Biologia.

Na última década surgiram dúvidas acerca de qual seria o grupo de carófitas mais próximo das plantas terrestres e vários autores têm sugerido que os ancestrais das modernas zignematofíceas (*e.g. Spirogyra* sp.) poderão ser também os ancestrais das embriófitas. Independentemente da controvérsia, o ciclo de vida destas algas é também haplonte (Zhong, Sun & Penny, 2015). Pode, assim, supor-se que o esporófito tenha surgido como a intercalação de um organismo diplonte num ciclo de vida primitivamente haplonte (Haig, 2008). É possível que tenha havido um bloqueio dos estádios da meiose,

provocado pela ocorrência de mutações. Com efeito, conhecem-se muitos casos de controlo genético da meiose nas plantas. O atraso da meiose zigótica poderia resultar num fenómeno equiparado ao da apomixia nas plantas, do tipo diplosporia. A célula cujo número de cromossomas não foi reduzido pela meiose, não teria formado um gametófito, com $2n$ cromossomas, mas sim um esporófito (Bennici, 2008).

Existe, porém, um enorme e abrupto salto evolutivo entre estas algas, cuja geração diploide se resume ao zigoto, e as primeiras plantas-terrestres, pois já as briófitas, representantes atuais das plantas mais antigas, apresentam um esporófito pluricelular e organizado. O fosso evolutivo entre estes organismos não se refere apenas ao ciclo de vida, mas também às estruturas e ao seu nível de desenvolvimento (Bennici, *op. cit.*). Em nenhuma das carófitas atuais, ou do registo fóssil, conhecido até à data, existe alternância de gerações, i.e. um esporófito - as Charophyta mais evoluídas possuem apenas um gametófito. As evidências fósseis não permitem resolver este “puzzle” evolutivo porque não foram encontrados organismos com características intermédias entre as algas carofíceas e as plantas mais simples. A história evolutiva das primeiras plantas-terrestres é muito fragmentada e mal conhecida, pois a colonização das terras emersas ocorreu num passado muito remoto da geo-história, e os protagonistas (ancestrais das plantas) eram organismos de pequena dimensão, com uma composição corporal de baixo potencial de fossilização (Aguiar, *op. cit.*). Sabe-se contudo, que as plantas-terrestres fossilizadas mais antigas, conhecidas até ao momento, apresentavam já um esporófito bem desenvolvido (Bennici, *op. cit.*).

Subsistem debates sobre a origem do esporófito, no sentido de saber se este teria surgido a partir de um zigoto ($2n$) libertado pelo gametófito, como estratégia de dispersão, ou, como defendeu Bower, a partir de um zigoto ($2n$) retido no gametófito ♀. À luz das recentes evidências sobre os ancestrais prováveis das embriófitas, a teoria de Bower é a mais plausível, mas os dados disponíveis não permitem refutar a hipótese do zigoto disseminado e de um esporófito originalmente de vida livre. Persistem dilemas filogenéticos sobre a evolução das briófitas, a partir das algas-verdes, e sobre a transição das primeiras embriófitas para o grupo das pteridófitas (Aguiar, 2013; Bennici, 2008; Haig, 2008).

Atualmente existem algas-verdes clorófitas (*e.g. Bryopsis, Caulerpa, Codium, Acetabularia*) e algas-castanhas (*e.g. Fucus, Sargassum*) com um ciclo de vida diplonte, semelhante ao dos animais, sem alternância de gerações, mas apenas de fases nucleares, com meiose pré-gamética, sendo a fase haploide representada apenas pelos gâmetas, e a

fase diploide pelo talo algal pluricelular, que se desenvolve, por mitoses, a partir do zigoto diploide. Porém, não existe qualquer relação filogenética entre estas algas e as plantas terrestres. Independentemente da sua origem, logo nas primeiras plantas terrestres, o esporófito permitiu uma forte dispersão aérea de esporos e um potencial de variação genética muito maior, tendo em conta que os esporos são produzidos, por meiose, em grande quantidade e são muito resistentes à dessecação, graças à presença da esporopolenina, que impregna as suas paredes.

Este processo foi sucessivamente aperfeiçoado nas gimnospérmicas e, principalmente, nas angiospérmicas, onde o fluxo genético, iniciado com a dispersão dos esporos (pólen), se prolonga e reforça com a dispersão da semente, totalmente independente da presença da água no meio. A partir das briófitas, a evolução das plantas-terrestres prosseguiu através de uma progressiva redução da extensão da haplofase e de uma dominância crescente da diplofase, que terá sido favorecida do ponto de vista evolutivo (Bennici, *op. cit.*).

Uma das vantagens biológicas da diploidia seria a maior capacidade de mascarar mutações prejudiciais, através da interação entre alelos dominantes e recessivos, permitindo, assim, que um maior número de alelos persistisse numa população ou numa espécie. Com efeito, a maioria das mutações que afetam negativamente a aptidão (*fitness*) dos organismos são, total ou parcialmente, recessivas. Os seres diplontes poderiam, deste modo, adaptar-se melhor a condições adversas, pelo facto de possuírem um *pool* de genes que lhes proporcionaria uma fonte de variabilidade genética útil, no caso de as condições ambientais se alterarem, tornando-se desfavoráveis (Bennici, *op. cit.*).

O aparecimento do esporófito (embrião) e de um ciclo de vida haplodiplonte estão entre as principais aquisições evolutivas (apomorfias) das primeiras plantas. São também de destacar a complexificação do sistema reprodutivo: aparecimento de anterídeos (gametângios produtores de gâmetas ♂) e de arquegónios (gametângios produtores de gâmetas ♀) complexos. Secundariamente, estes órgãos vieram a sofrer uma redução nos grupos mais evoluídos (e.g. angiospérmicas) (Aguiar, 2013). Outro aspeto evolutivo importante foi a heterosporia, que surgiu, mais tarde, várias vezes, em vários grupos filogeneticamente não relacionados, durante a evolução das plantas-vasculares. O registo mais antigo de heterosporia data do Devónico (370 Ma). Nas plantas heterospóricas os gametófitos unissexuais, ♂ e ♀, que se desenvolvem, a partir dos micrósporos e megásporos, respetivamente, são muito mais pequenos que os das plantas homospóricas. Todas as espermatófitas são heterospóricas (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., 2005).

As inovações fisiológicas que as plantas desenvolveram para adaptação à vida terrestre, foram acompanhadas por uma mudança na sua história de vida - de uma dominância gametofítica para uma dominância esporofítica (Aguiar, *op. cit.*; Gilbert, 2000, Judd, Campbell, Kellogg, Stevens & Donoghue, 2007; Raven et al., *op. cit.*; Wickett et al., 2014). Nas plantas mais simples, sem tecidos vasculares, como as briófitas (musgos, hepáticas e antóceras), o gametófito é dominante durante o ciclo de vida, mas nas plantas-vasculares (pteridófitas + espermatófitas), pelo contrário, é a geração esporofítica que predomina.

Verifica-se uma tendência evolutiva, da transição de esporófitos, nutricionalmente dependentes de gametófitos autotróficos, para a situação oposta - gametófitos dependentes de esporófitos autotróficos, que é facilmente observada comparando os ciclos de vida de um musgo, de um feto, e de uma planta-com-flor (Gilbert, 2000). Nas briófitas e nas pteridófitas o esporófito (embrião) forma-se nos arquegônios. Nas espermatófitas forma-se no óvulo (Aguiar, 2013). A semente contribui para a dispersão da espécie, pois contém reservas nutritivas para as primeiras fases de desenvolvimento do embrião, sendo revestida por um tegumento que o protege de condições adversas, permitindo que permaneça em estado de “dormência” (= latência) até que as condições ambientais sejam adequadas à germinação e emergência do jovem esporófito.

3.4. Colonização das terras emersas

Durante a era Palaeozoica (542 – 251 Ma) teve lugar um acontecimento extraordinário que marcou toda a História da Vida na Terra - a colonização dos habitats terrestres pelos ancestrais das plantas atuais (Futuyma, 2009; Kenrick & Crane, 1997a; Leliaert et al., 2012). O aparecimento e evolução inicial das plantas terrestres mudou irreversivelmente a face da Terra, através de um impacto profundo nos ecossistemas terrestres e marinhos, alterando os processos de meteorização e alteração das rochas, contribuindo para a pedogénese (Gensel, 2008).

Nos últimos anos tem-se evidenciado, cada vez mais, a complexidade dos ecossistemas modernos e a importância das simbioses entre vários grupos de organismos para o estabelecimento de ecótopos e para o desenvolvimento de ecossistemas. O estabelecimento e evolução de comunidades vegetais nas terras emersas influenciou diretamente as concentrações atmosféricas de O₂ e CO₂, os climas e os processos biogeoquímicos à escala global, como o ciclo do carbono, a curto e longo prazo (*e.g.* enterramento de carbono orgânico), levando à diminuição dos níveis de CO₂

atmosféricos, e criando as condições para a evolução da grande maioria dos ecossistemas terrestres (Gensel, *op. cit.*; Rubinstein, Gerrienne, de la Puente, Astini & Steemans, 2010; Wickett et al., 2014).

O advento e diversificação das embriófitas, base das cadeias alimentares terrestres, permitiu que os eucariontes terrestres invadissem quase todos os ambientes continentais, e produziu a enorme diversidade de caracteres morfológicos, fisiológicos, reprodutivos e ecológicos que observamos, tanto na atual flora terrestre, como na paleoflora (Gensel, *op. cit.*; Rubinstein et al., 2010; Wickett et al., 2014).

3.5. Filogenia da linhagem verde: “Viridiplantae”

As plantas terrestres (Reino Plantae *stricto sensu*, ou embriófitas), incluem organismos eucariontes, multicelulares, foto-autotróficos, com parede celular celulósica, que produzem esporos, por meiose, providos de uma parede resistente, com esporopolenina, e após a fecundação formam um embrião diploide, retido e nutrido pelo gametófito parental durante algum tempo. Os grupos vivos, atuais, ou extantes, incluem: *i*) plantas-não-vasculares (ausência de vasos condutores lenhificados), com ciclo de vida dominado pela geração haploide (= “briófitas”); *ii*) plantas-vasculares com dominância diploide, que não produzem sementes, como os fetos, licófitas e cavalinhas, (= “pteridófitas”) e *iii*) plantas-vasculares, com dominância diploide, produtoras de sementes, como as gimnospérmicas e angiospérmicas. Muitas linhagens extintas foram reconhecidas dentro destas categorias, enquanto outras constituem clados distintos ou têm afinidade incerta com os grupos atuais (Gensel, 2008).

As embriófitas podem ser interpretadas como algas-verdes adaptadas aos ambientes terrestres (Aguiar, 2013). As algas-verdes, *lato sensu*, e as Embriophyta constituem um clado designado por “Viridophyta” ou “Viridiplantae” (= “plantas verdes”) (Judd et al., 2007; Leliaert et al., 2012; Raven et al., 2005), que inclui mais de 300 000 espécies descritas e mais de 1/6 das espécies conhecidas na Terra (Judd et al., *op. cit.*). Estima-se que a linhagem verde tenha surgido entre 700 a 1500 Ma atrás (Leliaert *et al.*, 2012). As algas-verdes compreendem as Chlorophyta e as Charophyta, que habitam sobretudo água doce, mas podem ocorrer também nos oceanos, ou na superfície do solo. O termo “Embriophyta” refere-se exclusivamente às plantas terrestres, pois a característica unificadora é a presença de um embrião multicelular, matrotófico, em estado de latência, no início da fase esporofítica do ciclo de vida (Judd et al., *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

Vários estudos de filogenia molecular confirmam que a linhagem das algas-verdes divergiu, há muito, em dois clados: o das Chlorophyta, que inclui a maior parte das espécies descritas, e o das Streptophyta, um grupo parafilético que inclui as algas modernas mais próximas das algas ancestrais das plantas (Leliaert et al., 2012). As estreptófitas são um pequeno grupo de algas-verdes de água doce, que compreende, desde organismo unicelulares flagelados (*e.g. Mesostigma* sp.) a organismos com talos filamentosos complexos, ramificados, com diferenciação celular e crescimento apical – as Charophyta (Becker & Marin, 2009).

As estreptófitas formam um clado com as plantas terrestres (Becker & Marin, 2009; Judd et al., *op. cit.*; Leliaert et al., *op. cit.*). Evidências moleculares (sequenciação do DNA do núcleo, cloroplastos e mitocôndrias) e estruturais (transferência de genes do DNA dos cloroplastos para o núcleo) apoiam fortemente a hipótese de um grupo monofilético formado pelas Charophyta e Embriophyta. Outras evidências citológicas, ultra-estruturais e bioquímicas, incluem, por exemplo, a perda de ficobilinas; a presença de flavonoides, produção de clorofila a e b, cloroplastos com tilacoides organizados em grana bem desenvolvidos; amido como substância de reserva; parede celular celulósica; presença dos precursores químicos da cutícula e semelhanças na ultra-estrutura basal dos flagelos nas células móveis (Aguiar, 2013; Judd et al., 2007; Raven et al., 2005).

Existem também padrões semelhantes no ciclo celular das plantas e das carófitas durante a mitose, como a desintegração do invólucro nuclear, persistência do fuso acromático, formação de um fragmoplasto e de uma placa celular durante a citocinese (Judd et al., *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). A presença do fragmoplasto - um conjunto de microtúbulos e microfilamentos de actina que orientam a formação das placas celulares entre duas células-filhas, durante a citocinese, é comum às embriófitas, às Charales, às Coleochaetales e, pelo menos, a algumas Zygnematales (Wickett et al., 2014).

Estudos recentes forneceram evidências robustas de que as Zygnematophyceae, a linhagem de carófitas morfologicamente mais diversificada e mais rica em espécies (estão descritas mais de 4000 espécies, em ca. de 54 gêneros), que se reproduzem sexuadamente por conjugação, e as Embriophyta são grupos-irmãos (Aguiar, *op. cit.*; Leliaert et al., 2012; Wickett et al., 2014; Zhong et al., *op. cit.*).

As Charales e Coleochaetales partilham com as Embryophyta características derivadas complexas, como a reprodução sexuada oogâmica (presente nos gêneros *Coleochaete* e *Chara*), a retenção da oosfera no gametângio feminino, a retenção do zigoto no talo parental (em *Coleochaete*), o crescimento apical, com ramificação, e a presença de

plasmodesmos na fase gametofítica: poros na parede celular que permitem o transporte citoplasmático de moléculas entre células vizinhas (Wickett et al., 2014). Estes dados reforçam a proximidade filogenética entre as Charophyta e as Embriophyta (Judd et al., 2007; Raven et al., 2005). A reprodução sexuada oogâmica é muito importante, do ponto de vista evolutivo, pois representa uma adaptação à vida terrestre.

Embora a filogenia das plantas seja um assunto complexo, sujeito a muitas dúvidas e controvérsia, é consensual, na comunidade científica, que as embriófitas constituem um grupo monofilético, descendente de um único ancestral comum, uma alga-verde Charophyta (Fig. 8) (Aguiar, *op. cit.*; Futuyma, *op. cit.*; Judd et al., *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

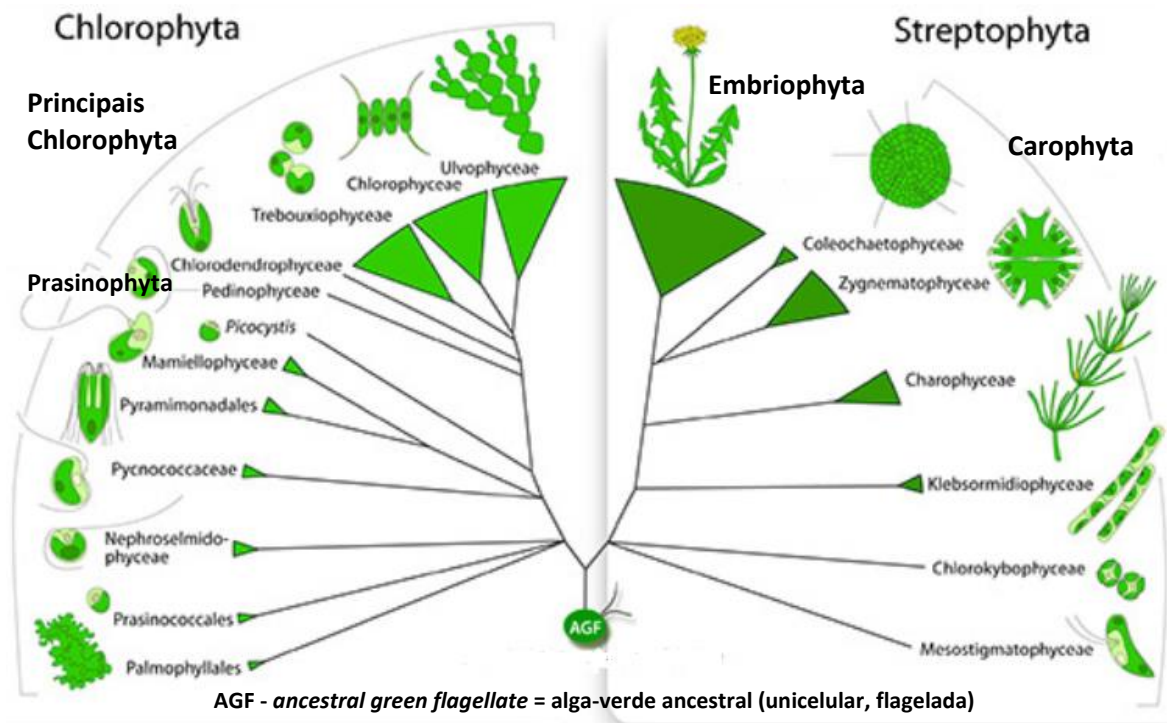


Figura 8 - Filogenia da linhagem verde (“Viridiplantae”). Retirado de Leliaert et al. (2012), atualizado em Outubro de 2013. Disponível em <https://goo.gl/jB5jPO> e na página do autor: <https://frederikleliaert.wordpress.com/>

Algumas espécies atuais de carófitas suportam a exposição periódica à dessecação, o talo apresenta rizoides e possuem polímeros, como a esporopolenina, que conferem resistência, tanto à radiação ultravioleta, como à dessecação, o que leva a supor que a carófitas ancestral de todas as embriófitas estivesse já preadaptada a habitats terrestres (Aguiar, 2013). As Charales, mas sobretudo as Coleochaetales e as Zygnematales, parecem ser os “parentes vivos” mais próximos da alga ancestral (Fig. 8).

As paisagens terrestres mantiveram-se nuas durante sete oitavos da história da Terra. Apesar disso, é difícil reconstituir a história evolutiva das primeiras plantas-terrestres porque a colonização das terras emersas ocorreu no Paleozoico, ou antes, talvez ainda no Proterozoico Superior, por organismos prostrados, de dimensões reduzidas, com uma estrutura pouco favorável à fossilização (Aguiar, *op. cit.*). As fases iniciais da colonização terrestre pelas “plantas verdes” devem ter resultado do alastramento, para o meio mais seco, de crostas de carófitas, e provavelmente de líquenes (associações simbióticas de algas e fungos) que terão evoluído nas margens húmidas. A passagem do meio aquático para o meio terrestre terá ocorrido num ambiente onde os teores de CO₂ estariam a baixar e os de O₂ e de ozono (O₃) estariam a aumentar na atmosfera (Melo, Sérgio & Sim-Sim, 2011).

A combinação da absorção de elementos atmosféricos, pela crosta terrestre, e da desagregação das rochas, por ação de chuvas ácidas e ácidos orgânicos produzidos pelos microrganismos e líquenes, deve ter contribuído para a formação dos primeiros solos. Segundo Benton (2010), os mais antigos paleossolos têm ca. 1200 Ma e são muito finos, provavelmente resultantes da ação de microrganismos (crostas de cianobactérias) nas rochas, mas no Ordovícico Superior (458-443 Ma) já existiam solos com perfis bem definidos, oferecendo as condições necessárias para o estabelecimento das embriófitas (Melo et al., 2011).

As primeiras evidências consensuais de colonização terrestre são fósseis de esporos rudimentares de plantas, designados criptosporos, datados do Ordovícico, juntamente com fósseis de cutículas vegetais e de esporângios de plantas muito pequenas, filogeneticamente próximas das hepáticas atuais (Bryophyta: Marchantiidae) (Aguiar, 2013; Campbell et al., 2011; Futuyma, 2009; Melo et al., 2011)

Tal como os seus ancestrais mais diretos, as primeiras plantas colonizavam ambientes dulçaquícolas. As briófitas e, em particular, as hepáticas, são os parentes vivos mais próximos daquelas que teriam sido as plantas pioneiras, das primeiras etapas da colonização das terras emersas paleozoicas (Aguiar, *op. cit.*).

3.6. Diversificação das embriófitas

As embriófitas são monofiléticas, ou seja, surgiram uma única vez na história da vida terrestre (Aguiar, 2013). Admite-se que as plantas-terrestres evoluíram e se diversificaram rapidamente no Ordovícico (Futuyma, 2009; Kenrick & Crane, 1997; Rubinstein et al. 2010; Wickett et al., 2014). Steemans, Hérissé, Melvin, Miller, Paris,

Verniers e Wellman, referiram, em 2009, a ocorrência de microfósseis de criptosporos e de fragmentos de plantas do Ordovício Médio, com ampla distribuição no planeta, sugerindo a presença cosmopolita de plantas semelhantes às atuais briófitas, que teriam dominado a flora terrestre, sem sofrer grandes modificações, durante ca. 30 Ma. Estudos posteriores, de Rubinstein e colaboradores (2010) identificaram criptosporos fossilizados, da mesma época, de pelo menos cinco espécies de hepáticas (Fig. 9), o que indica que nesse período geológico as plantas já tinham começado a diversificar-se, e que deverão ter colonizado a superfície terrestre no início do Ordovício, entre 488 e 472 Ma atrás, ou mesmo no final do Câmbrio (499-488 Ma). Os mesmos autores propõem que as embriófitas terão evoluído inicialmente na Gondwana oriental, a uma taxa muito lenta, nos primeiros 35-45 Ma da sua diversificação (Rubinstein et al. 2010).

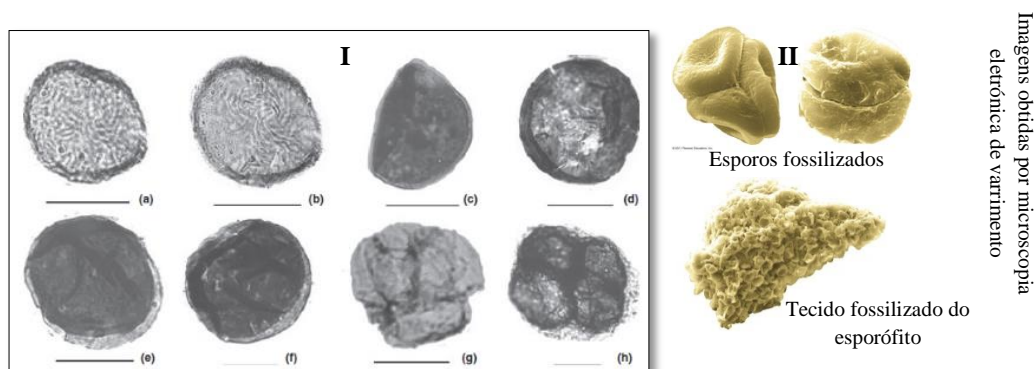


Figura 9 - I- Criptosporos de hepáticas do Ordovício Médio, da Formação de Zanja (Argentina). a) face distal de *Chomotriletes?* sp.; b) face proximal de *Chomotriletes?* sp.; c,d) *Gneudnaspora (Laevolancis) divellomedia* ou *Laevolancis chibrikovae*; e,f) *Sphaerasacus glabellus*; g) *Tetraedraletes* cf. *medinensis*; h) novo género. (Barra = 20 µm). Retirado de Rubinstein et al. (2010). II- Esporos de plantas fossilizados e fragmentos de tecido vegetal fossilizado, com ca. de 475 Ma, encontrados em Omã. Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varrimento. Retirado de Campbell et al. (2011).

Testemunhos da existência de plantas produtoras de criptosporos (criptófitas) ocorrem em rochas do Ordovício ao Devónico. Os primeiros ecossistemas terrestres, do Ordovício e Silúrico, eram dominados por comunidades de microrganismos (cianobactérias, algas e fungos), líquenes e plantas semelhantes às briófitas, comparáveis às coberturas de criptogâmicas que dominam certos ecossistemas atuais, em superfícies de plantas e da crosta terrestre (Edwards & Kenrick, 2015).

No Silúrico Inferior, a abundância e diversidade de criptosporos diminui abruptamente no registo fóssil, ao mesmo tempo que surgem esporos triletes, que se tornam abundantes, indicando uma rápida diversificação. Esta mudança coincide sensivelmente com o aparecimento de megafósseis de plantas vasculares e possivelmente

representa a sua origem e radiação adaptativa (Steemans et al., 2009). Os vestígios fósseis mais antigos de plantas-vasculares foram encontrados em estratos do Silúrico Inferior (Cleal & Thomas, 2009, citados por Aguiar, 2013), embora a ocorrência de esporos triletes no Ordovícico Superior sugira que as plantas vasculares se originaram e diversificaram mais cedo, no Ordovícico Superior (Steemans et al., 2009; Clarke, Warnock, & Donoghue, 2011; citados por Aguiar, 2013)

No Silúrico Médio existiam já traqueófitas muito pequenas, com menos de 10 cm de altura. Não possuíam ainda verdadeiras raízes, mas apresentavam organização axial: caules simples ou com ramificação dicotômica, desprovidos de folhas, e com esporângios apicais, de parede espessa, para evitar a dessecação dos esporos, como era o caso de *Cooksonia* (Fig. 10), um género descrito pela primeira vez, no Reino Unido, em 1937 (Aguiar, 2013; Edwards & Kenrick, 2015; Futuyama, 2009; Melo et al., 2011; Raven et al., 2005). Os esporófitos de algumas *Cooksonia* (Rhyniophyta) são exemplos de plantas-vasculares homospóricas, com distribuição global (até à data localizadas na Europa, América do Norte e África) que viveram entre o Silúrico Médio e o Devónico Inferior, constituindo um componente importante da flora terrestre desse período (ca. 428-398 Ma). Uma das novidades evolutivas nas *Cooksonia* terá sido o aumento da espessura da cutícula. Possuíam espessamentos em espiral no xilema, ainda sem lenhina e, pelo menos, algumas espécies dispunham de traqueídeos (Aguiar, *op. cit.*; Edwards & Kenrick, *op. cit.*).

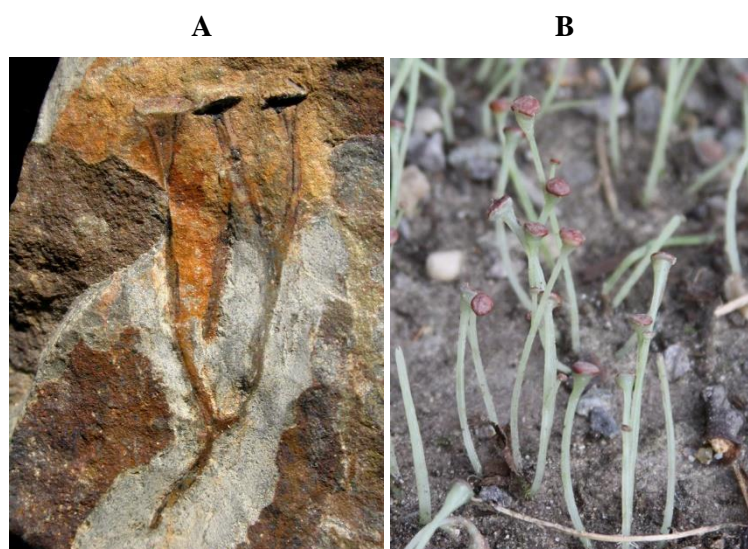


Figura 10 – A) Fóssil de *Cooksonia pertoni* W.H. Lang (Silúrico Superior). Exemplar com ca. 2,5 cm de altura. Localidade: Shropshire (Inglaterra). Fotografia de Hans Steur; B) Modelo de *Cooksonia* sp. exposto na “Evolution House”, Royal Botanic Gardens, Kew, Londres (Inglaterra). Fotografia de Drew Avery. Retirado de <http://botanyphoto.botanicgarden.ubc.ca/2011/10/cooksonia.php>

No final do Silúrico o registo fóssil da flora terrestre adensou-se, e a partir do Devónico (ca. 400 Ma) observa-se um aumento da abundância e diversidade de plantas, cada vez mais elaboradas, já com tecidos condutores evidentes. Estudos paleontológicos revelaram a ocorrência, em todos os continentes, de plantas de pequeno porte, além das *Cooksonia*, já com caules e estruturas reprodutoras bem definidos (*e.g. Aglaophytum, Rhynia, Psilophytum*). Estas comunidades parecem ter sido dominadas por traqueófitas, que coexistiam com muitas outras plantas-não-vasculares, mais simples, semelhantes aos atuais musgos e hepáticas. A descoberta de fungos arbusculares em megáfósseis de Rhyniophyta, mostra que, logo no início do Devónico, o estabelecimento de associações simbióticas endomicorrízicas, entre raízes de plantas e fungos, foi muito importante na colonização da terra e determinante para o sucesso evolutivo das plantas-vasculares (Aguiar, 2013; Melo et al., 2011).

As traqueófitas desenvolveram várias inovações evolutivas, morfológicas e funcionais, que lhes conferem notáveis vantagens competitivas relativamente às briófitas, na maior parte dos habitats terrestres. Uma das maiores inovações foi a diferenciação de tecidos condutores, xilema e floema, um passo evolutivo fundamental que ocorreu logo no início da história das embriófitas (Aguiar, *op. cit.*). Este processo consistiu, basicamente, na morte programada, esvaziamento e espessamento das paredes das células que vieram a constituir o xilema (Sperry, 2005, citado por Aguiar, 2013).

No Devónico Inferior as plantas-vasculares diversificaram-se em dois grupos irmãos: as licófitas e as eufilófitas, ou Euphyllophyta (grupo que atualmente inclui os fetos e as espermatófitas) (Aguiar, *op. cit.*). A principal característica que distingue as licófitas das restantes pteridófitas, na sua maioria fetos, é o facto de as primeiras apresentarem folhas primitivas, com uma única nervura não ramificada (microfilos), enquanto as segundas apresentam folhas bem desenvolvidas (frondes), com nervuras múltiplas, em geral ramificando-se uma ou mais vezes (macrofilos ou megáfilos). Não se sabe, contudo, quando evoluíram os megáfilos, que caracterizam a maioria das espermatófitas, extintas e extantes. Poderão ter surgido várias vezes na história evolutiva das plantas. Também não se sabe se os megáfilos das espermatófitas surgiram paralelamente aos megáfilos dos fetos (Angiosperm Phylogeny Group [APWeb], 2016).

As licófitas (Lycopodiidae) são uma linhagem evolutiva muito antiga, tendo divergido do clado das eufilófitas (restantes linhagens de plantas-vasculares) no Devónico Médio ou Inferior, ca. 50 Ma antes das restantes pteridófitas - as traqueófitas com megáfilos (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). As licófitas gigantes eram traqueófitas

arcaicas que floresceram durante ca. 100 Ma, desde o final do Carbónico até ao início do Pérmico, um período em que as concentrações de CO₂ atmosférico eram baixas (APWeb, 2016). Alguns géneros tiveram um papel importante nos ecossistemas terrestres desse período (*e.g. Asteroxylon e Lepidodendron*), tendo a sua importância ecológica diminuído a partir do Carbónico superior (Aguiar, *op. cit.*).

Segundo Aguiar (2013) as eufilófitas dominaram a flora terrestre a partir do final do Devónico. O elevado rácio de superfície/volume dos megáfilos dos fetos permitia-lhes capturar a luz solar muito mais eficientemente que os micrófilos dos licófitas. No grupo das eufilófitas a presença de meristemas apicais a liderar o alongamento do esporófito representa uma aquisição evolutiva que veio permitir um padrão de crescimento por ramificação. A divisão celular envolvida no alongamento dos ramos restringe-se a uma ou a poucas células, localizadas na periferia dos meristemas apicais. A ramificação profusa do esporófito resultou no aparecimento das polisporangiófitas, as plantas cujo esporófito sustenta múltiplos esporângios, em clara vantagem relativamente às plantas com esporófitos monoesporangiadados; como as plantas-não-vasculares, cujo crescimento em altura é subapical (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

As eufilófitas basais estiveram na génese de dois novos grupos de plantas-vasculares: as monilófitas (Monilophyta) e as lignófitas (Lignophyta), ou plantas lenhosas (com xilema secundário). O desenvolvimento da parede celular com espessamento secundário terá surgido a partir do clado das lignófitas (progimnospérmicas + plantas-com-semente) que datam do Devónico Superior (ca. 380 Ma). As lignófitas partilham a presença de um meristema secundário especializado – o câmbio vascular – que produz xilema para o interior e floema para o exterior. As monilófitas estão atualmente representadas nas floras terrestres pelos fetos, e as lignófitas apenas pelas espermatófitas (Aguiar, *op. cit.*).

A presença de tecidos condutores - xilema, como um sistema de transporte ascendente de solutos, e floema, como um sistema de transporte descendente (pontualmente ascendente) dos metabolitos da fotossíntese, resolveu o problema do transporte da água e nutrientes, orgânicos e minerais, no interior do corpo das plantas, incluindo as plantas eretas mais altas, permitindo um grande aumento da altura do esporófito e a emergência de plantas de porte arbustivo e arbóreo (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). A combinação de um corpo rígido e de um sistema vascular eficiente, com um órgão especializado na busca e captura de água, aumentou a tolerância à escassez de

água e evitou, ou atenuou, a interrupção do crescimento nas zonas com precipitações sazonais (Aguiar, *op. cit.*).

A ausência de um sistema vascular condicionou o crescimento das primeiras embriófitas, que se mantiveram pequenas, crescendo junto do solo durante mais de 50 Ma. A capacidade de síntese de lenhina (do latim “*lignum*” = lenho ou madeira) e a sua incorporação nas paredes das células condutoras do xilema e das células dos tecidos de suporte, i.e. o desenvolvimento de paredes celulares secundárias, terá surgido num ancestral comum (uma planta-vascular) às licófitas e às eufilófitas, posterior às riniófitas (Aguiar, *op. cit.*). Esta característica permitiu o crescimento vertical, na medida em que a lenhina conferiu rigidez mecânica ao corpo das plantas e aumentou a eficiência do seu sistema vascular (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). Admite-se que a flora terrestre primitiva era composta por briófitas e traqueófitas de pequeno porte, e outras plantas pequenas, com características comuns a estes dois grupos. Numa fase posterior, a cobertura vegetal evoluiu para formas mais complexas, de maior porte, que incluíam grupos, já extintos, de plantas-vasculares: cavalinhas, licófitas, fetos gigantes, fetos-com-semente e progimnospérmicas. (Melo et al., 2011). O aparecimento de plantas cada vez maiores culminou nas primeiras árvores, e nas primeiras florestas, a partir do Devónico Médio (ca. 391 Ma). No Devónico Inferior as plantas-terrestres não ultrapassavam os 30 cm de altura, mas no Devónico Superior já havia árvores com mais de 30 m de altura. As primeiras florestas incluíam licófitas lenhosas, os cladoxylópsidos (Cladoxylopsida) - plantas de porte arbóreo, ainda sem câmbio vascular, e as Aneurofitales (progimnospérmicas). O maior porte das plantas lenhosas era uma grande vantagem adaptativa para organismos fototróficos, visto que as plantas mais altas deprimiam, pela sombra, os seus competidores (Aguiar, 2013).

No Carbónico (359-299 Ma) vastas áreas continentais eram dominadas por florestas de licófitas arbóreas, extintas, cujos troncos podiam alcançar dezenas de metros de altura - e.g. *Lepidodendrum* e *Sigillaria* (35 m); mas também cavalinhas gigantes como *Calamites* (45 m), gimnospérmicas como *Cordaites* (20 m), e muitas pteridófitas arbustivas, como *Equisetum* e *Licopodium* (Fig. 11) (Pimentel, 2011). A posição de extensas massas terrestres da Laurasia (atualmente América do Norte, Europa e Ásia) na faixa intertropical, e as condições climáticas, quentes e húmidas, aí reinantes, fomentou o desenvolvimento e expansão das plantas de grande porte. Nas áreas mais baixas, húmidas e alagadas, desenvolveram-se as florestas tropicais luxuriantes, enquanto nas áreas mais altas a vegetação seria mais esparsa. Nas latitudes meridionais da Gondwana (América do Sul e

África) desenvolveu-se vegetação menos exuberante, como as pteridospérmicas (e.g. *Glossopteris* e *Pecopteris*) e as progimnospérmicas (Pimentel, *op. cit.*).



Figura 11 - Reconstituição de um ecossistema florestal do Carbónico. Ilustração de Walter Myers. Retirado da *webpage* do “Victoria Museum” (Melbourne, Austrália). Reprodução de diapositivo projetado nas aulas de Biologia.

As pteridospérmicas (Pteridospermatophyta), os chamados “fetos-com-sementes” foram as primeiras espermatófitas de que há registo fóssil. Eram um grupo heterogéneo de plantas, que combinavam folhas semelhantes às de muitos fetos, com primórdios seminiais (óvulos) cujo micrópilo não selava a semente (Aguiar, 2013). Dominaram a flora global do Carbónico e do Pérmico, acabando por se extinguir no fim do Cretácico (Catarino, 2011). As pteridospérmicas mais antigas, as Lyginopteridales, abundavam nas florestas do final do Devónico e do Carbónico inferior (Mississipiano). As Glossopteridales, posteriores, já possuíam folhas inteiras e dominaram as florestas do sul do antigo continente de Gondwana, durante o Pérmico (Aguiar, *op. cit.*).

Foi durante o Carbónico (período de ca. 60 Ma), que se formaram as maiores reservas de carvão do planeta, graças à acumulação e enterramento de enormes quantidades de matéria vegetal, ao longo de extensas áreas continentais aplanadas e pantanosas de águas estagnadas, pouco oxigenadas. A taxa de produção e acumulação, progressiva e contínua, de biomassa vegetal era então muito superior à taxa de

decomposição microbiana (Pimentel, *op. cit.*). A maioria das jazidas de carvão atualmente exploradas provém do lenho de licófitas lenhosas (Aguiar, *op. cit.*).

As progimnospérmicas eram plantas sem semente, que já possuíam câmbio vascular (lignófitas), ou seja, crescimento secundário, e um lenho semelhante ao das atuais gimnospérmicas. De acordo com Aguiar (2013) os gêneros *Archaeopteris* e *Aneurophyton* tiveram um papel ecológico importante nas florestas do Pérmico. Geralmente apresentavam folhas complexas e integraram as florestas paleozoicas, desde o Devónico Médio até ao Pérmico, altura em que se extinguíram. São apontadas como as possíveis precursoras das plantas-com-semente (Aguiar, *op. cit.*; APWeb, 2016; Raven et al., *op. cit.*).

As gimnospérmicas, ou plantas com sementes nuas [do grego “*gimnos*” (nu) + “*spérma*” (semente)] produzem sementes que não estão encerradas num fruto, uma vez que os óvulos não estão encerrados no interior de um ovário. Todas gimnospérmicas são plantas lenhosas, com desenvolvimento de estruturas secundárias, embora o xilema não apresente elementos de vaso e o floema não tenha células companheiras. O esporófito é usualmente arborescente, com ramificação variada. Constituem um grupo heterogéneo muito vasto, com relações filogenéticas mal conhecidas e controversas (Catarino, 2011). Admite-se que terão surgido no hemisfério norte, e que já existiam vários grupos no Paleozoico, embora as primeiras famílias não tenham correspondência com os táxones atualmente existentes (APWeb, 2016). As Gigantopteridales foram, possivelmente, o grupo mais avançado de gimnospérmicas paleozoicas (Aguiar, 2013).

As mais antigas evidências fósseis de coníferas (Pinidae) datam do Carbónico superior (Pensilvaniano), e terão evoluído a partir das Cordaitales, um grupo de árvores paleozoicas, de grande porte, que continham sementes em estruturas cónicas e abundavam nas florestas tropicais do Carbónico. As Cordaitales persistiram até à extinção em massa do final do Triássico (ca. 201 Ma) ([Gymnosperm Database \[GDB\], 2016](#)).

As *Cycas* surgiram no Pérmico e as famílias de coníferas representadas na flora atual (*e.g.* Pinaceae, Araucariaceae, Cupressaceae, Podocarpaceae e Taxaceae), são triássicas. As Ginkgoideae e as Gnetidae terão surgido também no Triássico (252-201 Ma). As Caytoniales e as Bennettitales foram dois grupos de gimnospérmicas importantes que surgiram e se extinguíram no Mesozoico (252-66 Ma) (Aguiar, *op. cit.*). O género *Caytonia* abundou no Triássico Superior, principalmente no hemisfério norte. As suas estruturas fossilizadas, em excelente estado, mostram semelhanças morfológicas com as

gimnospérmicas atuais e chegou a pensar-se que poderiam ser ancestrais das angiospérmicas (Catarino, 2011).

As Bennettitales, um dos mais abundantes e diversificados grupos de gimnospérmicas do Mesozoico, abundavam nas florestas do Jurássico (20-145 Ma) e floresceram do Triásico ao Cretácico. Tinham grandes estruturas reprodutivas semelhantes a flores, em particular nas Cycadeoidaceae. Produziam pólen e óvulos em estruturas organizadas em micro e macrosporofilos, concentrados em eixos terminais, mas não se sabe como ocorria a polinização. Tinham características semelhantes às das gimnospérmicas atuais das ordens Cycadales e Gnetales, e são consideradas ancestrais das angiospérmicas (Aguiar, *op. cit.*; APWeb, 2016; Catarino, *op. cit.*).

Pensa-se que as gimnospérmicas dominaram a flora terrestre durante ca. 250 Ma., até à transição do Cretácico Inferior para o Cretácico Superior (há 90-100 Ma), momento em que se iniciou a dominância ecológica das angiospérmicas (Aguiar, *op. cit.*; Catarino, *op. cit.*). O domínio das gimnospérmicas mesozoicas deve-se possivelmente a caracteres morfológicos e reprodutivos de grande valor adaptativo ao meio terrestre, que foram igualmente determinantes para a emergência e radiação das angiospérmicas (*e.g.* eficiência na captação e uso da água, tolerância à seca, a proteção do embrião na semente, entre outros). A presença destas características nas angiospérmicas leva a crer que foram herdadas de gimnospérmicas ancestrais (Catarino, *op. cit.*). O sucesso evolutivo das angiospérmicas remeteu, progressivamente, as gimnospérmicas atuais para habitats extremos, muito secos, muito quentes, muito frios ou com substratos muito seletivos (*e.g.* solos derivados de rochas ultrabásicas e sistemas dunares) (Aguiar, *op. cit.*).

3.7. Emergência e evolução das espermatófitas

Uma das mais importantes inovações durante a evolução das plantas-vasculares foi a semente, pois possibilitou a dominância das espermatófitas na flora terrestre atual. A semente trouxe grandes vantagens adaptativas para as plantas que as produzem, na medida em que proporciona ao embrião proteção contra condições ambientais adversas, ao mesmo tempo que assegura a nutrição dos jovens esporófitos durante os estádios iniciais de germinação e do seu estabelecimento no solo, uma conquista importante relativamente aos grupos de plantas mais antigas, produtoras de esporos (Raven et al., 2005).

Não se sabe ainda se as espermatófitas são, ou não, monofiléticas (Mathews, 2009, citado por Aguilar, 2013). Tal como a raiz e a folha, as novas estruturas reprodutoras das espermatófitas - o grão de pólen e o primórdio seminal- são aquisições evolutivas

devônicas. Pensa-se que as primeiras plantas-com-semente surgiram no Devónico Médio, a partir de um ou mais grupos extintos, não identificados, de progimnospérmicas heterospóricas (Aguiar, *op. cit.*; APWeb, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). As primeiras estruturas semelhantes a sementes datam do Devónico Superior, com ca. 360 Ma, mas a evidência fóssil mais antiga de espermatófitas são grãos de pólen com ca. de 370 Ma (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

As plantas-com-semente começaram a diversificar-se no final do Paleozoico. Houve uma radiação intensa de espermatófitas no Paleozoico Superior e outra no Triásico (252-201 Ma). Durante a maior parte do Mesozoico, entre o Triásico Superior e o Jurássico Inferior, a flora terrestre foi sempre dominada pelas espermatófitas, em particular pelas gimnospérmicas. Os principais grupos eram as *Cycas*, as *Ginkgo* e as coníferas (Futuyma, 2009; Aguiar, *op. cit.*). As famílias modernas de gimnospérmicas evoluíram a partir do fim do Paleozoico e durante o Mesozoico, tornando-se dominantes nos ecossistemas terrestres, em detrimento das pteridófitas arbóreas, no final do Triásico - início do Jurássico. Com o advento das plantas-com semente as floras das diferentes regiões da Terra tornaram-se muito mais distintas entre si (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

As espermatófitas estão representadas na flora atual por 5 grandes linhagens: *i*) cicas, *ii*) *Ginkgo*, *iii*) coníferas, *iv*) gnetófitas e *v*) angiospérmicas, cujas relações filogenéticas ainda não são claras. Os quatro grupos de gimnospérmicas partilham poucos atributos, além do porte arbóreo/arbustivo e das sementes nuas, uma vez que incluem plantas muito diversas na sua morfologia, fisiologia, anatomia, ecologia e taxonomia (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

Outrora preponderantes nas florestas mesozoicas, as gimnospérmicas sobreviventes estão atualmente representadas por apenas 1079 espécies, distribuídas por 8 ordens (Cycadales, Ginkgoales, Welwitschiales, Gnetales, Ephedrales, Pinales, Araucariales e Cupressales), 12 famílias e 83 géneros (*sensu* Christenhusz & Byng, 2016). *Ginkgo biloba* é a mais antiga gimnospérmica viva (Jurássico Inferior, 202-176 Ma) e único representante atual da sua ordem (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). O grupo das coníferas, que inclui árvores como os pinheiros, abetos, cedros, larícios, ciprestes, zimbros e teixos, é o mais importante, porque é o mais abundante e diversificado, com maior distribuição geográfica atual.

Nas espermatófitas, a ramificação profusa do esporófito que permitiu a produção de múltiplos esporângios, i.e. múltiplos locais de ocorrência da meiose, é particularmente notória. Os esporângios estão inseridos, isolados ou em grupos, em suportes simples ou

ramificados - os esporofilos (do grego “*filos*” - “folha” + “*spérma*” - “semente”, “*sémen*” = folhas que suportam esporos). Os megasporofilos suportam os megasporângios e os microsporofilos suportam os microsporângios. Nas coníferas (Pinaceae) os megasporofilos são as escamas seminíferas dos cones ♀ (ou pinhas) e os microsporofilos são as escamas polínicas dos cones ♂. Nas angiospérmicas os megasporofilos são os carpelos e os microsporofilos são os estames (Aguiar, 2013).

Nas gimnospérmicas os óvulos não estão encerrados em ovários, que permanecem abertos na polinização. Os óvulos e sementes estão expostos sobre a superfície de esporofilos e estruturas análogas. Os esporofilos estão geralmente inseridos em braquiblastos que, nas gimnospérmicas com estróbilos, correspondem ao eixo das estruturas reprodutivas (*e.g.* eixo das pinhas) e, nas angiospérmicas, ao recetáculo da flor (Aguiar, *op. cit.*).

Todas as espermatófitas são heterospóricas – a heterosporia foi um pré-requisito obrigatório para o aparecimento da semente. Raven e colaboradores (2005) e Aguiar (2013) referem que substituição da homosporia pela heterosporia ocorreu de forma independente em várias linhagens de plantas-vasculares, mas nas espermatófitas a heterosporia é, segundo Aguiar, um caráter herdado da progimnospérmica ancestral.

As gimnospérmicas e as angiospérmicas produzem esporos ♀, os megásporos ou macrósporos, e esporos ♂, os micrósporos (grãos de pólen), após a meiose. Os megásporos formam-se no interior dos óvulos, correspondentes aos megasporângios, e os micrósporos diferenciam-se em sacos polínicos, correspondentes aos microsporângios. Os megásporos originam os gametófitos ♀, ou megagametófitos, e os micrósporos originam os gametófitos ♂, ou microgametófitos (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

Uma das inovações das espermatófitas foi a redução do número de megásporos por megasporócito e a retenção dos megásporos. O megasporócito (= célula-mãe dos megásporos ou célula-mãe do saco embrionário) origina, após meiose, 4 megásporos, dos quais apenas um sobrevive, retido e envolvido pelos tecidos do megasporângio. O megásporo funcional origina, por mitose, o saco embrionário, haploide, que é o megagametófito ou gametófito ♀, envolvido pela parede do megásporo (endosporia).

Em todas as plantas-com-semente o gametófito ♀ permanece retido no interior do megasporângio, designado por nucelo (Fig. 12) Ao contrário das plantas heterospóricas sem semente, o megasporângio das espermatófitas possui uma (nas gimnospérmicas) ou duas (nas angiospérmicas) camadas adicionais de tecido protetor – os tegumentos, que envolvem completamente o megasporângio, à exceção de uma abertura no ápice - o

micrópilo. A estrutura completa, que inclui o nucelo e os tegumentos, é o óvulo imaturo ou primórdio seminal – precursor da semente. A fecundação do óvulo resulta na sua maturação e formação da semente, razão pela qual se diz que a semente corresponde ao óvulo fecundado maduro (Raven et al., 2005).

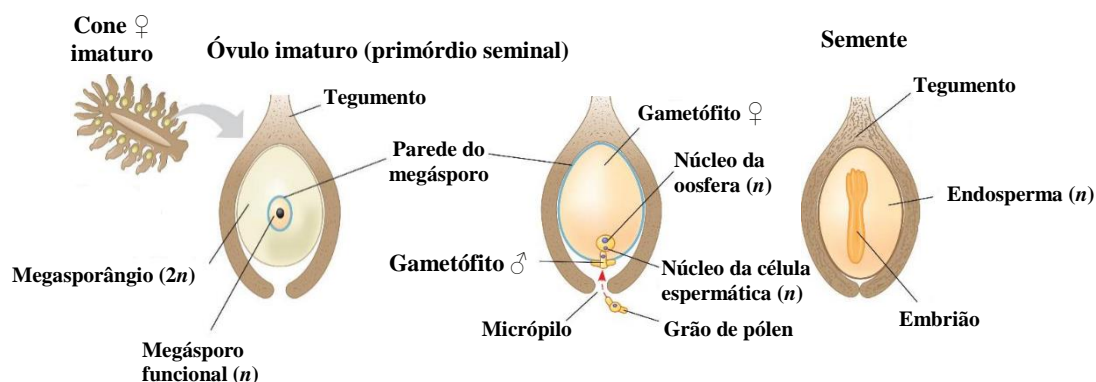


Figura 12 – Representação esquemática da secção longitudinal de um óvulo, mostrando a disposição das estruturas e o desenvolvimento da semente de uma conífera. Retirado de Campbell et al., 2008. Também disponível online - URL de imagem: <https://goo.gl/3eoI5I>.

Uma hipótese proposta para explicar o aparecimento do primórdio seminal sugere que, durante história evolutiva das traqueófitas, deve ter ocorrido um atraso, geneticamente determinado, na libertação dos megásporos na progimnospérmica ancestral de todas as espermatófitas. Este atraso poderia ser devido a um pequeno e fortuito defeito no sistema de deiscência das paredes de um megasporângio. O megasporângio, com um ou poucos esporos retidos no seu interior, teria sido, seguidamente, envolvido por um tegumento de origem foliar.

A retenção do(s) megásporo(s), por sua vez, implicou o desenvolvimento, total ou parcial, do gametófito ♀ no interior do megasporângio. Estaria assim diferenciado o primórdio seminal primitivo, abrindo caminho evolutivo a uma nova linhagem de plantas-vasculares – as espermatófitas. A retenção do gametófito ♀, nutrido pelo esporófito materno, no interior do primórdio seminal (endoprotalia) é uma aquisição evolutiva importante das plantas-com-semente que proporcionou uma maior proteção relativamente aos gametófitos das plantas-vasculares sem semente (pteridófitas), cujos gametófitos de vida livre se encontram no solo e por isso estão mais sujeitos à ação de parasitas e predadores (Aguiar, 2013).

O pólen é outra das muitas inovações das espermatófitas. Os micrósporos (= grãos de pólen unicelulares) diferenciam-se imediatamente após a meiose dos microsporócitos (=

células-mães dos micrósporos) organizados em tétradas. O grão de pólen maduro (multicelular) é constituído pelo gametófito ♂, envolvido pela parede do micrósporo (endosporia) e protegido por um invólucro (esporoderme). Nas plantas-com-semente os grãos de pólen são transportados dos microsporângios (= sacos polínicos) até à proximidade dos megasporângios, processo a que se dá o nome de polinização. Enquanto nas pteridófitas os gametófitos estão imobilizados no solo, nas espermatófitas o gametófito ♂ está adaptado à dispersão. Tal como nas primeiras plantas-com-semente, que eram anemófilas, na maioria das gimnospérmicas atuais o pólen é transportado pelo vento. A polinização permite o transporte do gâmeta ♂ até ao gameta ♀, uma vez que o grão de pólen, contendo o gametófito ♂ parcialmente desenvolvido, é integralmente transferido para a vizinhança do gametófito ♀, que se encontra dentro do óvulo (Aguiar, *op. cit.*).

Nas gimnospérmicas, após a polinização, o pólen é capturado por gotas de polinização segregadas pelo primórdio seminal para o exterior, através do micrópilo. Ao ser reabsorvida, a gota de polinização transporta para o interior do primórdio seminal os grãos de pólen, que então germinam na vizinhança do micrópilo, produzindo uma estrutura tubular - o tubo polínico, que canaliza os gâmetas ♂ até aos gâmetas ♀. As coníferas, as Gnetidae e todas as angiospérmicas produzem gâmetas ♂ imóveis e um tubo polínico pluricelular, que conduz as células espermáticas, i.e. o gâmeta ♂, ao arquegónio, colocando-o directamente em contacto com a oosfera. Este processo de reprodução designa-se por sifonogamia. Nas gimnospérmicas o tubo polínico progride no tecido do nucelo. Nas angiospérmicas ele cresce através dos tecidos do estilete (parte do carpelo da flor polinizada) (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

De acordo com Raven et al. (2005) e Aguiar (2013), os grupos mais primitivos de gimnospérmicas – Ginkgoideae e Cycadidae – apresentam uma forma de reprodução intermédia entre a oogamia e a sifonogamia (sifonogamia imperfeita): o tubo polínico rompe-se na proximidade dos arquegónios e liberta dois ou mais gâmetas flagelados (anterozoides) que nadam na gota de polinização ao encontro das oosferas. Apesar de produzirem um tubo polínico, a autonomia dos gâmetas ♂ na sua deslocação ao encontro da oosfera é apenas parcial. Nas Ginkgoideae a fecundação ocorre no solo, pois os óvulos caem, e as sementes amadurecem um ano após a fecundação. Após a fecundação, o esporófito recém-diferenciado (embrião) desenvolve-se encapsulado no primórdio seminal fecundado, sendo sustentado pelo esporófito materno até à maturação da semente. As reservas nutritivas acumuladas pelo esporófito materno na semente irão assegurar a

sobrevivência do embrião até que, após a germinação da semente e a sua emergência, se transforme numa plântula autotrófica autónoma (Aguiar, *op. cit.*).

3.8. Plantas-com-flor: um “mistério” por resolver

As plantas-com-flor, ou angiospérmicas, divisão Magnoliophyta, *sensu* sistema taxonómico de Cronquist (1981, 1988), representam um dos mais recentes casos de macroevolução, com um sucesso ímpar no mundo vegetal (Catarino, 2011). Pouco depois do seu aparecimento na Terra, as angiospérmicas radiaram a uma taxa relativamente rápida, à escala do tempo geológico, a ponto de alcançarem dominância ecológica na flora terrestre antes do final do Cretácico. Desde então diversificaram-se em quase 300 000 espécies, sendo, presentemente, o grupo mais numeroso e diversificado de embriófitas (ca. 80% das espécies de plantas-terrestres atuais), ocupando quase todos os habitats terrestres e muitos habitats aquáticos (Aguiar, *op. cit.*, Catarino, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

Segundo dados disponibilizados por Christenhusz & Byng (2016), das 374 000 espécies de plantas contabilizadas, descritas e aceites até à data, 308 312 são plantas-vasculares e, destas, 295 383 são plantas-com-flor (monocotiledóneas: 74 273; eudicotiledóneas: 210 008), existindo mesmo estimativas que apontam para quase meio milhão de espécies de angiospérmicas extantes (Pimm & Joppa, 2015; Raven et al., *op. cit.*). Embora a sua classificação e nomenclatura taxonómica tenham sofrido alterações nas últimas décadas, o termo “angiospérmicas” (do grego “*angeion*” = “vaso”/“recipiente” e “*spérma*” = “óvulo” ou “semente”) mantem-se, por alusão aos óvulos encerrados num ovário, ou sementes encerradas num fruto, descrição correspondente à definição de flor/fruto verdadeiros, respetivamente. O termo “antófitas” - divisão Anthophyta, *sensu* Raven et al. (2005), também continua a usar-se, uma vez que significa “plantas com flores” (do grego “*anthos*” = “flor” + “*phyton*” = “planta”).

As angiospérmicas constituem a base das cadeias alimentares terrestres, incluindo a alimentação humana, e contribuem massivamente para a fotossíntese global e sequestro de carbono, pelo que, compreender a sua evolução e diversificação é essencial para conhecer processos-chave subjacentes à formação de biocenoses e ecossistemas inteiros ([Amborella Genome Project](#) [AGP], 2013).

Na segunda metade do século XIX, o grande interesse pela prospeção paleontológica revelou, pela primeira vez, a evidência clara da presença das angiospérmicas no registo fóssil, através da descoberta de numerosas plantas fossilizadas em rochas do Cretácico. Darwin, e muitos outros naturalistas da época, não conseguiam

explicar o aparecimento, aparentemente abrupto, e a rápida proliferação das angiospérmicas no registo fóssil de há 145 Ma (AGP, 2013). O facto de não compreender esta emergência, “tardia”, de tantas variedades de plantas-com-flor, em tantos locais geográficos da Terra, levou Darwin, então, a referir-se ao fenómeno, numa carta dirigida ao seu amigo Joseph Hooker, como um “mistério abominável”: “*The rapid development as far as we can judge of all the higher plants within recent geological times is an abominable mystery.*” ([Letter 395. To J.D. Hooker. Down, July 22nd \[1879\] pp. 20-21](#)). A rápida diversificação das plantas superiores, no final do Cretácico, ia contra uma das máximas preferidas de Darwin: “*Natura non factum saltum*” – não era entendível à luz das mudanças evolutivas graduais, por seleção natural, que propunha. Quase 140 anos depois, o assunto continua a ser complexo, pautado por muitas incertezas e contradições (AGP, 2013; Catarino, *op. cit.*; Friedman, 2009; Raven et al., *op. cit.*).

Admite-se que o intervalo de tempo geológico entre os 200-100 Ma corresponde ao período da geo-história em que as angiospérmicas apareceram, se diversificaram e expandiram em todo o planeta. Em 1986, Doyle & Donoghue realizaram uma análise cladística que, pela primeira vez, incluía espermatófitas atuais e extintas, propondo o clado “antófitas” (= Bennettitales, *Pentoxylon*, Gnetales e angiospérmicas), em referência à presença de estruturas reprodutivas semelhantes a flores, em todos os membros do clado. Esta hipótese acabou por ser rejeitada, mas levou a repensar as perspetivas de evolução das angiospérmicas (*e.g.* estimulou a reinterpretação dos caracteres evolutivos, como a origem do carpelo e a dupla fecundação ([Soltis, Bell, Kim & Soltis, 2008](#))).

A paleobotânica, a filogenia molecular e a biologia do desenvolvimento, reformularam a visão da origem e diversificação inicial das angiospérmicas. Extraordinários avanços científicos e tecnológicos (em particular, na segunda metade do século XX) permitiram a aplicação das técnicas de sequenciação de genomas (nucleares, mitocondriais e cloroplastidiais), mas persistem muitas dúvidas (Catarino, *op. cit.*). As relações filogenéticas entre as espermatófitas atuais e as espermatófitas extintas não estão ainda resolvidas e desconhece-se o ancestral a partir do qual se diversificaram as plantas que vieram a culminar no grupo das angiospérmicas ([Specht & Bartlett, 2009](#); Catarino, 2011). Como refere Stevens, co-autor da obra “Plant Systematics: A Phylogenetic Approach” e da página oficial “Angiosperm Phylogeny Group” (APG) - Grupo de Filogenia das Angiospérmicas, “*The relationships of angiosperms to other seed plants continue to remain unclear, and thus so do the whens, whys and hows of their initial diversification*” (APWeb, 2016).

As evidências paleobotânicas mais antigas, com características inequívocas e distintivas de angiospérmicas, são grãos de pólen do Cretácico Inferior (145-101 Ma) encontrados na China, Israel e Inglaterra (Buerki, Forest & Alvarez, 2014). Em Israel foram datados fósseis de grãos de pólen com ca. de 135 Ma (Aguiar, 2013). Micro e microfósseis de grupos como as magnoliídeas, monocotiledóneas e eudicotiledóneas (*e.g.* Ranunculales) são relativamente comuns, à escala global, durante o intervalo Hauteriviano–Aptiano (ca. 130–112 Ma), mas o AGP (2013) estima que as primeiras angiospérmicas tenham surgido, pelo menos, há 160 Ma, no Jurássico Superior. Aguiar (2013) refere estudos moleculares que sugerem uma origem anterior, entre a transição Triásico-Jurássico até ao Jurássico Médio (199-167 Ma). Estudos recentes, publicados por vários autores, entre 2009 e 2016, sugerem uma origem pré-jurássica para as angiospérmicas, admitindo que possam ter divergido de outras espermatófitas ainda no final do Paleozoico (APWeb, 2016).

Sabe-se hoje que alguns segmentos de DNA dos organismos estiveram sujeitos a taxas de mutação lentas e constantes, ao longo de muitos milhões de anos. Com base neste dado, as chamadas técnicas de “relógio molecular” permitem datar eventos de divergência evolutiva, sendo o registo fóssil usado para calibrar distâncias moleculares com o tempo geológico (Aguiar, *op. cit.*). Autores como Clarke, Warnock, & Donoghue (2011), aplicando estes princípios, rejeitam a origem pós-câmbrica das embriófitas e a origem pós-jurássica das angiospérmicas, antecipando a colonização terrestre para o Pré-Câmbrico (568-815 Ma) e a emergência das plantas-com-flor para o Triásico (252-201 Ma).

Há evidências fósseis de vários tipos de pólen, semelhantes ao pólen das angiospérmicas, a partir do Triásico médio (ca. 243 Ma), em vários tipos de habitats. Contudo a ausência de megafósseis de angiospérmicas no mesmo período dificulta a aceitação de se tratar de pólen produzido por antófitas (APWeb, 2016). Todos os anos a paleobotânica contribui com novas descobertas, oriundas, principalmente, da China (fósseis pré-cretácicos), que sugerem uma origem muito anterior à indicada nos livros-texto, embora o mau estado de preservação das estruturas florais fossilizadas, muitas vezes incompletas, dificulte a sua interpretação e alimente a discussão (Catarino, *op. cit.*).

Em 2002 foram descobertos fósseis completos, de uma família extinta de angiospérmicas (Archaeofractaceae) nas rochas estratificadas do Jurássico Superior/Cretácico Inferior da Formação Yixian, em Liaoning, no norte da China, com uma idade radiométrica estimada em ca. 125 Ma (Sun et al., 2002; Raven et al., 2005). Esses fósseis (Fig. 13) revelaram uma nova espécie, *Archaeofructus sinensis*, que já

apresentava caules com eixos florais contendo carpelos terminais, no interior dos quais se encontravam sementes encerradas, bem como estames, situados em verticilos abaixo dos carpelos. *Archaeofructus sinensis* encontrava-se em sedimentos de um habitat aquático e não possuía ainda sépalas, nem pétalas (Sun et al., 2002).

A flor, definida por Specht & Bartlett (2009), como “...a bisexual reproductive axis with carpels and stamens” (= um eixo reprodutivo bissexuado com carpelos e estames), é a estrutura reprodutora característica das angiospérmicas e uma das inovações evolutivas do grupo, ao nível reprodutivo. Aguiar (2013) refere ser consensual que a flor evoluiu uma só vez, o que significa que todas as flores são homólogas e todas as angiospérmicas partilham um ancestral comum, mas o mecanismo da génese da flor não é consensual. Apesar disso, a flor é frequentemente interpretada como um braquiblasto (eixo único e simples) com folhas muito modificadas (*sensu* hipótese do euanto).

Admite-se que o aparecimento da flor envolveu, numa gimnospérmica ancestral não identificada, a condensação de estruturas reprodutivas unissexuais numa estrutura bissexual com os órgãos ♀ (megasporófilos = carpelos) no centro, rodeados pelos órgãos ♂ (microsporófilos = estames), tendo posteriormente surgido um invólucro protetor de apêndices estéreis (perianto).

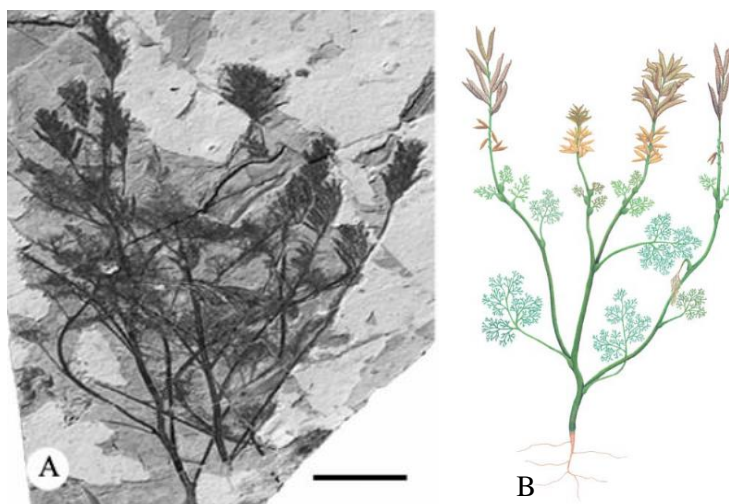


Figura 13 - *Archaeofructus sinensis* Sun, Dilcher, Ji & Nixon, 2002. A) Espécime completo (holótipo). Barra de escala: 5 cm. B) Reconstituição da planta completa, mostrando raízes finas, caules com folhas bissetadas e eixos florais com carpelos terminais (tom castanho), fechados, e estames (tom amarelo) de “pé” curto, localizados abaixo dos carpelos. Retirado de Sun et al., (2002).

A estrutura, tamanho e organização da estrutura floral variavam muito nas primeiras angiospérmicas. A diversidade floral no registo fóssil é consistente com uma radiação precoce das angiospérmicas e uma diversificação na forma floral (Tree of life,

2016). A grande maioria das angiospérmicas atuais (ca. 70%) são homoicas, i.e. possuem flores hermafroditas, com estames e carpelos. A monoiccia (flores ♂ e flores ♀ no mesmo indivíduo, e a dioiccia (flores ♂ e flores ♀ em indivíduos diferentes), são raras na natureza porque envolvem custos energéticos muito elevados (Aguiar, *op. cit.*).

As evidências filogenéticas atualmente disponíveis favorecem a hipótese de as angiospérmicas serem um grupo-irmão do clado que inclui todas as gimnospérmicas vivas (Aguiar, 2013; APWeb, 2016). As gimnospérmicas extantes são monofiléticas, mas quando se consideram, simultaneamente, os táxones extintos e extantes de gimnospérmicas, estas são parafiléticas relativamente às angiospérmicas. As plantas-com-flor descendem, portanto, de um ancestral comum às atuais gimnospérmicas, contudo poucos progressos foram alcançados nos últimos cinquenta anos na identificação de plantas que possam ocupar essa posição filogenética (APWeb, 2016). O encerramento das sementes numa estrutura semelhante a um fruto deve ter acontecido, independentemente, em vários grupos de espermatófitas, como as Bennettitales, Doyleales, e angiospérmicas. Os tubos polínicos provavelmente também evoluíram independentemente nas Pinales, Gnetales (gimnospérmicas atuais) e nas angiospérmicas, uma vez que alguns glossopterídeos (fetos-com-sementes) tinham gâmetas ♂ multiciliados (APWeb, *op. cit.*).

Segundo a quarta, e mais recente, versão da árvore filogenética das angiospérmicas (APG IV, 2016), três ordens de angiospérmicas ocupam uma posição próxima da base: Amborellales, Nymphaeales e Austrobaileyales, que constituem o grado “ANA” (APWeb, 2016). Estas angiospérmicas já eram consideradas basais na versão de 2009 do APG III (2009) (Fig. 14).

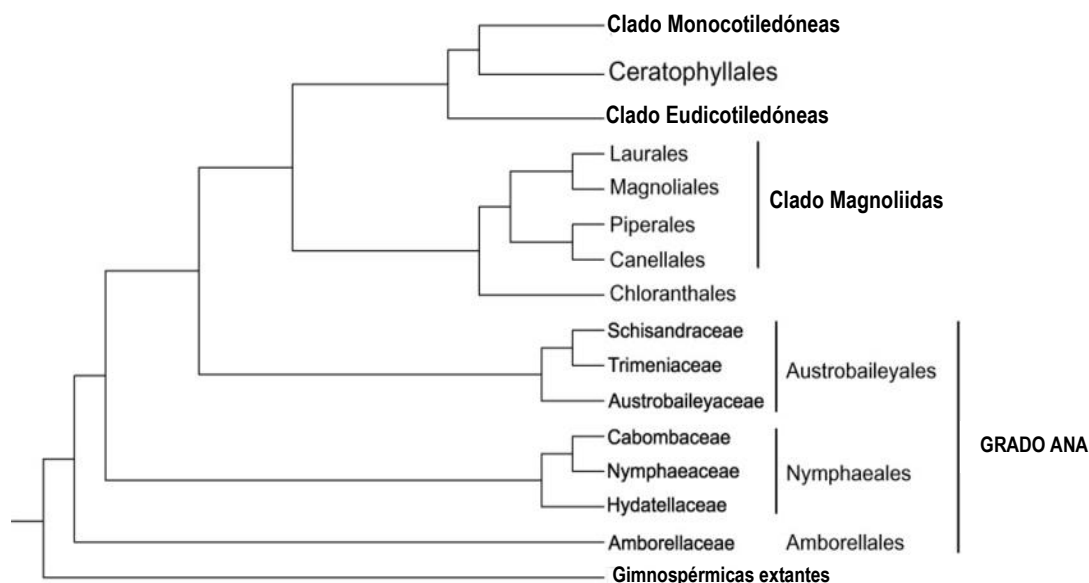


Figura 14 - Árvore filogenética das angiospérmicas simplificada, adaptada de APG III (2009). Retirado de Buerki, Forest & Alvarez (2014).

O grupo ANA ou, simplesmente, angiospérmicas basais, perfazem menos de 1% das plantas-com-flor. Em Portugal estão exclusivamente representadas pela família dos nenúfares (Nymphaeaceae) (Aguiar, 2013). As Amborellales incluem apenas uma família, Amborellaceae, um género e uma espécie - *Amborella trichopoda* Baill, um arbusto raro, endémico da principal ilha da Nova Caledónia (arquipélago do sudoeste do Oceano Pacífico, a NE da Austrália), em sério risco de extinção devido à destruição do seu habitat (Aguiar, 2013; AGP, 2013).

As famílias e ordens colocadas no clado magnoliidas constituem a maioria dos grupos basais de angiospérmicas e correspondem, essencialmente, às plantas da subclasse Magnoliidae, *sensu* sistema de Cronquist, em que a classe Magnoliopsida designa as dicotiledóneas. As magnoliidas são um clado muito antigo, que divergiu antes das monocotiledóneas e das eudicotiledóneas, dominado por plantas lenhosas, sobretudo tropicais. Correspondem a menos de 5% das espécies atuais de angiospérmicas, mas incluem famílias com alguma importância económica, como as lauráceas (*e.g.* “loureiro” e “caneleira”), as miristicáceas (*e.g.* “noz-moscada”), as anonáceas (*e.g.* “anoneira”) e as piperáceas (*e.g.* “pimentas”) (Aguiar, *op. cit.*).

No que respeita aos restantes grupos, Aguiar (2013) menciona que até 1990 as plantas-com-flor foram divididas em dois grupos com a categoria de classe - Magnoliopsida (= dicotiledóneas) e Liliopsida (= monocotiledóneas), com base num conjunto diversificado de caracteres. Esta dicotomia era então considerada a mais importante divergência da história evolutiva das angiospérmicas, e julgava-se que teria ocorrido logo no início dessa história, ou seja, muito próximo da base da grande árvore filogenética das plantas-com-flor. Porém, os estudos de filogenia molecular demonstraram posteriormente que as monocotiledóneas são monofiléticas e que a sua divergência ocorrera mais tarde do que a de alguns grupos atuais de angiospérmicas – as incluídas no clado ANA e no clado magnoliidas. O maior clado de angiospérmicas é o das eudicotiledóneas, que representa cerca de 75% das espécies. O clado das monocotiledóneas compreende cerca de 20 % das espécies. A única apomorfia que as eudicotiledóneas partilham é a presença de grãos de pólen com três aberturas, ou tipos derivados. As antigas dicotiledóneas, constituíam, portanto, um grupo parafilético (ao contrário das

monocotiledóneas não incluem todos os descendentes de um ancestral comum) (Aguiar, *op. cit.*).

As Amborellaceae são, desde 2009, aceites como a mais antiga linhagem de angiospérmicas vivas, tendo as magnólias de grandes flores (arquétipo de flores primitivas), abandonado a base da árvore filogenética. *Amborella trichopoda* é uma espécie monoica, ou seja, compreende plantas com flores unissexuadas ♂ e plantas com flores ♀ (APG III, 2009). As flores, de cor verde-amarelada, são minúsculas, não ultrapassando 6 mm de diâmetro. O perianto não é diferenciado em sépalos e pétalas e o número de peças florais (tépalas, carpelos e estames) é variável, encontrando-se dispostas em espiral. Os carpelos não estão fechados por tecidos fundidos nas margens, mas apenas colados por uma secreção. Os estames são laminares (Fig. 15). Outra característica peculiar de *Amborella* é o facto de não possuir elementos de vaso no xilema.

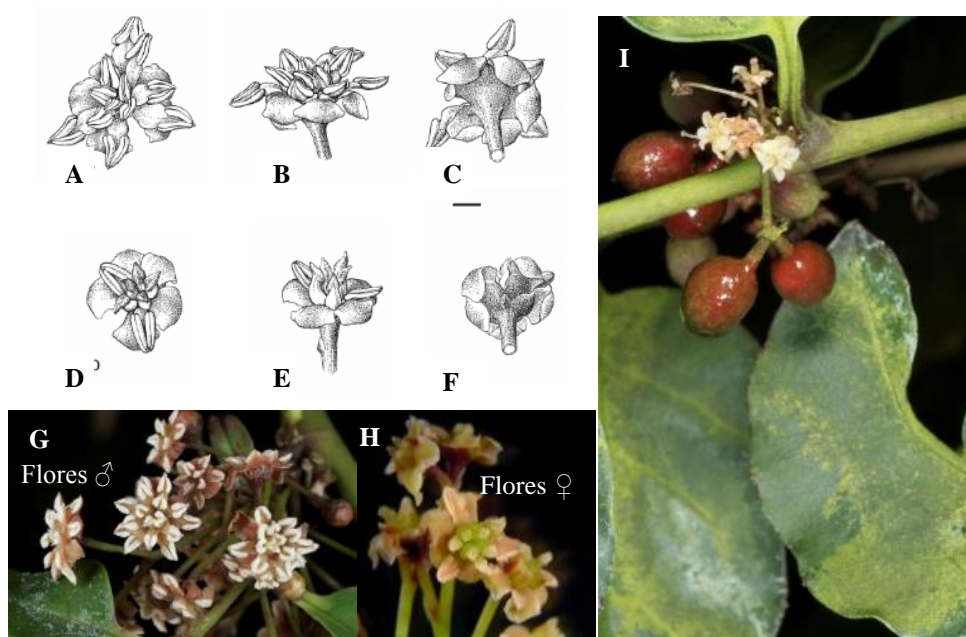


Figura 15 - Representação esquemática e fotografias das flores de *Amborella trichopoda* Baill. (A, B, C e G: flores ♂; D, E, F e H: flores ♀. I- flores ♀ e frutos. A e D- Perspetiva de topo, B e E, Perspetiva lateral; C e F- Perspetiva da base. Barra de ampliação = 1 mm. Esquema retirado de Endress & Igersheim (2000). Fotografias de Sangtae Kim e Joel McNeal, retiradas de <http://www.buffalo.edu/news/releases/2013/12/027.html>. As fotografias não se encontram à escala.

Foi a análise de sequências de genes cloroplastidiais de 64 espécies de angiospérmicas basais, efetuada em 2007, considerando também os caracteres morfológicos de cada grupo, que levou a concluir que as Amborellales são o grupo que há mais tempo divergiu das restantes plantas-com-flor. Considera-se, desde então, que a flor de *Amborella* é a flor atual que mais se assemelha às primeiras flores que surgiram na

Terra (Catarino, 2011). O genoma de *Amborella* foi totalmente sequenciado, encontra-se depositado no Genbank - the U.S. National Institutes of Health database, e está também disponível para consulta pública no website “Amborella Genome Database” ([AGP, 2013](#)). Este genoma constitui uma referência excepcional para compreender as diferenças genéticas entre as plantas-com-flor e as restantes plantas, e para inferir os caracteres das primeiras plantas-com-flor. O estudo de *Amborella* e doutras angiospérmicas, consideradas mais primitivas, tem revelado que a poliploidia está sempre presente ao longo da sua história evolutiva. Sabe-se hoje que o fenómeno de duplicação do genoma tem tido um papel crucial na evolução de fungos e animais, mas sobretudo na evolução das plantas (Catarino, *op. cit.*).

O “Amborella Genome Project” forneceu evidências de que o ancestral comum de todas as plantas-com-flor, incluindo *Amborella*, evoluiu na sequência de um “evento de poliploidia”, fenómeno durante o qual o genoma completo de um organismo é duplicado, o que terá sucedido há ca. 200 Ma. Alguns dos genes duplicados ter-se-ão perdido ao longo da história evolutiva, mas outras cópias redundantes terão evoluído para desempenhar novas funções. Nestes estudos foram identificados, pela primeira vez, 1179 novas linhagens de genes, relativamente às espermatófitas sem flor, incluindo genes importantes para a floração, formação do lenho e respostas ao *stress* ambiental. A duplicação do genoma deve ter desempenhado um papel importante na evolução de caracteres como resistência à seca, desenvolvimento de órgãos florais e a maturação do fruto (AGP, 2013).

O conhecimento do genoma de *Amborella* constitui uma referência de base para inferir o conteúdo e a estrutura do genoma do mais recente ancestral comum ou “most recent common ancestor” (MRCA) das angiospérmicas vivas. A estrutura do genoma de *Amborella* e a análise filogenómica indicam que a angiospérmica ancestral era poliploide, com um ampla constelação de genes novos e genes antigos, que sobreviveram para desempenhar funções na biologia das angiospérmicas (AGP, 2013). As questões filogenéticas são complexas, pela sua própria natureza e por todas as dificuldades inerentes à descoberta de dados de um passado distante, à escala de um tempo profundo, que nos transcende. O desenvolvimento de novas técnicas, novas evidências e/ou a (re)interpretação dos dados disponíveis, continuarão certamente a dar um contributo válido para responder às questões que permanecem em aberto e construir mais conhecimento sobre esta temática tão fascinante, quanto desafiante.

3.9. Sucesso das plantas: adaptações à vida terrestre

A história da evolução das plantas-terrestres envolveu, em primeiro lugar, a transição do ambiente marinho para os ambientes terrestres. Isto aconteceu sob vários aspectos, e em sucessivas etapas, mas o sucesso da colonização, e a conseqüente radiação das embriófitas, é indissociável do desenvolvimento progressivo de estratégias eficientes para captação, conservação e regulação do teor de água, bem como da crescente independência da água para a reprodução sexuada (fecundação).

Num intervalo de tempo curto, à escala do tempo geológico, as embriófitas desenvolveram um conjunto de adaptações notáveis que lhes garantiram o sucesso ecológico na colonização das terras emersas. Entre essas adaptações, salientam-se a organização do corpo em órgãos e sistemas de tecidos complexos: raízes para ancoragem ao substrato, absorção de água e sais minerais; caules com sistemas eficientes de transporte e distribuição de fluidos por todo o corpo da planta (tecidos vasculares); tecidos estruturais de suporte, como o lenho (a presença de lenhina na parede celular confere resistência mecânica e rigidez), que lhes permitiu aumentar e sustentar o crescimento em altura; tecidos de revestimento e de proteção nas partes aéreas, cobertos por uma cutícula impermeável, de modo a limitar a perda e facilitar a retenção de água; proteção contra a radiação UV-B; folhas especializadas na atividade fotossintética, com estruturas epidérmicas, para trocas gasosas respiratórias (estomas), e ainda, a capacidade de ramificação profusa, graças à atividade de meristemas apicais, localizados na extremidade do caule principal e dos ramos (Judd et al., 2007; Kenrick & Crane, 1997; Raven et al., *op. cit.*).

Ao nível da reprodução, em relação às algas ancestrais, a evolução foi facilitada por uma série de inovações, como o desenvolvimento de um ciclo de vida elaborado, com alternância de fases nucleares, no qual uma fase diploide esporofítica dá origem a uma fase haploide gametofítica; órgãos sexuais especializados para produção e proteção dos gâmetas (gametângios); órgãos diversificados para a produção de esporos (esporângios); retenção do zigoto e proteção parental do esporófito (embrião) nas fases iniciais do seu desenvolvimento. Numa fase posterior, foram desenvolvidas novas estratégias de reprodução e de disseminação.

A necessidade da água para encontro dos gâmetas está presente nas carófitas, briófitas e pteridófitas (nestas últimas sob a forma de películas de humidade proveniente do solo, água da chuva ou de orvalho, na superfície dos gametófitos), mas a partir da emergência das espermatófitas, no Devónico, os gâmetas ♂ deixaram de precisar de nadar para se unirem aos gâmetas ♀. A gota de polinização, o tubo polínico e nutrição do gametófito ♂ pelo esporófito polinizado são características das espermatófitas. Foi a

polinização - e o subsequente desenvolvimento de tubos polínicos - que libertaram as espermatófitas da necessidade da água para a fecundação (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

O aparecimento da semente, ainda no Paleozoico, na linhagem filogenética das espermatófitas, aumentou fortemente a proteção e nutrição parental do embrião, para além de fomentar a dispersão, que é um momento decisivo na biologia das plantas. Esporos, grãos de pólen, frutos, sementes e propágulos (qualquer estrutura que permita a reprodução vegetativa, *e.g.* fragmentos de estolhos e rizomas) são unidades de dispersão das embriófitas (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). A emergência da flor, já no Mesozoico, na linhagem das angiospérmicas, desencadeou uma série de radiações adaptativas rápidas, dando origem ao grupo mais diversificado de plantas que alguma vez existiram na Terra, que rapidamente se tornaram dominantes na flora terrestre nos últimos 100 Ma (Futuyma, 2009; Judd et al., 2007; Raven et al., 2005, Wickett et al., 2014).

A dispersão das espermatófitas ocorre em dois momentos específicos do seu ciclo de vida: na fase e na forma de pólen (por mobilização do gametófito ♂) ou da semente (através da mobilização do esporófito imaturo). Nas briófitas e pteridófitas as unidades de dispersão são os esporos (libertados dos esporângio), e gâmetas ♂ (por mobilidade dos anterozoides, ainda que muito limitada). As unidades de dispersão podem dispersar-se pela gravidade ou por meio de agentes de dispersão, como os animais, o vento e a água. A maior parte das plantas combina mais que um mecanismo de dispersão.

Nas angiospérmicas as unidades de dispersão variam de espécie para espécie, e os mecanismos de dispersão, que ocorrem frequentemente, são muito especializados e diversificados, o que evidencia as vantagens evolutivas do processo. A dispersão para territórios geograficamente distantes dos indivíduos parentais aumenta o sucesso reprodutivo através de vários mecanismos, como por exemplo, o aumento da probabilidade de colonização de micro-habitats favoráveis à germinação das sementes e estabelecimento dos jovens esporófitos, bem como a redução dos riscos de endogamia, associada à autopolinização (Aguiar, *op. cit.*).

Segundo Aguiar (2013), as inovações trazidas pelas primeiras plantas-com-semente tiveram grandes consequências evolutivas, entre as quais: *i*) maior proteção dos gametófitos ♂ e ♀; *ii*) maior eficiência na mobilização dos gâmetas ♂ ao encontro dos gâmetas ♀ (a fecundação deixou de ser dependente da água); *iii*) maior proteção do esporófito imaturo (embrião no interior da semente) da dessecação, de eventuais danos mecânicos e da predação; *iv*) facilitação do estabelecimento do jovem esporófito no solo,

graças às reservas de nutrientes concentradas na semente; v) novas possibilidades evolutivas através da dispersão das sementes e do pólen, e da polinização cruzada, através do vento ou de animais; vi) taxas evolutivas mais altas, que permitiram maior velocidade de adaptação a novos habitats.

Entre as aquisições evolutivas das angiospérmicas ao nível reprodutivo, e para além da flor, contam-se a entrada precoce na fase reprodutiva, comparativamente às gimnospérmicas, com uma transição rápida entre as fases juvenil e adulta; um intervalo de tempo muito curto entre a polinização e fecundação e, conseqüentemente, fecundação e formação mais rápida das sementes, com um curto período de tempo decorrido entre a génese das sementes e a sua disseminação (Aguiar, *op. cit.*).

3.10. Perspectiva evolutiva nos ciclos de vida leccionados

3.10.1. *Spirogyra* sp. (Charophyta: Zygnematales)

As “algas-verdes” filamentosas comumente designadas por “espirogiras”, estão incluídas no género [Spirogyra](#), que poderá incluir até **698 espécies**, das quais 516 foram já aceites taxonomicamente. Segundo os critérios da base de dados “[AlgaeBase](#)”, a sua posição sistemática corresponde ao *Império* Eucaryota, *Reino* Plantae; *Filo* Charophyta; *Classe* Conjugatophyceae; *Ordem* Zygnematales e *Família* Zygnemataceae ([Guiry, 2016](#)). Abundam geralmente em habitats dulçaquícolas, ocorrendo em todos os continentes; desde climas tropicais a climas árticos (Guiry, 2016; Raven et al., 2005), em lagos, lagoas, cursos de água, lentos ou rápidos, águas de represas e valas de beira de estrada. São frequentes nos habitats aeróbios de águas estagnadas (e.g. tanques).

O talo das espirogiras é composto por filamentos não ramificados, unisseriados, (Fig. 16), que se entrelaçam, formando emaranhados, em massas livres, flutuantes, ou ligadas a um substrato (Guiry, *op. cit.*). Os filamentos são anuais, apresentando um surto de crescimento na Primavera. As células são cilíndricas, dispostas topo a topo, com paredes transversais planas (Fig. 17). O diâmetro das células varia de 10 a 200 µm e o comprimento de 20-60 µm, até várias vezes mais longas. A parede celular apresenta duas camadas, a camada interna possui celulose, e a camada externa uma mucilagem, o que torna os filamentos muito escorregadios ao toque (Guiry, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

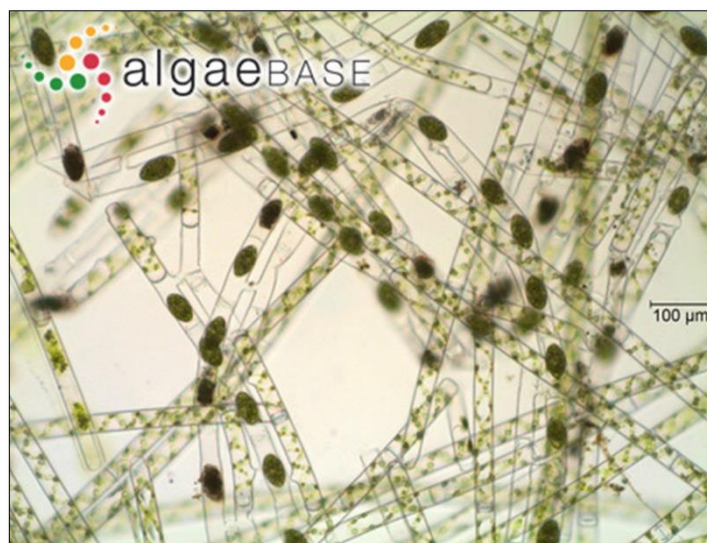


Figura 16 – Filamentos de *Spirogyra laxa* Kützing. Fotografia © Chris Carter. Retirado de AlgaeBase, disponível em <http://goo.gl/NkM1Vg>

Não existem células flageladas em nenhum estágio do seu ciclo de vida. As células são uninucleadas, com um número de cromossomas de $n = 3$ a $n = 84$. O número de cloroplastos varia entre 1-15 por célula, número que se mantém constante no mesmo filamento. Os plastídeos contêm muitos pirenóides discóides, e têm forma de fita, que se enrola em espiral (dando nome ao género), no seio de uma fina camada parietal de citoplasma, junto da parede celular (Fig. 17, I e II). Para além da camada parietal, o citoplasma apresenta filamentos que se prolongam para a zona central da célula, onde sustentam o núcleo, por sua vez envolvido por um vacúolo central (Fig. 17-II).

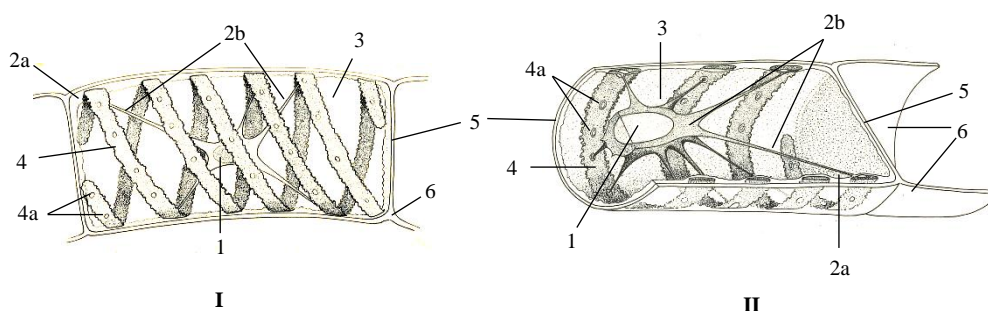


Figura 17- Representações esquemáticas da estrutura celular de *Spirogyra* sp.: I- secção longitudinal, 2D e II- idem, 3D. As imagens não se encontram à escala. 1- Núcleo; 2- Citoplasma: a) parietal e b) filamentos; 3- Vacúolo; 4- Cloroplasto; 4a - Pirenóides; 5- Membrana plasmática; 6- Parede celular. Adaptado de Mackean & Mackean (2014a).

A reprodução assexuada de *Spirogyra* sp. dá-se por divisão celular (mitose) e fragmentação dos filamentos, a forma mais comum de propagação, desde que as condições do meio sejam favoráveis (Matias & Martins, 2008; Raven et al., 2005). A reprodução

sexuada dá-se por conjugação, geralmente no final da Primavera e no Verão. Na maioria dos casos a conjugação é escalariforme, i.e., dois filamentos paralelos alinham entre si, formam-se protuberâncias (papilas) a partir das células de um, ou de ambos os filamentos emparelhados, e ocorre fusão dessas protuberâncias, formando-se um tubo de conjugação (Figs 18 e 19). O termo escalariforme resulta do aspeto da estrutura resultante (Fig. 18), que apresenta uma série de tubos de conjugação entre filamentos emparelhados, fazendo lembrar uma escada (Guiry, *op. cit.*).

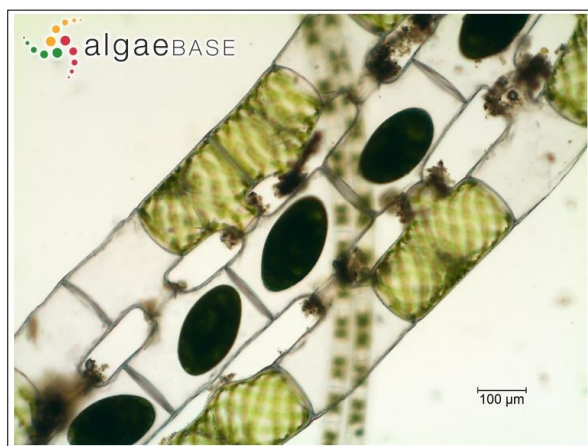


Figura 18 – Conjugação escalariforme em *Spirogyra crassa* (Kützing) Kützing. Fotografia: © Chris Carter. Retirado de “AlgaeBase”, disponível em <https://goo.gl/wVm5Mj>

Durante este processo, os protoplastos de duas células adjacentes contraem-se, comportando-se como gâmetas não flagelados. Tipicamente o gâmeta ou protoplasto “masculino” desloca-se, de forma semelhante à das amibas para o exterior da célula (dadora), atravessando, de um filamento para o outro, através do tubo de conjugação, para se fundir com o gâmeta “feminino”, no interior da célula (recetora) do outro filamento (Fig. 19: etapas 2 e 3) (Guiry, 2016).

Estes dois tipos de gâmetas, embora morfológicamente idênticos, são fisiologicamente distintos, podendo considerar-se que existe uma isogamia morfológica e uma anisogamia funcional. Nem todos os autores designam os gâmetas de *Spirogyra* por “masculinos” e “femininos”, preferindo utilizar os termos “gâmeta dador” e “gâmeta recetor” (Matias & Martins, 2008) ou referir-se apenas aos conteúdos celulares de filamentos sexualmente compatíveis, de tipo (+) e de tipo (-) (Raven et. al., 2005). Ikegaya, Nakase, Iwata, Tsuchida, Sonobe e Shimmen (2012) usam os termos “feminino” e “masculino” em função do comportamento de “células sexualmente competentes, que se reconhecem mutuamente”. Contudo, desconhecem-se ainda, em pormenor, os mecanismos de reconhecimento entre filamentos compatíveis (Zwirn, Chen, Uher & Schagerl, 2013).

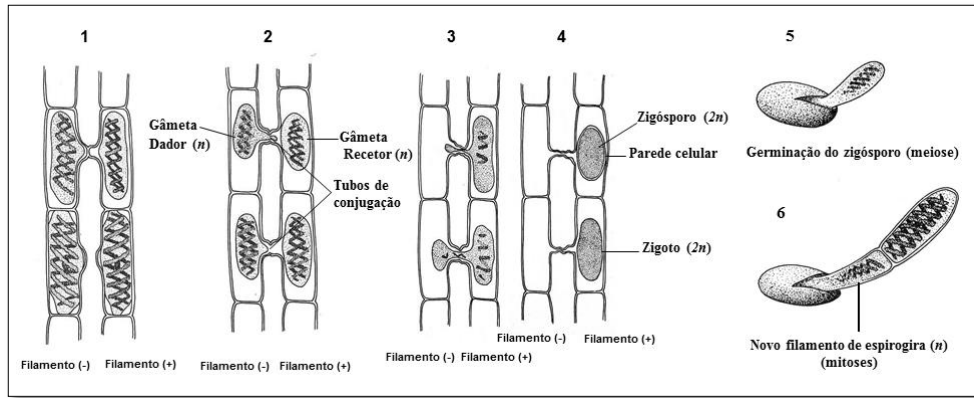


Figura 19 – Representação esquemática das etapas de reprodução sexuada em *Spirogyra* sp. Retirado e adaptado de Mackean & Mackean (2014a).

A fusão dos conteúdos celulares corresponde à fecundação (Fig. 19: etapas 3 e 4), formando-se, deste modo, um zigoto diploide em cada célula receptora, ou seja, no filamento de tipo (+). Após a fecundação, os filamentos desagregam-se, o zigoto adquire uma parede espessa e resistente, convertendo-se num zigósporo (Fig. 19: etapa 4), uma estrutura de resistência que fica em estado latente até que as condições ambientais voltem a ser favoráveis ao crescimento vegetativo (Guiry, 2016; Ikegaya et al., 2012; Matias & Martins, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). Os zigósporos têm cor amarela a castanha, são geralmente elipsoides, ovoides, lenticulares, ou esféricos (Fig. 20), e apresentam três camadas na parede: uma camada externa, uma média e outra interna. As características da camada média do zigósporo, que pode ser lisa, ou apresentar diversos tipos de ornamentação, têm valor taxonômico, sendo cruciais para a identificação da espécie (Guiry, *op. cit.*).

Esta camada apresenta esporopolenina, a substância protetora, graças à qual o zigósporo detém a capacidade de sobreviver a longos períodos adversos, nomeadamente de seca e de frio intenso. A esporopolenina é o biopolímero mais resistente que se conhece na Natureza (Fraser et al., 2012; Raven et al., *op. cit.*), também presente na parede dos esporos de todas as plantas terrestres, incluindo os grãos de pólen das gimnospermas e das angiospermas. A sua estabilidade, a longo prazo, confere proteção contra uma série de fatores de stress abiótico e explica a presença, quase ubíqua, de pólen e esporos no registo fóssil, razão pela qual os esporos constituem a primeira evidência da colonização dos habitats terrestres (Fraser et al., 2012; Futuyama, 2009; Raven et al., *op. cit.*).

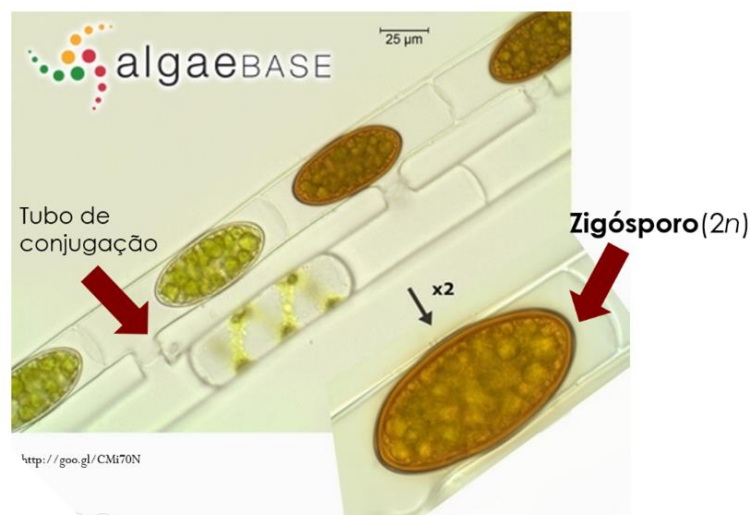


Figura 20 – Zigotos (cor verde) e zigósporos (cor castanho-amarelada) resultantes de conjugação em *Spirogyra communis* (Hassall) Kützing. Retirado de AlgaeBase. Fotografias: © Roger Flower, David Ryves e Chris Carter. Imagens disponíveis em <https://goo.gl/u9jwR2>.

Quando as condições ambientais se tornam propícias, dá-se a germinação do zigósporo, i.e. ocorre a meiose, que origina quatro núcleos haploides, dos quais três degeneram. A célula remanescente, com um único núcleo haploide, irá então dividir-se, por mitoses sucessivas, dando origem a um novo filamento vegetativo, constituído por células haploides (Fig.19: etapas 5 e 6).

Podem formar-se gâmetas ♀ e ♂ em células de qualquer um dos filamentos alinhados – neste caso fala-se de conjugação cruzada. Nalgumas espécies pode também ocorrer conjugação lateral, entre células adjacentes do mesmo filamento, unidas por um tubo conjugação curvo (Guiry, *op. cit.*; Ikegaya et al. 2012). Segundo Guiry (2016), a conjugação é geralmente homotática, ou seja, ocorre entre filamentos do mesmo clone. Há relatos de conjugação heterotática (interclonal), mas a sua frequência é desconhecida.

As espécies de *Spirogyra* são haplontes, dado que a meiose é pós-zigótica, e o único estado celular diploide é o zigoto. Os gâmetas formam-se, não por meiose, mas por mitose. Apesar da reprodução sexuada em *Spirogyra* estar documentada, pelo menos, desde o início do século XX (Cunningham, 1917; Lloyd 1924, 1926 a, b; Kniep, 1928; Saunders 1932 - citados por Ikegaya et al., 2012), pouco se sabe acerca dos mecanismos que induzem o fenómeno da conjugação, devido à baixa frequência com que se observam as suas etapas na natureza e à dificuldade em induzir e reproduzir o processo em condições laboratoriais (Ikegaya et al., 2012; Zwirn et al., 2013).

O registo fóssil revela a ocorrência comum de zigósporos de *Spirogyra* e de outras Zygnemataceae, os mais antigos datados do Carbónico (> 300 Ma). Os zigósporos são

utilizados em estudos paleoecológicos como marcadores (fósseis de fácies) de águas límpidas, estagnadas, pouco profundas, ricas em oxigênio, mesotróficas, de habitats sujeitos a aquecimento sazonal (Guiry, *op. cit.*).

Guiry (2016) refere que estudos de biologia molecular têm evidenciado as relações filogenéticas de *Spirogyra* sp. com outras algas verdes e com as plantas terrestres. A descoberta de um fragmoplasto primitivo, as semelhanças bioquímicas e a sequência de genes do DNA ribossômico (DNAr) e DNA dos cloroplastos, sugerem uma relação próxima com outras Charophyta e com as plantas terrestres menos evoluídas.

Algumas carófitas da ordem Zygnematales, como *Spirogyra* sp., são presentemente apontadas como grupo-irmão das plantas terrestres (Aguiar, 2013; Wickett, et al., 2014; Zhong, Sun & Penny, 2015). A ausência de células móveis e de plasmodesmos nas Zygnematales pode ser interpretada como uma redução secundária da sua complexidade morfológica, na sequência da divergência, a partir de um ancestral comum, partilhado com as algas-verdes Charales e Coleochaetales, o que é consistente com o seu modo de reprodução (Wickett et al., 2014). Uma vez que estas algas são isogâmicas, é provável que, ao longo da sua história evolutiva tenha ocorrido, secundariamente, uma simplificação da sua biologia reprodutiva, primitivamente oogâmica (Aguiar, *op. cit.*). Com base nos resultados dos mais recentes estudos de filogenómica, a hipótese das Zygnematales como o grupo de carófitas mais próximo das embriófitas tem vindo a ganhar cada vez mais consistência (Wickett et al., 2014; Zhong et al. 2015)

3.10.2. *Polytrichum* sp. (Plantae: Bryophyta)

As “briófitas” são as plantas extantes mais próximas da alga ancestral que, há centenas de milhões de anos, emergiu do mar, colonizando, com sucesso, as terras emersas. O termo provem do grego *bryon* = “musgo”; e *phyton* = “planta” e refere-se geralmente aos musgos, em sentido estrito, mas também às hepáticas e às antóceras (Pérez, Draper, de Atauri & Bujalance, 2011; Raven et al., 2005). A complexidade estrutural destas plantas é intermédia entre a das algas-verdes carófitas e a das restantes plantas terrestres, sendo consensual na comunidade científica que as primeiras embriófitas seriam muito semelhantes às atuais briófitas (Aguiar, *op. cit.*; Futuyama, *op. cit.*; Pérez et al., 2011; Raven et al., *op. cit.*; Wickett et al., 2014). São consideradas os “anfíbios” do mundo vegetal, na medida em que representam um grupo crucial na transição dos organismos fotossintéticos para terra (Pérez et al., *op. cit.*). O crescimento vegetativo do talo das briófitas resulta da divisão, segundo vários planos, de uma única célula apical, ou seja, é constituído por

tecidos produzidos por um meristema apical, uma inovação relativamente aos ancestrais algais (Raven et al., *op. cit.*).

O grupo não constitui, contudo, uma entidade taxonómica, pois inclui uma grande diversidade de espécies, distribuídas, *sensu* Aguiar (2013), por três subclasses: Bryidae (musgos *stricto sensu*), Marchantiidae (hepáticas) e Anthocerotidae (antóceras), correspondentes a três linhagens filogenéticas distintas (Figs 21 e 22). Estima-se que existam entre 13 000 e 20 000 espécies de briófitas no mundo, distribuídas por mais de 1200 géneros, sendo este o segundo grupo de plantas mais diverso, a seguir às plantas-com-flor (Pérez et al., *op. cit.*).

Os musgos são o grupo mais abundante e diversificado, com 12 700 espécies descritas, seguidos das hepáticas, com 9000 espécies, e das antóceras, com apenas 225 espécies referenciadas (Christenhusz & Byng, 2016). Os musgos são cosmopolitas, ocupando uma grande variedade de nichos ecológicos, desde zonas muito frias, a zonas quentes e áridas. Pela sua capacidade de se desenvolverem sobre as rochas, troncos das árvores e no solo, são considerados plantas pioneiras da colonização de habitats, contribuindo, em conjunto com os líquenes, para a formação do solo em locais ainda desprovidos de cobertura vegetal. São determinantes na estrutura e funcionamento de muitos ecossistemas, como as florestas tropicais húmidas, florestas temperadas, tundras e turfeiras do hemisfério norte, mas também nas vertentes de montanhas rochosas, acima do limite de altitude máximo de expansão das árvores (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

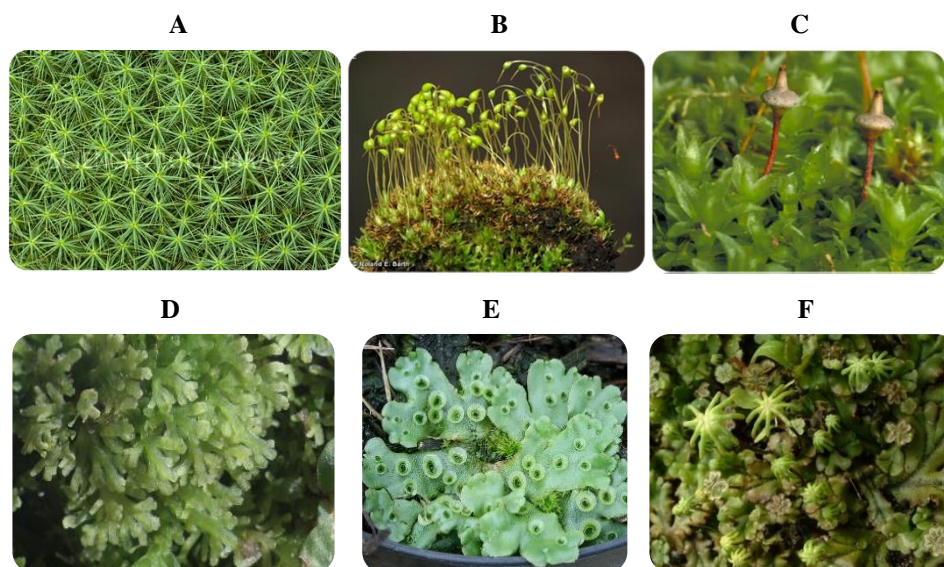


Figura 21 – Exemplos de briófitas atuais. Musgos: A) *Polytrichum commune* Hedw. (gametófitos); B) *Funaria hygrometrica* Hedw. (gametófitos e esporófitos); C) *Tayloria gunnii* (Wilson) J. H. Willis (gametófitos e esporófitos). Hepáticas: D) *Riccardia multifida* (L.) S. Gray; E) *Marchantia* sp. (gametófitos com concetáculos, contendo gemas); F) *Marchantia polymorpha* L. (gametófitos com anterídeos e arquegônios). URL de imagens: A) <http://goo.gl/8IEMM7>; B) <http://goo.gl/AB7guc>; C) <http://goo.gl/4oC50t>; D) <http://goo.gl/MRDOBe>; E) <http://goo.gl/CcKHcr> e F) <https://goo.gl/NAApZW>. As imagens não se encontram à escala.

Os musgos do género *Sphagnum*, com distribuição cosmopolita, ocupam mais de 1% da superfície da terra, atingindo maior diversidade e abundância, nas regiões temperadas e frias do hemisfério norte, onde dominam a vegetação das turfeiras e prados inundados. Têm um papel fundamental no ciclo global do carbono e como componentes fundamentais das turfeiras, são os musgos de maior valor económico, dado que a turfa é um recurso energético muito valioso (Raven et al., 2005.).

Nas briófitas a geração gametófito, que corresponde à fase vegetativa, atinge o seu máximo de desenvolvimento, em complexidade e durabilidade. Mesmo assim, o corpo gametofítico das briófitas, geralmente de cor verde (fotossintético) é frágil, com uma estrutura muito simples. São plantas muito pequenas, ainda que o seu tamanho possa variar de microscópicos, ou alguns milímetros, a mais de um metro, expandindo-se horizontalmente, com ramificações, mais ou menos regulares, verticais nos musgos acrocárpicos (Aguiar, 2013).

O gametófito das antóceras e da maioria das hepáticas é taloso, i.e. tem forma laminar, dorsiventral, prostrada, enquanto o gametófito dos musgos e das hepáticas folhosas apresenta uma estrutura axial, com expansões laminares, caulóides e filóides, que lembram caules e folhas, respetivamente, mas cuja complexidade não é comparável à destes órgãos (Figs 21 e 22). Caulóides e filóides não são estruturas homólogas dos

verdadeiros caules e folhas das traqueófitas, que são esporofíticos. Nestes gametófitos diferenciam-se também estruturas filamentosas simples, análogas a raízes, os rizoides (também presentes nalgumas carófitas, antóceras e hepáticas talosas), cuja função é, essencialmente, a fixação ao substrato (Pérez et al., *op. cit.*, Aguiar, *op. cit.*).

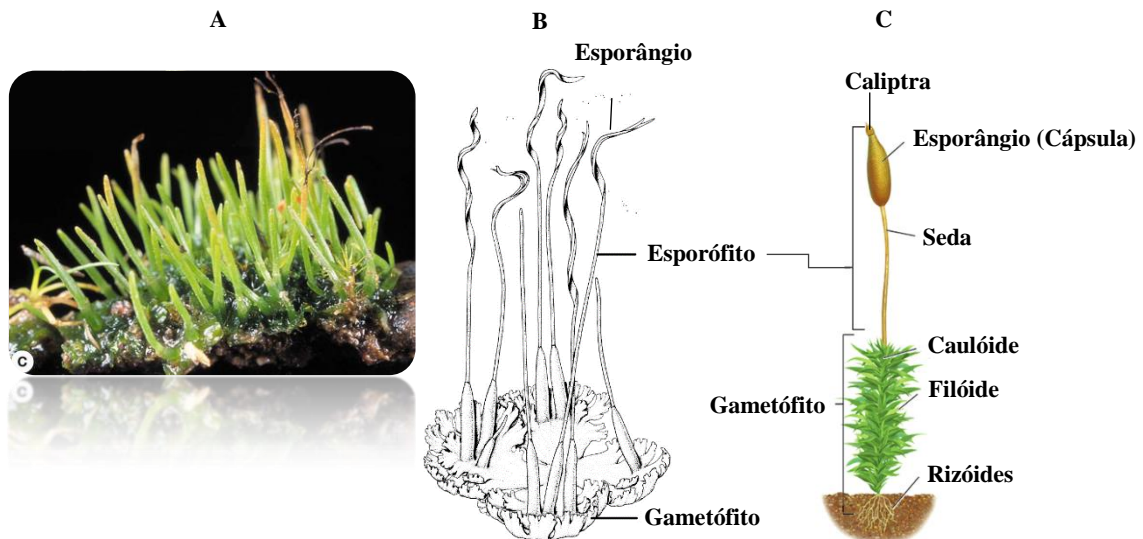


Figura 22 – A e B: morfologia do gametófito e do esporófito de uma antóceras. Fotografia e esquema retirados de Raven et al. (2005). C: esquema da morfologia do gametófito e do esporófito de um musgo acrocárpico, disponível em <http://goo.gl/EAClrZ>.

Os musgos providos de rizoides podem absorver a água e sais minerais através destas estruturas, mas na maioria das briófitas eles são captados através da superfície do corpo de toda a planta, o que faz com que sejam extremamente sensíveis a várias substâncias presentes no solo, água e ar, escasseando ou estando ausentes em áreas muito poluídas. Têm por isso, além de um papel estabilizador importante nos ecossistemas, um enorme potencial de utilização em biotecnologia e bioindicação (Pérez et al., *op. cit.*).

As briófitas são “plantas-não-vasculares” porque não possuem tecidos condutores ou vasculares (xilema e floema) com o desenvolvimento e diferenciação observados nas “plantas superiores” (traqueófitas). O transporte interno de água e nutrientes, minerais e orgânicos, está ausente ou é pouco eficiente, podendo ocorrer lentamente por difusão, célula a célula. A ausência de raízes e de um verdadeiro sistema de transporte, bem como de tecidos de suporte e de lenhina na parede celular, fundamental para impermeabilizar as células e auxiliar na sustentação do corpo da planta, explica o tamanho reduzido das briófitas. O seu crescimento em altura é muito limitado, nunca se elevando muito acima do solo, rochas ou troncos (Aguiar, 2013; Pérez et al., 2011; Raven et al., 2005).

O gametófito das hepáticas e das antóceras não tem elementos condutores. Nalguns musgos mais evoluídos (ordem Polytrichales), existe um cordão vascular central (nos caulóides do gametófito e na seda do esporófito) que, embora desprovido de verdadeiros elementos traqueais e crivosos, contem células que funcionam como elementos condutores rudimentares - os hidroides e os leptoides. Os hidroides são células mortas, desprovidas de citoplasma e de lenhina na parede celular, através das quais circulam água e sais minerais; os leptoides são células vivas, com citoplasma interligado por numerosos plasmodesmos, através das quais são conduzidas as substâncias orgânicas. Na zona de contacto entre o gametófito e o esporófito existem “células de transferência”, que permitem um transporte ativo eficaz a curta distância, assegurando a passagem de nutrientes orgânicos para o esporófito em desenvolvimento. Este “sistema vascular” é, contudo, incipiente e não é homólogo daquele que existe nas traqueófitas e se desenvolve no esporófito. A condução externa de água e dos nutrientes, por capilaridade, através da superfície da planta, é fisiologicamente a mais significativa, mesmo nos musgos em que os sistemas de condução são muito especializados (Aguiar, *op. cit.*; Pérez et al., *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

As briófitas não possuem mecanismos eficazes de regulação dos níveis internos de água e os sistemas de isolamento e impermeabilização são pouco desenvolvidos, o que as torna dependentes da disponibilidade hídrica exterior (água da chuva/no solo e humidade do ar) e muito vulneráveis à dessecação. Pode dizer-se que adotaram, na sua história evolutiva, uma estratégia poiquilo-hídrica - o corpo da planta hidrata rapidamente na presença de água, e seca, entrando em dormência, na sua ausência. Podem permanecer em estado latente, abaixo do nível hídrico mínimo necessário às suas funções metabólicas, tendo a capacidade de recuperar e de retomar essas funções, depois de re-hidratadas. Este fenómeno designa-se por revivescência e explica que haja espécies adaptadas a todos os tipos de habitats terrestres, desde os polos aos trópicos, incluindo os desertos onde chove sazonalmente, com períodos de precipitação intensa de curta duração (Aguiar, 2013; Pérez et al., 2011; Raven et al., 2005).

A reprodução assexuada ou vegetativa, por fragmentação ou por gemulação (Fig. 21 E) é muito frequente nas briófitas. A reprodução sexuada, tal como em todas as plantas terrestres, caracteriza-se por um ciclo de vida haplodiplonte, com alternância de gerações heteromórficas, mas distingue-se pela dominância da geração haploide gametofítica. Segundo Aguiar (2013), as briófitas, *lato sensu*, são homospóricas, mas mais de 50% dos musgos e cerca de 2/3 das hepáticas produzem gametófitos unissexuais, condição que os briólogos preferem designar por anisosporia, em vez de heterosporia. Autores como Wyatt

e Anderson (1984), citados por Aguiar (2013), defendem que o número de espécies dioicas (com gametófitos unissexuais) pode chegar aos 60% do total conhecido, ou seja, menos de metade das espécies (40%) serão monoicas. Neste caso, os esporos maiores, ao germinar, originam gametófitos ♀ e os mais pequenos, gametófitos ♂. As espécies isospóricas produzem gametófitos bissexuados (Aguiar, *op. cit.*).

Tal como as sementes das espermatófitas, os esporos das briófitas necessitam de adsorver água para germinar. Nos musgos, e em muitas hepáticas, os esporos dão origem a uma estrutura filamentosa, semelhante a uma alga pluricelular, conhecida por protonema, do grego “*protos*” (“primeiro”) e “*nema*” (“filamento”) – “primeiro filamento” (Fig. 23). Esta estrutura, muito pouco diferenciada, é uma fase juvenil do gametófito, que não tem paralelo nas plantas-vasculares e é, provavelmente, um resíduo evolutivo da alga ancestral. É do desenvolvimento dos protonemas, por sucessivas mitoses, que resultam os gametófitos. A morfologia do protonema tem valor taxonómico e permite diferentes estratégias de colonização do meio (Aguiar, 2013; Bennici, 2008; Pérez et al., 2011; Raven et al., 2005).

Quando maduros os gametófitos diferenciam, no ápice, gametângios ♀ (arquegónios) e ♂ (anterídeos), mas ao contrário do que sucede nas carófitas, os gametângios das briófitas já possuem uma camada de células estéreis, protetora dos gâmetas. Nos anterídeos são produzidos por mitose, numerosos gâmetas ♂ (anterozoides), flagelados e móveis. No interior do arquegónio encontra-se, imobilizado, um gâmeta ♀ (oosfera). Tal como nas carófitas e nas restantes embriófitas, a reprodução sexuada é oogâmica e a fecundação é interna. Os anterozoides têm de nadar num filme de água, auxiliados pelos flagelos, para alcançar a oosfera, pelo que o encontro e fusão dos gâmetas só é possível em biótopos permanentemente, ou sazonalmente, húmidos. A fecundação é, tal como nas algas ancestrais, dependente da água, o que explica a razão pela qual as briófitas se encontram, preferencialmente, em locais húmidos. Depois de fertilizada por um anterozoide, a oosfera origina um zigoto (primeira célula do esporófito) que fica retido no arquegónio, bem como o embrião multicelular (esporófito jovem), uma característica distintiva das embriófitas (Aguiar, *op. cit.*; Pérez et al., *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

O esporófito cresce sobre o gametófito e acaba por diferenciar um único esporângio, a cápsula, no interior do qual, por meiose, se formam os esporos. Nos musgos acrocárpicos os arquegónios e as cápsulas inserem-se na extremidade de caulóides, mais ou menos eretos, individualizados ou agregados em tufos densos (figura). Nas espécies pleurocárpicas os arquegónios e as cápsulas desenvolvem-se em pequenos caulóides

laterais, muito curtos, inseridos em caulóides mais longos e prostrados (Aguiar, 2013). A morfologia do esporófito é muito simples: é constituído por uma única cápsula, localizada no topo de um eixo polarizado, não ramificado, a seda, de comprimento variável, e mais ou menos vertical (Figs 22C e 23). Durante o seu curto tempo de vida, o esporófito “parasita” o gametófito, i.e. permanece sempre unido à planta-mãe, da qual depende inicialmente a sua nutrição e desenvolvimento. Nos musgos e antóceras o esporófito é clorofilado (Figs 22 A e C), e é menos dependente do gametófito, pelo que tem uma durabilidade superior à do esporófito das hepáticas, que é totalmente dependente do gametófito (Aguiar, *op. cit.*; Pérez et al., *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

A presença de um esporófito multicelular $2n$ e a diferenciação de um esporângio possibilita um maior número de divisões meióticas em relação às algas ancestrais, e, por conseguinte, a produção de maior número de esporos após a fecundação. Os esporângios são multicelulares, com alguma diferenciação: uma camada protetora de células estéreis e um tecido interno produtor de esporos. A parede que reveste os meiosporos contém esporopolenina que lhes confere resistência à decomposição microbiana, em meio húmido, e à dessecação. Tal como nas restantes embriófitas, existe uma alternância de gerações heteromórficas, o que não sucede nas algas filogeneticamente mais próximas (Raven et al. 2005).

Os musgos vulgarmente conhecidos por polítricos (Divisão Bryophyta; Classe Polytrichopsida; Ordem Polytrichales; Família Polytrichaceae, Género *Polytrichum* Hedw., *sensu* Sérgio, Garcia, Sim-Sim, Vieira, Hespanhol & Stow, S. (2013) são plantas dioicas, i.e., existem gametófitos do sexo ♂ e gametófitos do sexo ♀. O seu ciclo de vida ilustra bem a dominância da geração gametófito e a dependência do pequeno esporófito, muito simples, em relação ao gametófito fotossintético (Fig. 23).

A diferenciação celular no ápice do gametófito adulto produz anterídeos, nos gametófitos ♂, e arquegónios, nos gametófitos ♀. Se houver gotículas de água no meio, os anterozoides nadam para o interior do arquegónio, e ocorre a fecundação. Após a fusão da oosfera com o anterozoide, o zigoto origina o esporófito, que se desenvolve no arquegónio, permanecendo ligado ao gametófito ♀.

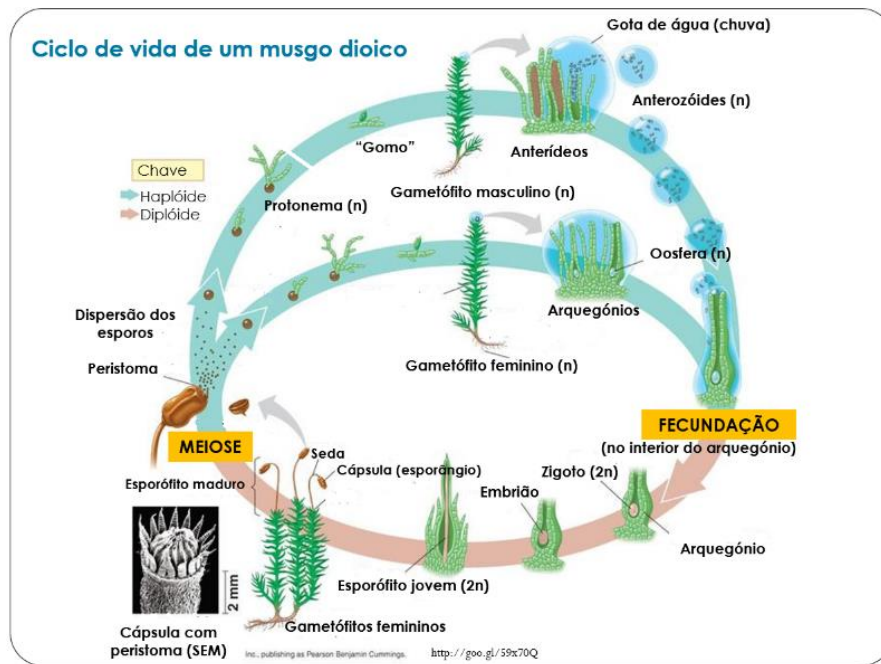


Figura 23 – Ciclo de vida de *Polytrichum* sp. Retirado de Campbell et al. (2008). Reprodução de diapositivo projetado nas aulas de Biologia.

As células-mães dos esporos, localizadas no interior da cápsula, sofrem meiose, da qual resultam dois tipos de esporos – uns de menor dimensão (σ^7) e outros maiores (ρ^7). Após a maturação e abertura dos esporângios, os esporos são libertados e dispersados. Se caírem num substrato adequado, e sob condições ambientais favoráveis, dividem-se por mitose, dando, cada um, origem a um protonema. Os protonemas resultantes da germinação dos esporos σ^7 e dos esporos ρ^7 crescem, por divisões mitóticas, e desenvolvem-se, transformando-se nas plantas adultas – os gametófitos multicelulares σ^7 e ρ^7 , respectivamente (Fig. 23).

3.10.3. *Polypodium* sp. (Plantae: Pteridophyta)

As “pteridófitas” (divisão Pteridophyta, *sensu* “Checklist” da Flora de Portugal, 2011), são os descendentes, na flora actual, mais diretos das primeiras traqueófitas (Aguiar, 2013). São “plantas-vasculares” sem semente, caracterizadas por esporófitos herbáceos ou lenhosos, que ao contrário das plantas-não-vasculares podem alcançar um tamanho considerável. O corpo vegetativo destas plantas já se encontra organizado em órgãos especializados em funções distintas: raízes para fixação, absorção de água e sais minerais; caule para suporte/transporte de solutos e folhas, para fotossíntese (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). O grupo é parafilético e inclui as licófitas, cavalinhas e fetos, conhecidos no

registro fóssil desde o Devónico, tornando-se relativamente abundantes a partir do Carbónico (Raven et al., *op. cit.*).

O aparecimento de tecidos condutores facilitou o aumento do tamanho e a especialização do corpo das plantas, através da segregação espacial de órgãos aéreos fotossintéticos e de um órgão subterrâneo dedicado à captura de água e nutrientes minerais. As raízes terão surgido, de forma independente, nas licófitas e eufilófitas, ou num dos seus ancestrais mais diretos, o que permitiu que a água retida no solo passasse a estar disponível para as plantas. Ao contrário das briófitas, as traqueófitas são homo-hídricas, ou seja, o teor de água do seu corpo, não está em equilíbrio com a humidade ambiental (Aguiar, *op. cit.*).

Estudos filogenéticos mostram que nas primeiras plantas-vasculares o esporófito já era fisiologicamente autónomo relativamente ao gametófito, contrariamente ao que sucede nas briófitas atuais, em que a geração haploide domina o ciclo de vida (Aguiar, 2013; Futuyma, 2009; Raven et al., 2005). Nessas plantas a fase haploide, produtora de gâmetas, era tão complexa quanto a fase diploide, produtora de esporos, i.e., havia alternância de gerações isomórficas (Futuyma, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). Nalgumas Rhyniophyta, porém, tanto os esporófitos como os gametófitos eram autónomos e heteromórficos (Taylor, Kerp, & Hass, 2005, citados por Aguilar, 2013). Foi no grupo das licófitas (Lycopodiidae) (Devónico Inferior), ou nos seus ancestrais diretos, que a geração esporofítica se tornou preponderante e foi também neste grupo que surgiram as primeiras plantas heterospóricas (Aguiar, *op. cit.*).

A progressiva dominância do esporófito, diplonte, nas traqueófitas posteriores deverá estar relacionada com a sua vascularização, que não ocorreu de forma eficiente no gametófito haplonte. A duplicação do genoma terá proporcionado proteção contra eventuais mutações nocivas em meios diretamente expostos às radiações ultravioleta, e permitiu o aumento da diversidade genética sujeita a seleção natural, acelerando, desse modo, as taxas evolutivas das traqueófitas (Aguiar, *op. cit.*).

A divisão Pteridophyta compreende presentemente três subdivisões: Lycophytina (e.g. licopódios e selaginelas), Sphenophytina (cavalinhas) e Filicophytina (e.g. fetos verdadeiros) (“Checklist” da Flora de Portugal, 2011). De acordo com Christenhusz & Byng (2016) estão atualmente descritas ca. 1 290 espécies de licopódios e 10 560 espécies de fetos. Aguilar (2013) indica que na flora nacional atual estão representados quatro dos cinco clados de pteridófitas: as subclasses Lycopodiidae, Ophioglossidae, Equisetidae e Polypodiidae (Fig. 24).

Raven e colaboradores (2005) referem que diversificação dos fetos modernos terá ocorrido no Cretácico Superior, após o estabelecimento das florestas de angiospérmicas, cuja expansão contribuiu também para a radiação dos fetos. Cerca de $\frac{3}{4}$ das espécies de fetos atuais vivem nas regiões tropicais da América e $\frac{1}{3}$ das espécies tropicais são epífitas, mas aparecem também na maioria dos jardins e florestas das regiões temperadas. Apresentam uma morfologia muito diversificada, incluindo algumas espécies com porte arbóreo, pelo que as suas dimensões variam de poucos centímetros, até mais de 20 m de altura, como os fetos arbóreos do género *Cyathea*, cujas folhas têm um comprimento igual ou superior a 5 m.

O tronco destes fetos pode alcançar uma espessura igual ou superior a 30 cm, embora esse espessamento não se deva a um crescimento secundário. *Cyathea cooperi* (Hook. Ex F. Muell) Domin, conhecida como “feto-arbóreo-australiano” ou “feto-arbóreo de Cooper”, é uma invasora importante nos Açores. ([invasoras, 2016a](#)). Outro exemplo é o “feto-arbóreo-da-Tâsmania”, *Dicksonia antarctica* Labill., presente no chamado “Vale dos Fetos” da Mata do Buçaco, uma espécie que pode atingir os 15m de altura e 25cm de diâmetro. Introduzida no século XIX não apresenta registos fora de cultura em Portugal continental, mas está também referenciada como invasora nos Açores ([invasoras, 2016b](#)).



Figura 24 – Exemplos de pteridófitas (esporófitos) que ocorrem em Portugal continental e/ou ilhas: A) *Diphasiastrum madeirense* (J.H.Wilce) Holub (Lycophytina: Lycopodiaceae); B) *Ophioglossum lusitanicum* L. (Filicophytina: Ophioglossaceae), C) *Equisetum arvense* L. (Sphenophytina: Equisetaceae); D) *Polypodium macaronesticum subsp. azoricum* (Vasc.) F.J.Rumsey, Carine & Robba (Filicophytina: Polypodiaceae); E) *Selaginella kraussiana* (Kunze) A. Braun (Lycophytina: Selaginellaceae). Fotografias de Paulo Ventura Araújo e Miguel Porto. Retirado do portal flora-on.pt.

O esporófito é a estrutura mais desenvolvida, mais diferenciada e mais duradoura no ciclo de vida dos fetos, sendo por isso a geração/entidade identificada com a planta. Não existe ainda ramificação dicotómica. O caule é geralmente subterrâneo e horizontal, i.e., um rizoma, que acumula substâncias de reserva e tem raízes laterais, perto da base das frondes (Fig. 25). O cilindro central (estela), do rizoma é do tipo sifonostela, característico do caule (estrutura primária) da maioria das plantas-vasculares. Os rizomas produzem novos conjuntos de folhas todos os anos. As frondes são compostas por folíolos ou pínulas ligadas à ráquis, ao longo do pecíolo ou do caule. Os fetos são as únicas plantas sem semente que possuem megáfilos, os quais constituem a parte aérea, mais visível e desenvolvida do esporófito (Figs 25 e 26).

Os esporângios das pteridófitas estão geralmente localizados na base (e.g. *Isoetes*) ou na página inferior das folhas, frequentemente agrupados em estruturas arredondadas, designadas por soros (Fig. 27). Os soros podem ter o aspeto de linhas, manchas ou pontuações, de cor amarela, laranja, castanha ou negra, e estar, ou não, cobertos por um tecido protetor, o indúsio, uma excrescência especializada da folha.

A ausência/presença, forma e posição do indúsio tem valor taxonómico (Raven et al., 2005). A maioria das espécies são homospóricas, pelo que os seus gametófitos são, normalmente, bissexuais. Nas pteridófitas heterospóricas os megásporos e micrósporos dão, respetivamente, origem a gametófitos ♀ e ♂ (Aguiar, 2013; Raven et al., *op. cit.*).

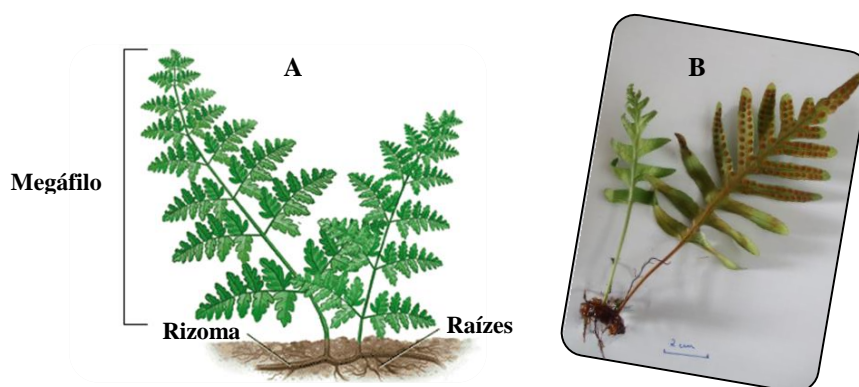


Figura 25 – A) Representação esquemática da morfologia do esporófito de um feto (disponível em <http://goo.gl/zulazH>). B) Feto (polipódio), colhido sobre tronco de árvore no Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, evidenciando estruturas reprodutoras (soros) na página inferior do megáfilo (fotografia de Anabela Morgado).

A subclasse Polypodiidae, ou polipodiófitas (*sensu* Aguiar, 2013), corresponde ao grupo de fetos mais evoluído e mais recente, com origem no Mesozoico (251-66 Ma) ou no Cenozoico (66-0 Ma). São também o grupo mais numeroso de fetos, com ca. 9000 espécies. Os gametófitos têm geralmente a forma de um coração estilizado e os esporófitos possuem folhas de grande dimensão (frondes). Os esporângios localizam-se na página inferior da fronde, solitários ou agrupados em soros protegidos, ou não, por um indúsio.

Designam-se por “fetos leptoesporangiados” pelo facto de a parede dos esporângios apresentar uma única camada de células em espessura. As polipodiófitas são homospóricas, à exceção de duas pequenas famílias, Marsileaceae e Salviniaceae (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). Dentro deste grupo, as polipodiáceas são uma vasta família de fetos (ca. 76 géneros e 4070 espécies, *sensu* Christenhusz & Chase, 2014), que inclui os polipódios (Divisão Pteridophyta; Subdivisão Filicophytina; Classe Filicopsida; Ordem Polypodiales; Família Polypodiaceae; Género *Polypodium* L., *sensu* “Checklist” da Flora de Portugal, 2011).

Os polipódios, constituem um táxone polifilético, com distribuição cosmopolita, que a nível global inclui ca. 70 espécies, ainda que este número seja discutível, devido à complexidade da taxonomia das pteridófitas (Christenhusz, Zhang & Schneider, 2011; Christenhusz & Chase, 2014; Smith et al., 2006). São fetos vivazes, muito comuns, habitando preferencialmente locais húmidos, sombrios. Crescem no solo, em muros e fendas de rochas, ou sobre troncos de árvores. Em Portugal estão referenciadas 5 espécies, distribuídas pelo continente e ilhas: *Polypodium azoricum* (Vasc.) R. Fern. (endémico dos Açores); *Polypodium cambricum* L. (“polipódio austral”); *Polypodium interjectum* Shivas; *Polypodium macaronesicum* A. E. Bobrov (Açores e Madeira); e *Polypodium vulgare* L. (“Checklist” da Flora de Portugal, 2011) (Fig. 26).



Figura 26 - Exemplos de polipódios autóctones em Portugal: *Polypodium cambricum* L.; *Polypodium interjectum* Shivas e *Polypodium vulgare* L. Fotografias de Valter Jacinto e Paulo Ventura Araújo. Retirado do portal flora-on.pt.

Estes fetos reproduzem-se assexuadamente, por fragmentação vegetativa do rizoma, e sexuadamente, apresentando o ciclo de vida haplodiplonte, típico dos fetos homospóricos, com alternância de gerações heteromórficas, independentes, e dominância esporofítica. Os esporângios dos polipódios estão reunidos em soros, não cobertos por indúcio, localizados na página inferior das folhas do esporófito (Fig. 27).



Figura 27 – Soros e esporângios de fetos do género *Polypodium* L., em diferentes fases de maturação. O indúcio está ausente. Em cima, à esquerda, microfotografia obtida em Microscópio Eletrónico de Varrimento - “Scanning Electron Microscope” (SEM). Imagens retiradas de *Science Photo Library*. Reprodução de diapositivo projetado nas aulas de Biologia.

O ciclo de vida inicia-se com a germinação dos esporos, libertados após a maturação e rotura dos esporângios, que originam, cada um, um gametófito bissexuado, o protalo, uma minúscula planta verde, laminar e membranosa, em forma de coração, semelhante ao talo de algumas hepáticas (Fig. 28). Ao contrário das briófitas, o pequeno gametófito taloso das pteridófitas é um estágio de vida muito efémero, sendo o esporófito, de vida livre, muito mais complexo que o gametófito, o estágio perene e dominante no ciclo de vida (Aguiar, 2013; Raven et al., 2005). O protalo passa facilmente despercebido, devido às suas reduzidas dimensões (raramente ultrapassa 10 mm de diâmetro), mas possui rizoides, na superfície central da face ventral, que lhe permitem fixar-se ao solo, e tem capacidade fotossintética, que lhe confere autonomia durante o seu curto tempo de vida (Gilbert, 2000; Moreira, 2012).

Os gametângios ♂ (anterídeos) e ♀ (arquegónios) desenvolvem-se na face ventral do protalo e a sua ordem de aparecimento/maturação, controlada geneticamente, determina se haverá autofecundação ou fecundação cruzada. A reprodução sexuada é, como nas briófitas, oogâmica, os arquegónios, têm a forma de garrafa ou pera, e na sua porção basal, de maior diâmetro (“ventre”), guardam a única oosfera. Os anterídeos são globosos e produzem, por mitose, numerosos anterozoides, flagelados.

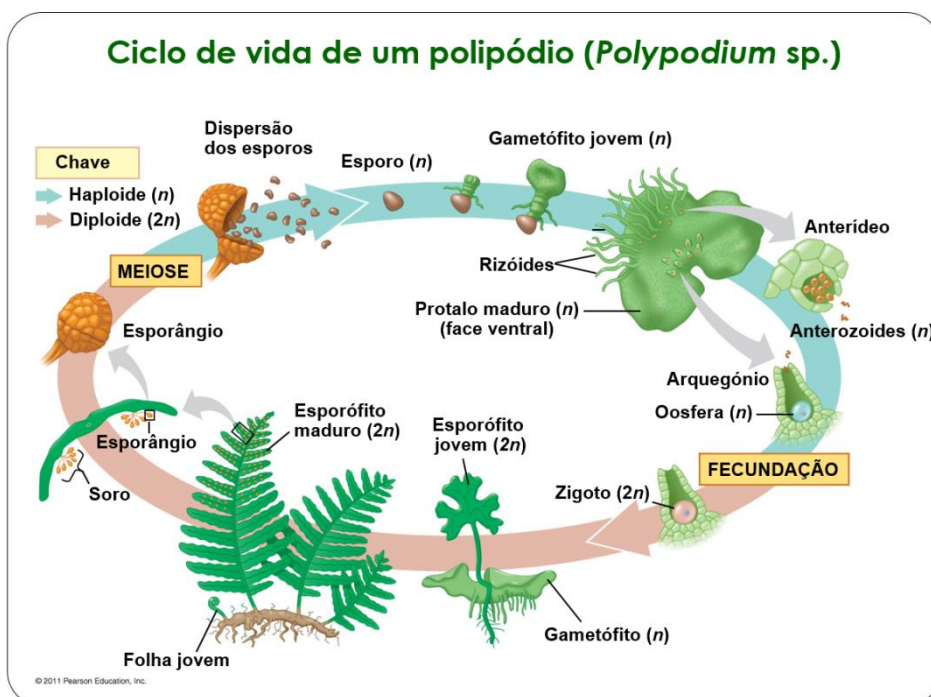


Figura 28 - Representação esquemática, simplificada, do ciclo de vida de um polipódio. Retirado de Campbell et al. (2008). Reprodução de diapositivo projetado nas aulas de Biologia.

Os anterozoides movem-se na película de humidade que envolve o protalo. O arquegônio segrega uma substância mucilaginosa, incolor, para atrair os anterozoides, que penetram neste gametângio através abertura existente na sua extremidade, acabando um deles por se fundir com a oosfera. Desta união resulta um zigoto, retido no gametófito, que se divide por mitose, dando origem a um embrião multicelular - um jovem esporófito diplonte, que só depende do protalo nas fases iniciais do seu desenvolvimento. A partir do momento em que adquire capacidade fotossintética e diferencia raízes e folhas, os tecidos do protalo desintegram-se e o esporófito torna-se independente do gametófito (Aguiar, 2013; Gilbert, 2000; Matias & Martins, 2008).

Embora as pteridófitas tenham desenvolvido várias inovações evolutivas vantajosas em relação às briófitas, a fecundação é ainda dependente da água, uma vez que a deslocação dos anterozoides em direção à oosfera, retida no arquegônio, depende da presença de um filme contínuo de água. Tal como as briófitas, necessitam da disponibilidade permanente de água no meio para completarem o seu ciclo sexuado, razão pela qual são também mais frequentes em habitats húmidos e sombrios. Após a fecundação, o crescimento vegetativo do esporófito, como sucede nas briófitas, pode decorrer com potenciais de água mais baixos no solo. Pode dizer-se, por isso, que também as pteridófitas são seres “anfíbios” (Aguiar, *op. cit.*).

3.10.4. *Pinus pinaster* Aiton (Plantae: Spermatophyta)

As coníferas do género *Pinus* L. (Divisão Spermatophyta; Subdivisão Coniferophytina; Classe Pinopsida; Subclasse Pinidae; Ordem Pinales; Família Pinaceae, *sensu* “Checklist” da Flora de Portugal, 2011) são as gimnospérmicas mais comuns, dominando amplas regiões da América do Norte e Eurásia, conhecendo-se atualmente 90 espécies de pinheiros. Na sua maioria são árvores, mais raramente arbustos, sempre perenifólios e com folhas aciculares muito características (Raven et al., 2005). É difícil estabelecer a área original das espécies de *Pinus* da Europa, pelo facto de se cultivarem há muitos séculos como espécies ornamentais, ou para exploração silvícola, mas no caso do “pinheiro-bravo”, *Pinus pinaster* Aiton (1739), é sabido que ocorre na região mediterrânea ocidental e nas zonas atlânticas do sul de França, Espanha e Portugal, sendo considerada uma espécie florestal autóctone no nosso país, onde ocorre, tanto em pinhais (povoamentos puros) como em povoamentos florestais mistos, em solos ácidos (siliciosos), principalmente arenosos, perto do litoral, mas também sobre xistos em zonas interiores (Flora-on.pt, 2016).

O ciclo de vida do pinheiro-bravo é frequentemente apontado aos alunos como exemplo do ciclo de vida típico de uma gimnospérmica (Fig. 29). Os órgãos dos pinheiros onde se encontram as estruturas reprodutivas são os estróbilos ou cones. Os microsporângios dos pinheiros e da maioria das coníferas formam-se em cones ♂ (microstróbilos) e os megasporângios em cones ♀ (megastróbilos, mais conhecidos por pinhas), na mesma árvore.

Os microstróbilos, que suportam o pólen, nascem geralmente nos ramos inferiores da árvore, e os megastróbilos, que contêm os óvulos, nascem nos ramos superiores, o que implica que o pólen não cai sobre os cones ♀ da mesma árvore, geralmente fecundados por pólenes de outras árvores, ocorrendo assim a fecundação cruzada (Raven et al., 2005). A formação de estruturas reprodutivas no pinheiro-bravo ocorre a partir dos 10 anos de idade, decorridos a partir do estágio de plântula recém-germinada (Aguiar, 2013). A produção de esporos tem início no Inverno ou no princípio da Primavera. Os cones ♂ são geralmente pequenos (1-2 cm de comprimento) e os microsporófilos (escamas polínicas) dispõem-se em espiral.

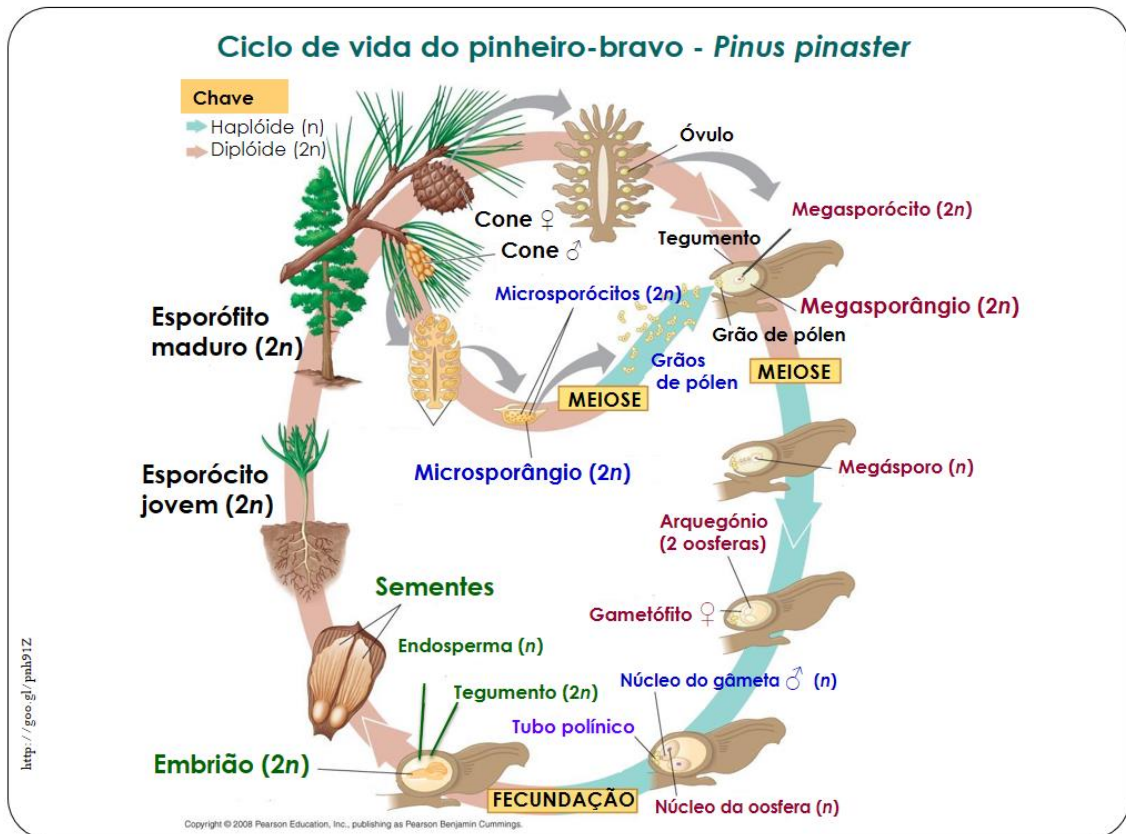


Figura 29 – Representação esquemática simplificada do ciclo de vida de *Pinus pinaster* Aiton. Retirado de Campbell et al. (2008). Reprodução de diapositivo projetado nas aulas de Biologia.

Um microsporângio jovem contém muitos microsporócitos, que sofrem meiose originando tetradas de micrósporos haploides. O núcleo do micrósporo (grão de pólen imaturo) sofre mitoses, dando origem a 4 células: 2 células protaliais (sem função conhecida), 1 célula generativa (relativamente pequena) e 1 célula do tubo (relativamente grande), que constituem o gametófito ♂ (microgametófito), incluso nas paredes do grão de pólen (Fig. 30). Neste estágio de desenvolvimento tetracelular os grãos de pólen alados (providos de dois “sacos aéreos”) são libertados em grandes quantidades, e a sua transferência para a vizinhança dos primórdios seminiais é feita pelo vento, ou seja, a polinização é anemogâmica (Aguiar, 2013; Raven et al., 2005).

Os cones ♀ são muito maiores e estruturalmente mais complexos que os cones ♂. Os megastrobilos são constituídos pela repetição, ao longo de um eixo, de duas escamas: uma escama fértil - a escama ovulífera ou seminífera, situada na axila de uma escama estéril (bráctea), menos evidente. Ambas se dispõem em espiral em torno do eixo do megastrobilo. Na página superior de cada escama seminífera das pinhas desenvolvem-se dois óvulos, ou primórdios seminiais. Nas gimnospérmicas só após a polinização ocorre a

meiose do megasporócito, formando-se, no interior de cada primórdio seminal, um gametófito ♀ (saco embrionário) a partir da germinação de um dos 4 megásporos iniciais. Nas Pinidae, como *Pinus*, o megagametófito é mais simples que noutros grupos de gimnospermas, pois diferenciam-se apenas 2 arquegónios no gametófito ♀ (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

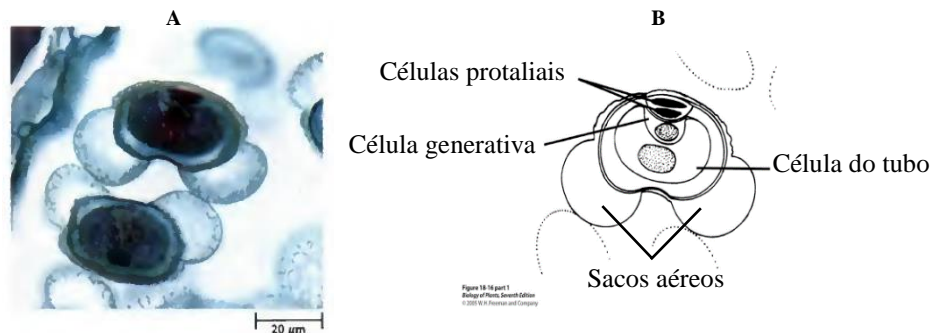


Figura 30 – Microfotografia (A) e representação esquemática (B) do grão de pólen de *Pinus* sp. com o gametófito ♂ imaturo incluído. Retirado de Raven et al. (2005).

Após a polinização, o pólen é capturado por uma gota polínica gerada na proximidade do micrópilo. A germinação do grão de pólen resulta na formação de um tubo polínico, a partir da célula do tubo do gametófito ♂. Antes do tubo polínico alcançar o gametófito ♀, a célula generativa divide-se, originando uma célula estéril e uma célula espermatogénica. A célula espermatogénica divide-se por mitose, produzindo duas células espermáticas (gâmetas ♂), momento em que o gametófito ♂ se torna maduro. Nas Pinidae o tubo polínico coloca os núcleos espermáticos em contacto direto com o núcleo da oosfera (sifonogamia). Só um dos núcleos espermáticos é funcional, fundindo-se com a oosfera 4-6 meses após a polinização (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

Os cones ♀ amadurecem (abrem) um ano e meio após a polinização. Na superfície distal das escamas seminíferas dos megastrobilos maduros encontram-se duas sementes (“pinhões”), com menos de 1 cm de comprimento, de tegumento duro, prolongado numa longa asa membranosa, bem desenvolvida e persistente, uma adaptação à dispersão anemocórica (pelo vento). O tecido de reserva da semente é o megagametófito. As sementes desprendem-se dos estróbilos, ainda na árvore, no final do Verão-início do Outono. Se as condições ambientais (humidade) forem propícias, as sementes originam uma plântula de germinação epígea, com uma pequena roseta de cotilédones verdes e aciculares. (Aguiar, 2013).

3.10.5. Angiospérmicas (Plantae: Spermatophyta)

Nas angiospérmicas, todos os fenômenos relacionados com a reprodução sexuada decorrem na flor, o órgão especializado para a reprodução, exclusivo deste grupo (Fig. 31). Os microsporângios (sacos polínicos) e megasporângios (primórdio seminal, excluindo os tegumentos) localizam-se na parte mais interna da flor, estando geralmente protegidos por um involúcro de pétalas e sépalas (perianto). Os sacos polínicos inserem-se nos estames, e os primórdios seminais (óvulos) estão protegidos no interior de carpelos. Por isso, os estames são interpretados como microsporófilos e os carpelos como megasporófilos (Aguiar, 2013; Raven et al., 2005).

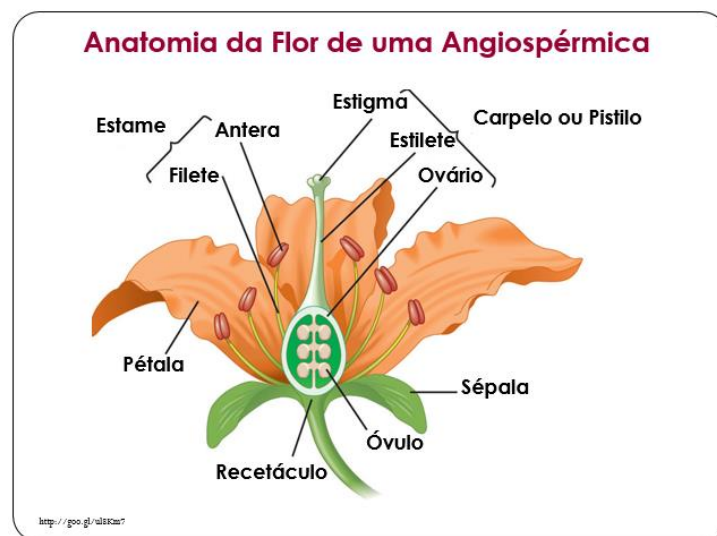


Figura 31 – Representação esquemática de uma flor em corte longitudinal. Retirado de Campbell et al. (2008). Reprodução de diapositivo projetado nas aulas de Biologia.

As etapas da reprodução sexual nas angiospérmicas envolvem, tal como nas gimnospérmicas: *i*) esporogénese (formação dos micrósporos e dos megásporos); *ii*) gametogénese (formação de gâmetas ♂ e ♀); *iii*) desenvolvimento dos gametófitos ♂ e ♀ a partir dos micrósporos e megásporos; *iv*) polinização; *v*) germinação do grão de pólen e desenvolvimento do tubo polínico; *vi*) fecundação; *vii*) embriogénese (desenvolvimento do embrião) e *viii*) formação da semente (Aguiar, 2013).

A microsporogénese (formação dos micrósporos) ocorre nos sacos polínicos, localizados nas anteras (Fig. 31). Cada célula-mãe dos grãos de pólen (= microsporócito) dá origem, por meiose, a 4 micrósporos haploides, todos eles inicialmente férteis. O grão de pólen desenvolve uma parede externa resistente, a exina, que contém esporopolenina, e uma parede interna celulósica, a intina. A exina, rígida e bastante resistente, é

elaboradamente ornamentada. Esta ornamentação tem valor taxonómico, permitindo a distinção ao nível da espécie (Raven et al., 2005).

A maioria das famílias e muitos géneros de plantas-com-flor podem ser identificadas apenas com base no seu pólen, a partir de características como a dimensão, número de poros e ornamentação da parede do grão de pólen. A função da parede é a proteção do microgametófito durante período de transferência do pólen, da antera para o estigma. Devido à natureza química da exina (presença de esporopolenina) os grãos de pólen estão muito bem representados e preservados no registo fóssil, ao contrário do que sucede com outras partes do corpo da planta (e.g. folhas, frutos e flores), o que permite que sejam utilizados como indicadores valiosos de paleofloras e paleoclimas à escala do tempo geológico (Raven et al., *op. cit.*).

A microgametogénese, que consiste no desenvolvimento do microgametófito a partir de um micrósporo, é uniforme nas angiospérmicas, e começa quando o micrósporo unicleado (n) sofre mitose ainda no interior dos sacos polínicos, antes da deiscência (abertura das anteras). O micrósporo divide-se, originando duas células no interior da sua parede: a célula generativa e a célula vegetativa (= célula do tubo), esta de dimensão muito maior.

Na maioria (70 %) das angiospérmicas os grãos de pólen são libertados num estado bicelular. Nos restantes 30% de plantas-com-flor, o pólen é libertado já com três células porque, ainda na antera, a célula generativa dá origem, por mitose, a duas células esperáticas (= gâmetas ♂) – envolvidas pelo citoplasma da célula vegetativa (Fig. 32C). Nos grãos de pólen bicelulares a divisão da célula generativa verifica-se mais tarde, só depois da germinação estigmática, durante o alongamento do tubo polínico no estilete da flor polinizada. O microgametófito maduro é composto apenas por 3 células (Fig. 32C) (Aguiar, 2013; Raven et al., *op. cit.*). Dependendo dos grupos de plantas, o grão de pólen contem amidos ou óleos, que constituem uma fonte de alimento nutritiva para animais polinizadores (Raven et al., *op. cit.*).

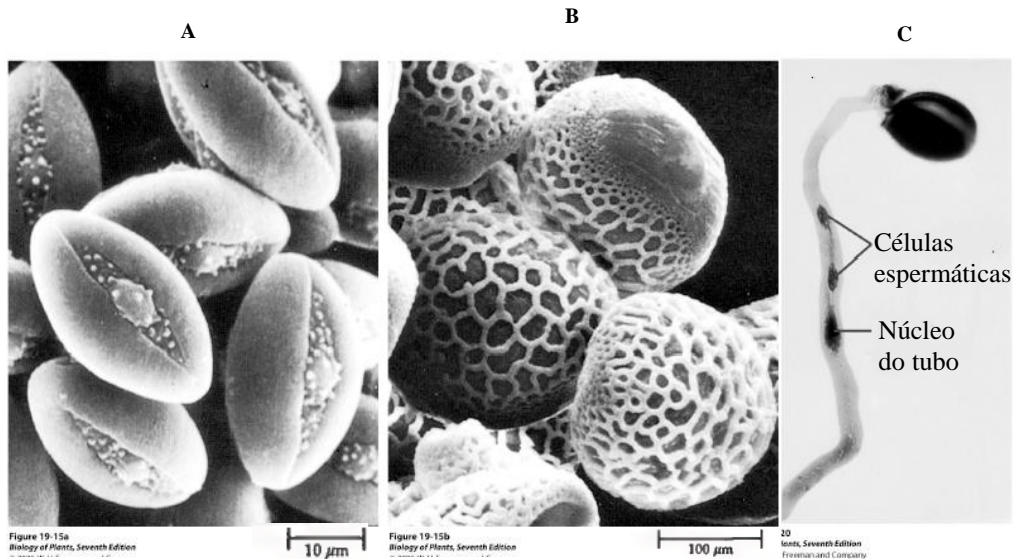


Figura 32 – Microfotografias de grãos de pólen (A e B) e de um microgametófito (C). A) *Aesculus hippocastanum* (Castanheiro-da-índia) - observa-se no sulco de cada grão o poro através do qual emerge o tubo polínico; B) *Lilium longiflorum* – observa-se a superfície da parede ornamentada; C) *Polygonatum* sp. – gametófito maduro ♂. Imagens (A e B) obtidas por MEV (SEM). Retirado de Raven et al. (2005).

A megasporogênese (formação dos megásporos) ocorre no interior do primórdio seminal imaturo, onde o megasporócito (= célula-mãe do saco embrionário) origina, por meiose, 4 megásporos haploides. Geralmente só um dos megásporos sobrevive – o que se situa no polo oposto ao micrópilo (calaza) (Fig. 33). O padrão de desenvolvimento do saco embrionário ou gametófito ♀ (megagametogênese) não é igual em todas as angiospérmicas. Conhecem-se mais de 10 tipos de megagametogênese (Aguiar, 2013).

Nas angiospérmicas basais o saco embrionário tem apenas quatro células e quatro núcleos, condição interpretada como primitiva (Friedman & Williams, 2004, citados por Aguilar, 2013). A maioria (mais de 70 %) das angiospérmicas têm um saco embrionário do tipo *Polygonum*, constituído por 8 núcleos haploides e 7 células: a oosfera, 2 sinérgidas, uma célula central cenocítica, com 2 núcleos haploides (núcleos polares) e 3 antípodas. Estas células resultam de 3 mitoses consecutivas que ocorrem a partir do único megásporo funcional (Fig. 33, B e C). (Aguilar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

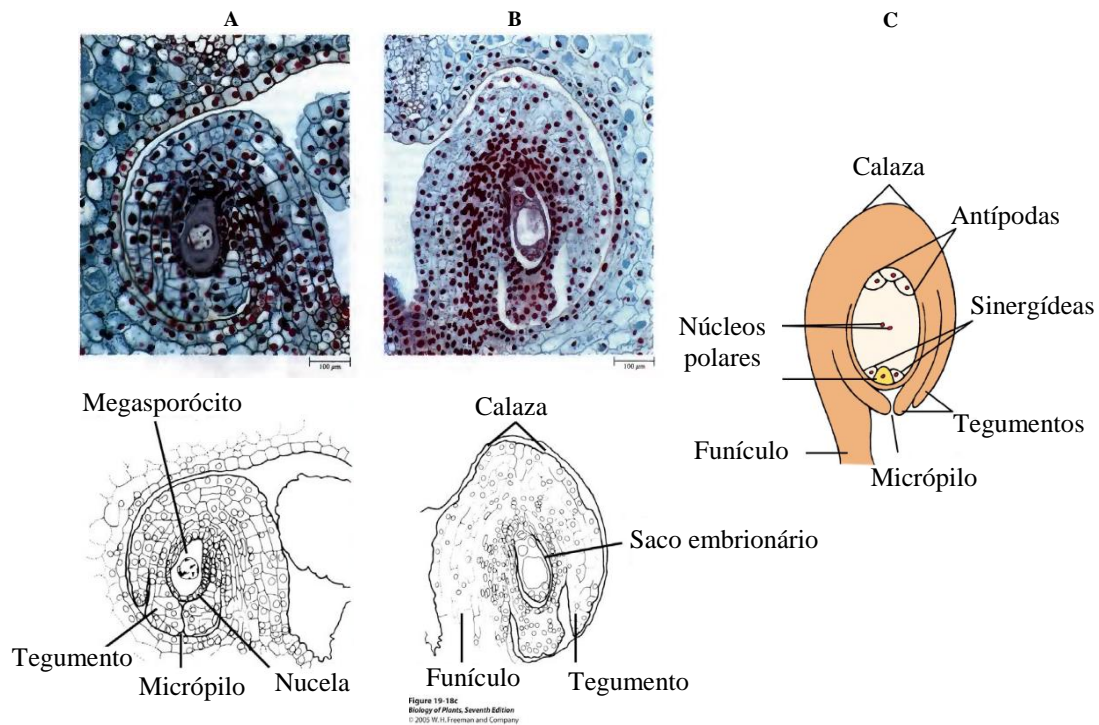


Figura 33 – Microfotografias (em cima) e representação esquemática correspondente (em baixo) do óvulo (A) e do saco embrionário (B e C) de *Lilium* sp (açucena). Microfotografias obtidas a partir do corte longitudinal do ovário da flor. Retirado de Raven et al. (2005).

A polinização corresponde à transferência do pólen (gametófito ♂) dos estames para o estigma de um carpelo ou pistilo por uma variedade de vetores, nomeadamente os insetos (polinização entomófila) (Raven et al., 2005). Há dois tipos fundamentais de sistemas de cruzamento nas angiospérmicas: (i) autopolinização (= autofecundação) – transferência de pólen entre flores, ou dentro de uma mesma flor, de um só indivíduo; (ii) polinização cruzada (= alogamia ou fecundação cruzada) – transferência de pólen entre dois indivíduos. A polinização cruzada é muito mais frequente nas angiospérmicas do que a autopolinização, pois aumenta o sucesso reprodutivo (*fitness*) dos indivíduos, reduzindo desse modo os riscos de extinção de populações, associados à autopolinização, e promove a variabilidade genética à escala do indivíduo (heterozigotia) e da população (diversidade de alelos) (Aguar, 2013).

Se os estigmas estiverem recetivos, menos de uma hora após a captura de pólen, o grão de pólen absorve água da superfície estigmática, hidrata e germina. Este processo depende da viabilidade do pólen e da compatibilidade entre o pólen e o estigma. Se o grão de pólen estiver no estágio bicelular (binucleado) ocorre então a mitose da célula

generativa, que origina as duas células espermáticas durante a formação do tubo polínico. (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*)

Iniciada a germinação, o tubo polínico irrompe por uma abertura da esporoderme do grão de pólen e invade os tecidos estigma, progredindo nos tecidos do estilete, dos quais se alimenta. O metabolismo e alongamento do tubo polínico são controlados pelo núcleo da célula vegetativa. A célula vegetativa, desce pelo estilete, contida no interior do tubo polínico, arrastando consigo as duas células espermáticas incorporadas no seu citoplasma (Aguiar, 2013). O tubo vai-se alongando, de encontro ao micrópilo do óvulo, através do qual penetra no saco embrionário, libertando as duas células espermáticas junto da oosfera e da célula central (sifonogamia). Ocorre então fusão de material genético (singamia): uma das células espermáticas, ou gâmetas ♂, funde-se com a oosfera (gâmeta ♀) e a outra funde-se com a célula central, que contem os dois núcleos polares. Este processo complexo, com intervenção de dois gâmetas ♂ e duas singamias, designa-se por dupla fecundação e é uma inovação evolutiva, exclusiva das angiospérmicas (Aguiar, 2013; Raven et al., 2005).

A fusão de um dos núcleos espermáticos (n) com a oosfera (n) dá origem ao zigoto ($2n$), a primeira célula da geração esporofítica seguinte, cujo desenvolvimento produz o embrião. Da fusão da segunda célula espermática (n) com a célula central ($n+n$) resulta uma célula triploide ($3n$) - a célula-mãe do endosperma, que é o ponto de partida da diferenciação do endosperma, o tecido de reserva da semente, que acontece ao mesmo tempo que a diferenciação do embrião. Por conseguinte, na maioria das angiospérmicas, o endosperma é triploide (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*). A Fig. 34 resume esquematicamente, de forma simplificada, o ciclo de vida de uma planta-com-flor (não está representado o fruto).

Nas angiospérmicas basais o endosperma é diploide, admitindo-se por isso que o endosperma triploide foi adquirido por um antepassado comum das magnoliidas, monocotiledóneas e eudicotiledóneas (Aguiar, 2013.). O endosperma das gimnospérmicas tem origem em células haploides do saco embrionário e, ao contrário do endosperma das angiospérmicas, forma-se antes da fecundação. Por essa razão, o endosperma das gimnospérmicas designa-se por primário e o das angiospérmicas secundário ou albúmen (Aguiar, *op. cit.*). A dupla fecundação, característica das angiospérmicas, só se verifica num pequeno grupo de gimnospérmicas (subclasse Gnetidae), porém o endosperma é haploide, como nos restantes grupos de gimnospérmicas (Aguiar, *op. cit.*; Raven et al., *op. cit.*).

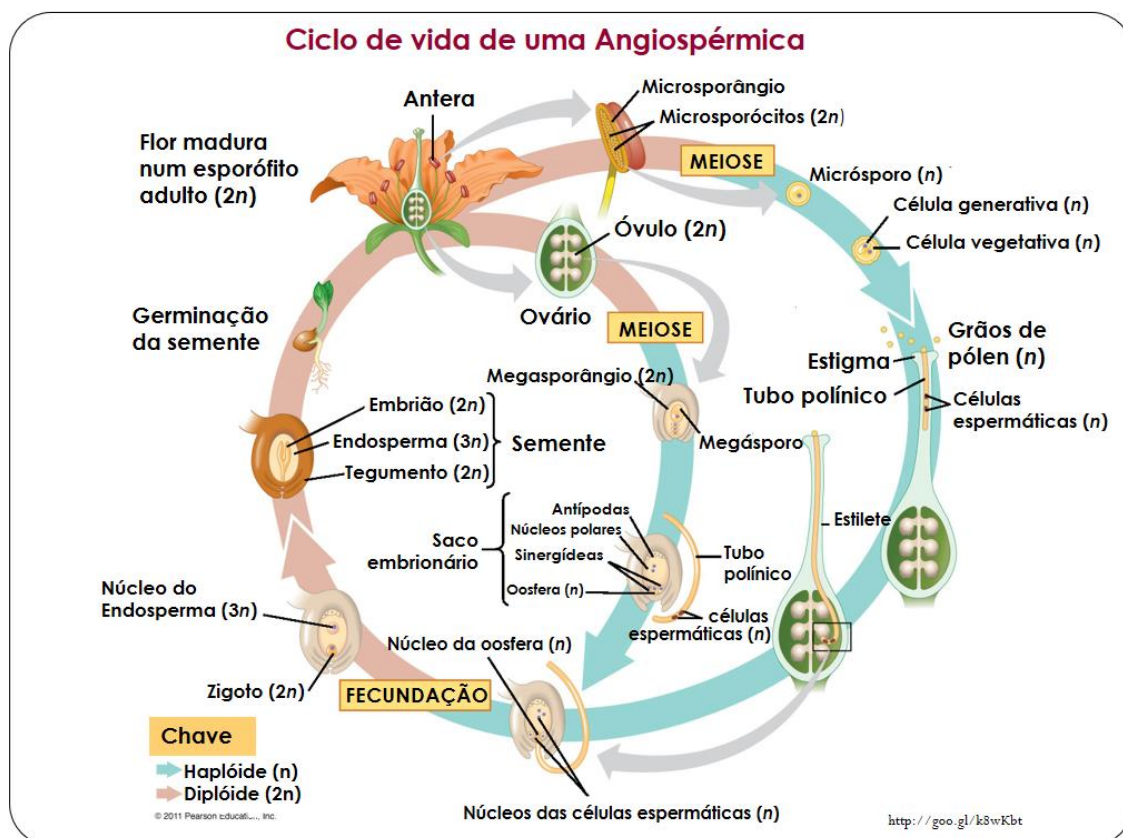


Figura 34 – Representação esquemática simplificada do ciclo de vida de uma angiospérmica. Retirado de Campbell et al. (2008). Reprodução de diapositivo projetado nas aulas de Biologia.

A passagem da etapa de flor à etapa de formação do fruto designa-se por “vingamento”. O desenvolvimento do fruto, a partir das paredes do ovário, depende geralmente do estímulo da fecundação e consequente formação de sementes. A formação da semente envolve a diferenciação e a acumulação de reservas em tecidos especializados, a dessecação e, frequentemente, a entrada em dormência, antes da germinação e emergência da plântula que é o novo esporófito (Aguiar, 2013).

4. Enquadramento científico: Geologia

4.1. Terra: um sistema complexo, em permanente evolução

Em finais do século XVIII, o naturalista escocês James Hutton (1726-1797), um dos visionários fundadores da geologia moderna, escreveu: “A Terra é um sistema dinâmico, cuja superfície está constantemente em transformação, em virtude do calor armazenado no seu interior e dos efeitos causados em superfície pela energia solar” (Carvalho, 2003). Com efeito, a Terra é um planeta sujeito a constantes mudanças, graças à sua atividade geológica, interna e externa, que se manifesta à superfície terrestre, de formas tão diversas, como a ocorrência de sismos, as erupções vulcânicas, as variações do nível médio da água do mar, ou as glaciações. Esta atividade é alimentada por dois poderosos “motores” de calor, um motor interno e outro externo, que convertem a energia calorífica em energia mecânica, ou seja, em movimento (Grotzinger & Jordan, 2010).

O motor interno da Terra é alimentado pela energia do calor retido internamente, na zona mais profunda, durante a formação do planeta, na sequência da sua origem violenta, há ca. 4,6 biliões de anos (Ga). Este calor interno, libertado através da radioatividade, promove movimentações no núcleo e no manto, fornecendo a energia que funde a rocha, move os continentes, ergue montanhas, desencadeia os sismos, a ascensão crustal do magma e a atividade vulcânica, que no seu conjunto são manifestações da geodinâmica interna da Terra.

O motor da geodinâmica externa da Terra, que permanentemente altera e modela a superfície do planeta, é alimentado pela energia radiante do Sol, recebida sob a forma de luz visível, radiações ultravioleta e infravermelha (calor). É neste ambiente de superfície que tem lugar a supergênese, ou seja, o conjunto de processos exógenos, ou de superfície, como a gliptogênese (erosão do relevo); a sedimentogênese (formação dos sedimentos e das rochas sedimentares); a pedogênese (formação e evolução dos solos) e a biogênese (criação e manutenção da vida), que dependem totalmente da energia solar (Carvalho, *op. cit.*; Grotzinger & Jordan, *op. cit.*).

O calor que chega à superfície terrestre aciona o ciclo hidrológico, ao promover a evaporação da água, especialmente a dos oceanos, levada pelos ventos para o interior dos continentes, onde precipita sob a forma de chuva ou neve. O calor do Sol movimenta a atmosfera e os oceanos, sendo responsável pela zonalidade climática da Terra e pelos fenómenos meteorológicos. O clima contribui para a modelação do relevo, pois através de agentes como o calor, a chuva, o vento e o gelo, condiciona a alteração superficial (meteorização) das rochas aflorantes, a gênese e evolução dos solos, a erosão (remoção de

materiais detríticos sólidos) e transporte dos materiais erodidos (sedimentos), desde as áreas-mãe, nas regiões topograficamente mais elevadas, até às regiões mais deprimidas, que constituem áreas deposicionais situadas em contextos de bacias sedimentares. A interação do clima com a litologia determina o tipo de paisagem em todos os lugares da Terra, e é também o clima que determina o tipo de comunidades de seres vivos (*e.g.* plantas e animais) que se estabelecem numa dada região (Carvalho, *op. cit.*; Grotzinger & Jordan, *op. cit.*).

A energia radiante do Sol permite a fotossíntese nos ecossistemas marinhos e terrestres, onde o crescimento do fitoplâncton e das plantas-terrestres, respetivamente, sustentam a maioria das cadeias alimentares. Nos habitats terrestres, a interação dos subsistemas atmosfera, hidrosfera e biosfera (seres vivos) com a litosfera contribui para a alteração das rochas e para a pedogénese. À escala temporal de centenas a milhares de anos, estas interações criam perfis de solos férteis que, para além de permitirem o desenvolvimento das plantas, base das cadeias alimentares, prestam múltiplos serviços ecossistémicos ao Homem e ao planeta (*e.g.* reservatórios e filtros das águas pluviais; regulação de cheias/inundações; sequestro de carbono; decomposição da matéria orgânica / reciclagem dos nutrientes minerais; fontes de recursos genéticos).

Todos os componentes do planeta e todas as interações que entre eles se estabelecem, constituem o Sistema Terra, um sistema complexo, no qual se podem considerar três grandes subsistemas, ou geosistemas: o sistema Clima, associado à geodinâmica externa, o sistema das Placas Tectónicas e o sistema do Geodínâmo, ambos associados à geodinâmica interna. O Clima compreende, por sua vez, os subsistemas atmosfera, hidrosfera, criosfera, biosfera e litosfera, também eles complexos, e as interações que entre eles se estabelecem. O sistema das Placas Tectónicas envolve as interações entre a litosfera, a astenosfera e o manto profundo; e o sistema do Geodínâmo envolve interações entre o núcleo interno e o núcleo externo (Grotzinger & Jordan, 2010).

4.2. Geodinâmica externa e ciclo litológico

A geodinâmica externa corresponde aos processos de superfície do ciclo litológico, ou “ciclo das rochas”, o modelo teórico que explica a criação, alteração, destruição e reciclagem permanente dos materiais geológicos. A origem do conceito de ciclo das rochas pode ser encontrada nos trabalhos de James Hutton. Na sua obra “*Theory of the Earth*”, publicada pela “*Royal Society of Edinburgh*”, em 1788, Hutton defendia uma teoria que articulava, já então, a noção de ciclo litológico, através da formação de novas rochas a

partir dos sedimentos resultantes da destruição de rochas antigas pela meteorização: “... *in every quarter of the globe, and in every climate of the earth, there is formed, by means of the decay of solid rocks, and by transportation of those moveable materials, that beautiful system of mountains and valleys, of hills and plains, covered with growing plants, and inhabited by animals.*” ([Scottish Enlightenment](#), 2016).

Hutton compreendeu os processos de meteorização, de erosão e de deposição de sedimentos, através dos quais se formavam as rochas sedimentares, mas também a origem das rochas magmáticas intrusivas, ou plutônicas, como o granito, formado em profundidade e, posteriormente, soerguido por movimentações naturais da Terra, ao longo de um intervalo de tempo muito vasto, que hoje denominamos por “tempo geológico” ou “deep time” ([ELI](#), 2016). A frase de Hutton, frequentemente citada “...*no vestige of a beginning, and no prospect of an end*”, dizia particularmente respeito ao ciclo das rochas e à sua visão da natureza cíclica, interminável e repetitiva dos processos geológicos ([Fichter, 2014/STRATA](#), 2016).

O ciclo litológico pode definir-se como um movimento cíclico, ininterrupto, do material rochoso, no decurso do qual as rochas são geradas, destruídas e alteradas consoante operem processos de geodinâmica interna ou externa (Skinner & Porter, 1995). O conceito tradicional, patente nos manuais escolares, exprime ainda a visão da escola uniformitarista do século XIX, fortemente influenciada por Charles Lyell (1797-1875) e correspondente ao modelo mais simples do ciclo das rochas, o qual resume o conceito central da Geologia: todas as rochas estão relacionadas entre si e podem transformar-se umas nas outras. Este modelo implica, porém, um ciclo repetitivo, sem que ocorra qualquer tipo de evolução geofísica, o que não corresponde à realidade que se observa. A evolução física do planeta ao longo do tempo é visível sob várias formas, por exemplo, no aumento da diversidade litológica, aumento da dimensão das massas continentais (maior volume de granito), e nas mudanças das províncias tectónicas.

A emergência da Teoria da Tectónica de Placas na segunda metade do século XX, que revolucionou a Geologia moderna com um novo paradigma científico, levou a que o modelo original de ciclo litológico, baseado no conceito de Hutton, fosse substituído pelo modelo interpretativo desenvolvido por John Tuzo Wilson (1908-1993), na década de 1960. Este modelo ficou conhecido como o “Ciclo de Wilson” ou “Ciclo Tectónico das Rochas” e exprime um novo conceito que explica a evolução gradual dos processos geológicos que, ao longo do tempo, conduzem às mudanças físicas do planeta (Fichter, 2014/STRATA, 2016).

A Terra evolui ciclicamente, através de uma sucessão de Ciclos de Wilson, que são ciclos de abertura e fecho dos oceanos (Fichter, *op. cit.*; Ribeiro, 2011). A evolução dos oceanos permite explicar, também, a evolução dos continentes. Dada a natureza cíclica do processo, ele pode ser analisado partindo de qualquer uma das suas etapas, por exemplo, quando se forma nova crosta oceânica e dois continentes se separam. Neste caso o ciclo inicia-se com a abertura de um *rift* (fratura na crosta terrestre) intracontinental, como na África oriental, subsequente subsidência, formação de uma depressão tectónica (bacia de *rift*) e abertura de um novo oceano. Numa fase inicial, surge um jovem e estreito oceano entre dois continentes, como, por exemplo, o Mar Vermelho. Segue-se a gênese e lenta expansão de fundos oceânicos, que pode culminar, na fase adulta do oceano, em larguras tão amplas como as do Atlântico. Numa fase de maturidade o oceano é bordejado por zonas de subdução, como sucede no Pacífico. O alastramento da crosta oceânica leva à convergência com as placas tectónicas vizinhas. Se a velocidade de convergência de placas for superior à da divergência de placas na crista oceânica, o oceano começará a fechar. Na fase de velhice o oceano está quase fechado, como sucede no Mediterrâneo oriental. Numa fase final, ocorre colisão de dois continentes, gerando-se um processo de subdução, com fecho do oceano e formação de cadeias montanhosas – orogénese - no interior dos continentes (Ribeiro, *op. cit.*).

Concluído um ciclo, outro se pode iniciar, geralmente com localização repetitiva no espaço, podendo eventualmente ser distinta do ciclo anterior. Cada volta de um ciclo aumenta a diversidade litológica e adiciona ao planeta um dado volume de rochas magmáticas félsicas, aumentando conseqüentemente o tamanho dos continentes (Fichter, *op. cit.*). Pensa-se que esta sucessão de ciclos remonta a ca. 2 500 Ma atrás, e que anteriormente teria ocorrido uma tectónica por convecção, com células menores, mais rápidas e mais instáveis. (Ribeiro, *op. cit.*).

4.3. Enquadramento das rochas sedimentares no ciclo litológico

Embora existam várias definições para o termo “rocha”, de acordo com diferentes perspectivas de investigação e de utilização de recursos geológicos, uma rocha pode definir-se como um “corpo natural formado por associações estáveis de minerais compatíveis entre si e com o ambiente termodinâmico e químico em que foi gerado” (Carvalho, 2011, p. 401). As rochas são particularmente reconhecidas como as massas formativas da litosfera, *i.e.* o material sólido constituinte da crosta terrestre e, desse modo, associadas às características de dureza e coesão, mas em Geologia o conceito abrange também

formações brandas, pouco coesas, e até mesmo conjuntos de detritos não consolidados, como as areias e as cascalheiras (Costa, 2010). Autores como Grotzinger e Jordan (2010) apresentam um conceito mais amplo, que inclui também os corpos naturais constituídos por matéria sólida não mineral, aqui se incluindo, por exemplo, rochas vulcânicas como a obsidiana e a pedra-pomes, e rochas orgânicas como o carvão fóssil e os “xistos betuminosos”.

O “ciclo das rochas” resulta das interações entre dois dos três geossistemas globais, o sistema clima e o sistema das placas tectônicas. As interações entre estes geossistemas promovem a transferência de materiais e de energia entre o interior da Terra, a sua superfície, o oceano e a atmosfera e resultam na formação dos distintos grupos de rochas (Grotzinger & Jordan, *op. cit.*). De acordo com a sua origem, as rochas são agrupadas em três grupos principais: rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares, que mantêm, em cada caso, uma certa uniformidade de composição e de características.

As rochas magmáticas formam-se por consolidação dos magmas - massas em fusão ígnea, vindas de regiões profundas da Terra. Os magmas arrefecem e solidificam, em profundidade, no interior da crosta, rodeados de outros corpos líticos, originando rochas intrusivas, plutônicas ou abissais (*e.g.* granito, sienito e gabro). Quando alcançam a superfície da crosta designam-se lavas, e dão origem às rochas extrusivas, eruptivas ou vulcânicas (*e.g.* basalto, andesito e riólito). Quando se formam a média-baixa profundidade, próximo da superfície da crosta, designam-se por hipabissais ou subvulcânicas (*e.g.* aplito, pegmatito e dolerito) (Carvalho, 2011; Costa, *op. cit.*; Grotzinger & Jordan, *op. cit.*).

As rochas metamórficas formam-se através da transformação, no estado sólido, de rochas magmáticas, sedimentares ou outras rochas metamórficas preexistentes, devido à ação de agentes de metamorfismo físicos e químicos, como o calor e/ou pressão, que provocam modificações na textura das rochas originais e, muitas vezes, na sua composição mineralógica, devido a recristalizações em que ocorre a formação de novos minerais. Exemplos típicos são os mármore, os gnaisses, as ardósias, os filádios ou filitos, os quartzitos, os micaxistos e os serpentinitos (Carvalho, *op. cit.*; Costa, *op. cit.*; Grotzinger & Jordan, *op. cit.*).

As rochas sedimentares formam-se na interface da litosfera com a hidrosfera, a atmosfera e a biosfera, nas condições ambientais próprias da superfície do planeta. No que respeita à sua génese, elas podem resultar: *i*) da deposição e acumulação, por ação da gravidade, de fragmentos, detritos ou clastos, de outras rochas preexistentes; *ii*) da

precipitação química de substâncias dissolvidas nas águas; *iii*) da acumulação de restos de seres vivos depois de mortos, e *iv*) da edificação, em vida, por certos organismos, de estruturas sólidas como as bioconstruções do tipo recifes de coral, que podem transformar-se em rocha (Carvalho, 2005; 2011).

O ciclo de Wilson permite enquadrar a formação dos três tipos de rochas, umas a partir das outras, e a sua relação de interdependência. Durante a formação de limites divergentes, no processo evolutivo de *rifting*, sedimentos provenientes das zonas interiores dos continentes são transportados para as bacias de *rift*, onde são depositados, soterrados, compactados e cimentados, transformando-se em rochas sedimentares coesas. À medida que a bacia oceânica se expande, o magma ascende das regiões profundas do manto, através da crista meso-oceânica e, em contacto com a água do mar, arrefece e consolida, dando origem às rochas basálticas que formam a crista oceânica. A subsidência (afundamento da litosfera) da margem continental conduz à acumulação e acomodação de sedimentos nesse domínio geotectónico com a consequente formação de sucessões, por vezes bastante espessas, de rochas sedimentares estratificadas.

A crista oceânica, de menor espessura e maior densidade relativa do que a crista continental, é subductada sob a placa continental, originando uma cadeia montanhosa vulcânica. À medida que mergulha lentamente no interior da litosfera, a placa oceânica é sujeita a temperaturas cada vez mais elevadas, acabando por fundir. O magma proveniente da fusão desta placa e do manto ascende, arrefece e consolida, originando rochas graníticas no interior da crista. Os sedimentos e rochas sedimentares da margem continental também podem ser arrastados para a zona de subducção, subductando e sofrendo fusão parcial ou total, contribuindo para formar uma nova geração de rochas magmáticas (Grotzinger & Jordan, *op. cit.*).

A prossecução do fecho da bacia oceânica leva à colisão das placas continentais e à formação de cadeias montanhosas com relevos consideráveis e estruturas dobradas e carregadas no interior de um continente. Na zona de colisão de placas as rochas podem ser metamorfizadas e deformadas pelas elevadas temperaturas e/ou grandes tensões mecânicas (pressão elevada) a que são sujeitas. Podem também ser comprimidas para o interior da crista, onde são afetadas por valores de temperatura e/ou de pressão ainda mais elevados, os quais, mesmo não provocando fusão dos componentes dessas rochas, alteram a sua composição química, mineralógica e/ou textural, por recristalização no estado sólido, transformando-as em rochas metamórficas de metamorfismo regional. A intrusão das massas magmáticas em fusão liberta grandes quantidades de calor que também provoca

metamorfismo de contacto, transformando as rochas envolventes, ou encaixantes, em rochas metamórficas (Grotzinger & Jordan, *op. cit.*).

Os relevos montanhosos forçam o vapor de água a subir, arrefecer, condensar, e precipitar sobre as rochas. As rochas sedimentares, metamórficas e magmáticas, soergidas pela colisão de placas, ficam, deste modo, expostas aos agentes atmosféricos (chuva, neve, gelo, vento) que promovem a sua lenta alteração, à superfície. A desagregação mecânica das rochas gera clastos (do grego *klastós* = fragmento) minerais ou líticos (= rochosos). Estes materiais sólidos, não consolidados, podem permanecer *in situ*, acumulando-se junto da área-mãe, onde foram gerados, constituindo o chamado rególito, mas na maior parte dos casos são posteriormente removidos por agentes erosivos, como a água, o gelo e o vento, e transportados, através dos continentes, principalmente pelas águas de escoamento, pelos rios e pelo vento, para bacias de sedimentação intracontinentais, ou situadas nas margens continentais, na interface com os oceanos, onde são depositados por ação da gravidade.

Uma fração dos sedimentos gerados é retida nos continentes e contribui para a formação dos solos, mas a maior parte desses sedimentos é transportada para o mar. Os rios são os principais agentes de transporte de sedimentos, desde as zonas de montanha, até aos fundos oceânicos, onde são depositados em sucessivos estratos sobrepostos de geometria tabular, dispostos paralelamente entre si, de acordo com o “Princípio da Sobreposição”, e compostos por materiais como a areia, o silte e a argila. Ao serem enterrados, os sedimentos sofrem um conjunto de lentas transformações, bióticas e abióticas, e litificam, convertendo-se em rochas sedimentares (Grotzinger & Jordan, 2010).

4.4. Ambiente sedimentar: etapas de formação das rochas sedimentares

Contrariamente aos ambientes de profundidade, que constituem o domínio das rochas metamórficas e magmáticas, o ambiente sedimentar é um ambiente de superfície, uma vez que as rochas sedimentares se formam nas condições de pressão, temperatura e quimismo aí existentes, em contacto com a água, o ar e os seres vivos (Carvalho, 2003; Dias, Guimarães & Rocha, 2008; Silva et al., 2008).

Enquanto as rochas magmáticas (= ígneas) e metamórficas, representam, no seu conjunto *ca.* de 95% do volume da crosta terrestre, as rochas sedimentares (e sedimentos) representam apenas *ca.* de 5% desse volume. É de salientar, contudo, que muitas rochas metamórficas derivam da transformação de rochas sedimentares preexistentes, assim como a maior parte dos granitos e outras rochas afins, de anatexia, resultantes da fusão parcial de rochas sedimentares e metamórficas – se estas formações litológicas forem contabilizadas

a representatividade do volume crustal das rochas sedimentares aumenta significativamente. Em contrapartida, as rochas sedimentares cobrem *ca.* de 75%, ou mais, da área dos continentes e a maior parte dos fundos marinhos, ainda que nestes a espessura que representam seja muito menor que na crusta continental ou seja, cobrem a grande maioria da superfície terrestre, emersa e submersa (Fig. 35) (Carvalho, 2005; Dias, 2004; Grotzinger & Jordan, 2010).

A formação das rochas sedimentares compreende duas etapas fundamentais: a sedimentogénese e a diagénese (Carvalho, 2003; Dias et al., 2008; Grotzinger & Jordan, *op. cit.*; Nichols, 2009; Silva et al., 2008). A primeira inicia-se com a génese ou elaboração dos elementos constituintes de todas as rochas sedimentares - os sedimentos. Segundo Carvalho (2003), o termo “sedimento” (do latim *sedimentum*), proposto, em 1875, pelo alemão Arnold Lasaulx (1839-1886), refere-se a toda partícula sólida em suspensão num fluido e que assenta, por gravidade, quando em repouso.

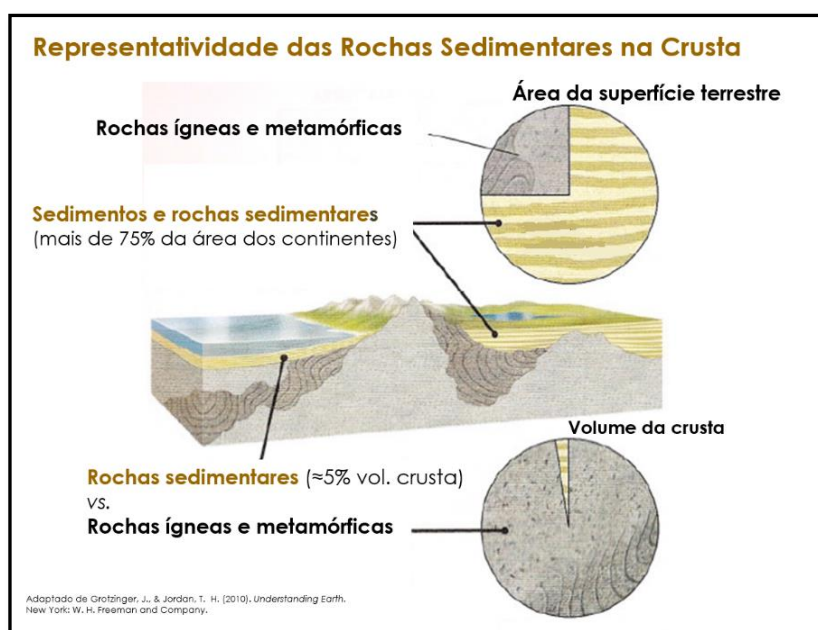


Figura 35 – Valores percentuais relativos das rochas exógenas (= sedimentares) e endógenas (= ígneas + metamórficas) em área de superfície e volume da crusta terrestre. Retirado de Grotzinger & Jordan (2010).

4.4.1. Sedimentogénese

Esta etapa do ciclo sedimentar compreende, como o próprio nome indica, à génese dos sedimentos, à sua remoção e transporte a partir da área-mãe, culminando na deposição, ou sedimentação, em bacias sedimentares, continentais ou marinhas. O conceito de sedimento abrange não só as partículas de origem terrígena (blocos, seixos, cascalho,

areão, areias, silte e argila, em função da sua granulometria) como também as partículas biogénicas, i.e. de origem orgânica - restos esqueléticos ou bioclastos (*e.g.* fragmentos de conchas, de ossos, ou de plantas).

4.4.1.1. Alteração ou meteorização das rochas

A origem de muitos sedimentos está relacionada com a alteração meteórica- ou meteorização- das rochas, que é o processo geral através do qual todas as rochas superficiais, uma vez expostas às condições de pressão e temperatura características da interface entre a litosfera, a atmosfera e a hidrosfera, sofrem modificações físicas e químicas, mais ou menos acentuadas, sobretudo as rochas endógenas, geradas em profundidade no interior da crosta. À medida que estas rochas são soerguidas e se distanciam da sua zona de origem, vão sendo sujeitas a mudanças resultantes das progressivas fases de adaptação dos seus minerais, e da própria rocha, no seu todo, às novas condições de ambientes cada vez mais próximos da superfície, i.e. valores de pressão e de temperatura muito mais baixos, presença de seres vivos, água, oxigénio, dióxido de carbono, e outros gases atmosféricos (Carvalho, 2003; Grotzinger & Jordan, 2010). A resposta dos minerais, originalmente em equilíbrio com as condições físico-químicas em que foram gerados, no interior da litosfera, à transição para as condições ambientais de superfície designa-se por epimorfismo (Carvalho, *op. cit.*).

A alteração das rochas magmáticas e metamórficas pode iniciar-se ainda em profundidade (= alteração hipogénica ou deutérica), sobretudo em climas tropicais húmidos e devido à ação de soluções hidrotermais ascendentes, mas este tipo de alteração é distinto da alteração meteórica, devida à exposição aos agentes externos. A caulinitização e a sericitização dos feldspatos, a moscovitização e cloritização da biotite, e a serpentinização da olivina são exemplos de alteração hipogénica, que, quando ocorre, antecede a meteórica, facilitando-a, uma vez que coesão da rocha já está diminuída (Carvalho, 2003).

A meteorização corresponde, por conseguinte, à fase do ciclo litológico durante a qual as interações que se estabelecem com o ar, a água e os seres vivos vão alterando gradualmente as rochas, convertendo-as noutros produtos, em equilíbrio estável com as novas condições termodinâmicas e químicas prevalentes em meio subaéreo. Estes processos conduzem à desagregação da rocha e, muitas vezes, à destruição, parcial ou total, dos seus minerais originais. Sem meteorização não poderia ocorrer pedogénese, ou seja, a formação e evolução dos solos, o que, por sua vez, não teria permitido a

emergência, estabelecimento e evolução das comunidades de plantas terrestres nos continentes, e não existiria, por conseguinte, a diversidade e complexidade de formas de vida e de ecossistemas terrestres que hoje se observam no planeta (Carvalho, *op. cit.*; Grotzinger & Jordan, *op. cit.*). As alterações sofridas pelas rochas são muito variadas, mas, por razões de conveniência, considera-se serem predominantemente químicas ou físicas (= mecânicas), distinguindo-se, assim, dois tipos essenciais de meteorização: química e física.

i. Meteorização química

A meteorização química corre quando as rochas sofrem alterações na sua composição química e/ou mineralógica, e deve-se a diversas reações químicas, que ocorrem na rocha em contacto com o ar e na presença da água. Vários tipos de reações podem ocorrer entre a água e os minerais (*e.g.* hidrólise, dissolução e hidratação), assim como reações de oxidação-redução, resultantes do contacto dos minerais com o ar atmosférico e com a água.

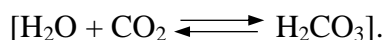
Os seres vivos, como os microrganismos, plantas e animais, também promovem a alteração química das rochas, através de reações entre os minerais e certos produtos do seu metabolismo, em vida, ou produtos resultantes da sua decomposição, depois de mortos (Carvalho, *op. cit.*). Este tipo de alteração diz-se bioquímica ou bioquimiogénica e acontece, por exemplo, quando as rochas são alteradas à superfície, por ácidos orgânicos excretados por organismos que as colonizam, como líquenes e musgos, ou no solo, ao nível da rizosfera, no caso das plantas superiores.

Nas reações de dissolução os minerais reagem com a água ou com um ácido, as ligações iónicas são quebradas e os aniões e catiões de uma molécula separam-se, sendo libertados para a solução. As rochas salinas ou evaporíticas, como o salgema, são alteradas pela chuva, e todo o material pode ser dissolvido e arrastado pela água, sob a forma de iões em solução. Um exemplo típico é a dissolução da halite (NaCl), o mineral evaporítico que constitui o salgema puro: $[\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-]$.

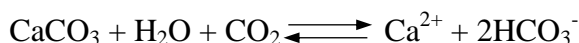
Estas reações afetam particularmente as rochas sedimentares carbonatadas, que são as que contêm mais de 50 % de carbonatos de origem sedimentar (ou secundários) sobretudo, calcite e aragonite (polimorfos de fórmula química CaCO_3) e dolomite, um carbonato de cálcio e magnésio $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ Estas rochas compreendem dois grupos principais, os calcários, onde predomina a calcite, e os dolomitos, em que predomina a dolomite, existindo, naturalmente, entre ambos, rochas com características intermédias (Carvalho, 2006), assim como outras mistas, com uma fração terrígena, de que são

exemplos as margas, margas calcárias, calcários margosos e gresosos

A dissolução da calcite envolve a sua reação com o ácido carbónico (H_2CO_3) resultante da dissolução do dióxido de carbono atmosférico (CO_2) na água da chuva:



Quando as águas pluviais atravessam a atmosfera, dissolvem o CO_2 e conduzem-no, sob a forma iónica, para os rios e para os mares. O carbonato de cálcio (CaCO_3) reage com o ácido carbónico (H_2CO_3), formando-se catiões de cálcio (Ca^{2+}) e aniões de bicarbonato (HCO_3^-) sendo a equação global:



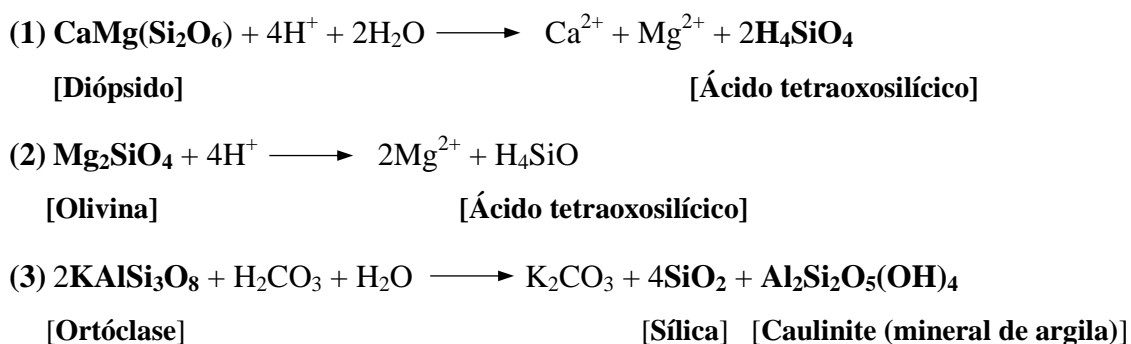
Esta forma de meteorização química é a que origina o chamado modelado cárstico, muito característico dos maciços calcários. Os calcários carsificados são os que sofreram a dissolução do carbonato de cálcio pelas águas das chuvas contendo dióxido de carbono em solução (águas gasocarbónicas) (Carvalho, 2006). A dissolução dos calcários pelas águas naturais circulantes resulta em efeitos diversificados na rocha, quer à superfície (*e.g.* sulcos como os lapiazes), quer no interior dos maciços calcários, podendo a morfologia subterrânea ser muito diversificada, incluindo grutas, galerias e rios subterrâneos. As dolinas, algares, canhões fluvio-cársticos e buracas são exemplos da variabilidade do modelado cárstico.

Em Portugal podemos observar este tipo de paisagem, por exemplo, no Maciço de Sicó (entre os concelhos de Condeixa-a-Nova, Pombal e Alvaiázere), no Vale das Buracas (Casmilo, Furadouro). Existem muitos exemplos a nível nacional e internacional. Na China é famosa a “[floresta de pedra](#)” (= [Shilin](#)), em Kunming, formada há *ca.* 270 Ma. O nome deste tipo de relevo provem da região do Carso (*Kras* em esloveno) e alude ao seu [planalto rochoso calcário](#) que se estende por três países: norte de Itália, Croácia e Eslovénia ocidental. *Karst* é o termo correspondente em alemão, pelo qual o relevo é mais conhecido. Esta região inclui as [Grutas de Škocjan](#) e de [Postojna](#), na Eslovénia, Património Mundial da UNESCO, visitadas anualmente por milhares de turistas ([Cunha, 2003](#); [NGS Encyc.](#); [NGS Sc.](#); [NGS Tr.365](#), [1996-2016])

A hidrólise é um processo de alteração dos minerais, e, por conseguinte, das rochas, que resulta na formação de novos compostos em presença dos iões H^+ e OH^- provenientes da dissociação iónica da água. Intensifica-se quando o teor de hidrogeniões no meio aumenta, i.e., quando o pH da solução diminui, seja por influência do CO_2 atmosférico ou de ácidos orgânicos do solo e outros ácidos, formados em resultado da poluição urbana e

industrial. Como o pH da água das chuvas e das águas correntes varia entre 4 e 6,5, estas são bons agentes de hidrólise. O facto de o pH da água do mar ser de 8, justifica a quase ausência de reações de hidrólise nos ambientes marinhos (Carvalho, 2003; 2011).

As reações de hidrólise podem culminar na desintegração completa do mineral original, como acontece com a hidrólise do dióxido (mineral do grupo das piroxenas) e da olivina (exemplos 1 e 2), ou resultar na formação de novos minerais, como sucede com os feldspatos, minerais pouco resistentes à meteorização, comuns em muitas rochas magmáticas e metamórficas, que se dissolvem parcialmente, produzindo sílica, que fica em solução, e originando novos minerais de argila (exemplo 3). A ortóclase, um feldspato potássico comum no granito, reage com o ácido carbónico e com a água, formando-se assim um resíduo sólido (pó) de caulinite (um filossilicato de alumínio hidratado - mineral argiloso) e de iões de sílica e potássio, que ficam em solução aquosa. A esta reação dá-se o nome de caulinizacão. (Carvalho, 2003; Dias et al., 2008).

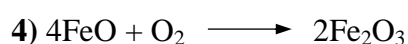


Estas reações são mais frequentes em regiões tropicais, quentes e húmidas, com elevada pluviosidade, aumentando com o teor de água no meio e com a temperatura ambiente. Por isso a caulinite é particularmente abundante nestas regiões, resultando da meteorização de rochas ricas em feldspatos e feldspatóides. As reações de hidrólise são escassas ou nulas nas regiões áridas, muito frias ou muito quentes (Carvalho, 2003; Grotzinger & Jordan, 2010).

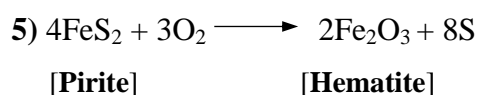
Vários aniões e catiões são subtraídos aos minerais das rochas (*e.g.* feldspatos, anfíbulas, piroxenas) através dos processos de meteorização química, sendo transportados, em solução, através dos rios, para o mar. Estes iões são a principal fonte de matéria dissolvida nos oceanos. Nos lagos ou no mar serão incorporados em rochas sedimentares como calcários, dolomitos, silicitos e muitas outras, diretamente, por precipitação química, ou depois de passarem por diversos organismos, que os utilizam na edificação dos seus esqueletos e carapaças, de composição carbonatada e siliciosa, entre outras (Carvalho, 2003).

Outro caso de meteorização química são os processos de oxidação e redução, indissociáveis na Natureza, pois a ocorrência de uma reação de oxidação implica uma reação de redução e vice-versa. Na oxidação ocorre perda de elétrons por parte de um átomo ou de um ião, e, inversamente, na redução há um ganho de elétrons. O elemento que perde e cede elétrons a um segundo elemento diz-se oxidado, e aquele que os recebe diz-se ficar reduzido. O mais eficaz agente de oxidação é o oxigénio, relativamente abundante no ar atmosférico e, em menor percentagem, nas águas naturais (ambientes fluviais e marinhos). Quando um átomo de oxigénio, não ionizado, se combina com outros elementos, ganha elétrons, transformando-se num anião de oxigénio (O^{2-}). O oxigénio é, deste modo, reduzido, e o elemento que lhe cedeu os dois elétrons foi oxidado (Carvalho, *op. cit.*).

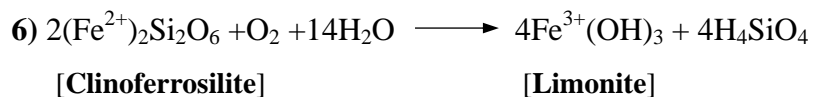
O ferro é, entre os elementos químicos comuns nas rochas, o mais afetado pelo processo de oxidação-redução, pois oxida-se com muita facilidade, quer em contacto com o ar, quer em contacto com a água. O processo que leva à formação da ferrugem (exemplo 4) resulta da oxidação do ferro ferroso (a forma reduzida: Fe^{2+}), que perde um elétron e se transforma em ferro férrico (a forma oxidada: Fe^{3+}):



Outro exemplo é a oxidação da pirite (5), um sulfureto de ferro, que leva à formação de um novo mineral, a hematite:



A meteorização dos silicatos ferromagnesianos envolve, entre outras alterações, a oxidação do ferro bivalente em ferro trivalente e a formação de óxidos e hidróxidos, como a hematite (Fe_2O_3) e a goethite [$FeO(OH)$]. A oxidação da clinoferrosilite (grupo das piroxenas) resulta na formação de limonite (exemplo 6):



ii. Meteorização física

A meteorização diz-se física, quando a rocha sólida se fragmenta e desagrega por processos mecânicos sem que haja alteração da sua composição química ou mineralógica inicial, ou seja, a rocha perde apenas coesão, por separação dos grãos minerais constituintes. Deste tipo de meteorização resultam fragmentos, detritos ou clastos, de

dimensões variáveis, que correspondem aos sedimentos terrígenos. A desagregação mecânica da rocha produz partículas de tamanho mais reduzido, aumentando a área total de superfície rochosa exposta ao ar, água e ação dos seres vivos, facilitando a atuação destes agentes, ou seja, potenciando a meteorização química e bioquímica (Carvalho, 2003; Dias et al., 2008). A alteração também pode considerar-se biomecânica quando a desagregação resulta de tensões criadas pelo crescimento de raízes que penetram, através de discontinuidades, no interior da rocha, ou quando há atividade escavadora em rochas brandas (e.g. arenitos pouco coesos) e no solo, para construção de galerias, tocas e ninhos, por invertebrados (e.g. anelídeos e artrópodes) e vertebrados (e.g. mamíferos e aves).

Exemplos de meteorização física associada ao frio são a crioclastia (do grego *kryos* = frio, glacial + *klastos* = quebrado), i.e. a fraturação das rochas devida à pressão exercida por cunhas de gelo, resultantes do congelamento da água que preenche poros, fissuras e fendas nas rochas. Note-se que as rochas aflorantes não são, por norma, corpos homogêneos e contínuos. O efeito de cunha, por aumento da tensão mecânica no interior da rocha, deve-se à expansão da água, a qual, ao solidificar, passa a ocupar um volume superior ao que ocupava no estado líquido, contribuindo para o alargamento de discontinuidades preexistentes (Carvalho, *op. cit.*; Dias et al., *op. cit.*).

A haloclastia (do grego *halos* = sal) potencia também a abertura de fendas e interstícios nas rochas devido à cristalização de sais, após evaporação de águas contendo sais minerais dissolvidos, que previamente se infiltram nas discontinuidades rochosas. A hidratação de sais anidros (e.g. quando a anidrite se transforma em gesso) produz o mesmo efeito (Carvalho, *op. cit.*).

A disjunção esferoidal (descamação “em cascas de cebola”) é um fenómeno resultante da alteração mecânica de rochas intrusivas, como o granito, devida a variações acentuadas de pressão litostática a que estas rochas são sujeitas, quando ascendem de uma zona profunda, no interior da crosta, para a superfície. A ascensão da rocha pode ser devida a causas tectónicas (soerguimento), seguindo-se a erosão das rochas suprajacentes, que permite uma expansão dos materiais por descompressão, uma vez que a tensão anteriormente exercida sobre eles, pelas rochas encaixantes, desaparece com a remoção dessas rochas (Carvalho, *op. cit.*).

Outro exemplo de meteorização física é a termoclastia (do gregos *thermos* = calor) que corresponde à fragmentação da rocha em resultado de variações amplas e repetidas de temperatura, sendo típica de regiões desérticas com climas marcados por grandes amplitudes térmicas diurnas e noturnas, que provocam dilatações e contrações dos

minerais. No deserto do Sahara, por exemplo, as amplitudes diárias podem ser da ordem de 70°C, as rochas estalam e desagregam-se frequentemente devido à alternância cíclica dos fenómenos de dilatação e contração dos materiais (Carvalho, *op. cit.*).

Para além de fendas e poros, as rochas apresentam descontinuidades ao longo de certos planos estruturais, nomeadamente as juntas de estratificação, que são planos de separação entre as camadas de rochas sedimentares, e as diáclases (do grego *dia* = em dois, e *klasis* = fratura, rotura), ou juntas de tensão, que são roturas que surgem ao longo de superfícies, mais ou menos planas, que se desenvolvem nas rochas maciças intrusivas, como o granito, durante a sua ascensão e deformação no interior da crosta, após o arrefecimento e consolidação do magma (Carvalho, *op. cit.*).

Estas diáclases, que se cruzam nas três direções do espaço, criam uma rede de planos de fratura, que definem blocos sensivelmente paralelepípedicos, sem deslocamento dos diversos componentes do maciço rochoso. A infiltração e a circulação de águas através da rede de diáclases dos granitos promove um tipo de alteração conhecida por “arenização”, que leva à desagregação dos grãos minerais, arrastados pelas águas de escorrência, e à consequente perda de coesão da rocha. As arestas e os vértices dos blocos, definidos pelos três planos principais de diáclases, estão mais expostos aos agentes meteóricos, e por isso são mais rapidamente alterados, acabando por arredondar (Carvalho, *op. cit.*; Dias et al., *op. cit.*).

A continuação dos processos de meteorização e erosão, ao longo do tempo, conduz à formação de uma paisagem granítica conhecida por “caos de blocos”, formada por amontoados de blocos arredondados, de dimensões variáveis, dispersos de uma forma mais ou menos irregular. Este tipo de paisagem pode observar-se, no nosso país, em regiões como o Parque Nacional da Peneda-Gerês, Serra do Caramulo, Serra da Estrela e Serra da Gardunha. Os blocos mais pequenos são destruídos mais rapidamente, restando, por vezes, um bloco maior, mais resistente, que, uma vez arredondado, pode “baloçar”, tomando a designação de “pedra bulideira”. Estas geoformas são comuns nas regiões graníticas do norte de Portugal, como Alijó, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Montalegre, Candoso (Vila Flor) e Sezures. (Carvalho, 2003). Outras formas interessantes são as “bolas com fissuração poligonal” - blocos graníticos moldados pela circulação de água subterrânea, segundo o sistema de fraturas que origina a fissuração. Estas bolas podem ver-se, por exemplo, na Serra da Gardunha, [Geoparque Naturtejo da Meseta Meridional](#) (Rodrigues & Carvalho, 2012)

A meteorização física é mais importante nas regiões do globo em que disponibilidade de água no estado líquido é muito baixa, ou seja, em zonas áridas, extremamente quentes ou extremamente frias, como as regiões glaciárias, periglaciárias e de alta montanha, onde a vegetação é escassa e, conseqüentemente, a atividade biológica é muito baixa. Nas restantes zonas, que correspondem à maior parte das terras emersas, a alteração mecânica das rochas perde importância em favor dos processos químicos e/ou bioquímicos, aí dominantes, podendo considerar-se, por isso, que a meteorização física tem um papel secundário entre os processos de alteração das rochas à superfície. Nas regiões quentes e húmidas, como na floresta tropical amazônica, a alteração química é dominante e os materiais resultantes, argilas, iões (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc.) e moléculas (SiO_2) em solução, são levados pelos rios para o mar (Carvalho, 2003).

A intensidade da meteorização varia em função de fatores extrínsecos, como a temperatura, a quantidade de água disponível no meio, os potenciais hidrogeniônico (pH) e de oxi-redução (Eh) do meio, a atividade biológica e o relevo. O grau de meteorização das rochas dependerá sempre de fatores intrínsecos, como a sua composição mineralógica, textura, porosidade, permeabilidade e estrutura, à escala macroscópica, mas também de agentes extrínsecos (condições topográficas e climáticas) e do intervalo de tempo durante o qual estiverem sujeitas à ação dos agentes meteóricos (Carvalho, *op. cit.*).

A distinção entre alteração mecânica e química assume, sobretudo, um carácter pedagógico, uma vez que na Natureza os dois processos não podem ser dissociados, dominando um ou outro, de acordo com as condições ambientais. A porosidade, a permeabilidade e os planos estruturais das rochas aumentam sua suscetibilidade à meteorização química, uma vez que condicionam a drenagem interna das águas e o tempo de permanência, no interior da rocha, de soluções aquosas que a podem afetar e alterar quimicamente. Os dois tipos de meteorização potenciam-se mutuamente, uma vez que a desagregação mecânica das rochas facilita a sua alteração química e vice-versa (Carvalho, 2003; Dias et al., 2008).

4.4.1.2. Erosão, transporte e sedimentação

Da meteorização da camada externa das rochas resulta uma capa, com determinada espessura, de materiais soltos, que se acumulam sobre a rocha sã, ainda inalterada, formando o manto de alteração. O rególito (do grego *rhegos* = cobertura, e *lithós* = pedra) ou saprólito (do grego *sapros* = podre, e *lithós* = pedra) são designações sinónimas, atribuídas ao conjunto dos materiais sólidos, não consolidados, suscetíveis de serem

mobilizados e removidos pelos agentes de erosão. Normalmente os sedimentos não permanecem no local onde são gerados. A erosão corresponde à remoção dos materiais sólidos da área original, ou área-mãe, fonte de sedimentos detríticos. Os principais agentes erosivos são as águas correntes (águas de escorrência, torrentes, correntes fluviais e marinhas), o gelo (por deslocação de grandes massas glaciares) e o vento (por deflação e corrasão), que são também agentes de transporte (Carvalho, 2003; Dias et al., 2008; Grotzinger & Jordan, 2010; Silva et al., 2008).

A erosão é simultaneamente um processo modelador da paisagem física, por desgaste do relevo, e gerador dos materiais constituintes das rochas sedimentares, tanto nas zonas continentais, como marinhas. Permite o transporte dos produtos (detríticos ou em solução aquosa) subtraídos ao relevo até os locais onde, por perda de capacidade dos agentes de transporte, ou através de processos químicos e/ou bioquímicos, se depositam. Iniciada e mantida pela energia da radiação solar, a erosão depende totalmente, também, da gravidade terrestre. Nas zonas de vertente, a gravidade induz os movimentos de massa, que arrastam o rególito, levando à formação de depósitos de vertente (eluviões ou elúvios) e também depósitos de sopé (colúvios ou coluviões) quando os materiais, instáveis, descem e se imobilizam na base da vertente, depois de um curto transporte (Carvalho, 2003). A queda de blocos, o deslizamento de rochas e de terras, bem como os fluxos de lama, são exemplos de movimentos de massa que podem arrastar grandes quantidades de materiais geológicos (Grotzinger & Jordan, 2010).

O rególito pode contribuir para a formação de um solo se as condições ambientais forem propícias à pedogênese. A gravidade é também um agente de transporte importante ao longo do perfil topográfico que se estende desde a nascente dos rios, nas montanhas, até à sua foz, onde as águas fluviais se juntam às do oceano e tem lugar a sedimentação (Carvalho, *op. cit.*; Grotzinger & Jordan, *op. cit.*).

A forma como se processam a meteorização e erosão das rochas produz os mais variados tipos de paisagem em todos os lugares do mundo, de acordo com os agentes meteóricos dominantes, o clima, a topografia e as litologias, para além do tempo decorrido desde o início dos processos de alteração. A água dos rios tem a capacidade de transportar não só substâncias dissolvidas, como também clastos de diferentes dimensões, movidos por diferentes processos, de acordo com a sua dimensão e densidade, na forma de carga em suspensão (partículas mais finas, de silte e argila) e de carga de fundo (*e.g.* blocos e calhaus) transportada por rolamento, tração ou arrastamento. As areias e o cascalho podem ser transportados por saltação. As correntes fluviais, principalmente as torrentes, têm um

papel importante no transporte e sedimentação dos fenoclastos (Carvalho, 2006).

Um dos efeitos típicos da erosão fluvial de montanha, onde a energia de transporte é maior, é o desenvolvimento de “marmitas de gigante”, que são depressões, mais ou menos circulares ou elípticas, escavadas na rocha do leito dos rios pelo efeito abrasivo de materiais (*e.g.* seixos) transportados pela corrente fluvial. O rolamento e o redemoinhar destes materiais, por ação de fortes correntes turbulentas, vai desgastando o fundo do canal fluvial, ao mesmo tempo que vai arredondando, ou boleando, os clastos transportados. No [Geoparque de Arouca](#) podem observar-se “marmitas de gigante” no granito do leito do rio do Caima (Mizarela, Albergaria da Serra), de vários tamanhos e profundidades, isoladas ou em grupo. Estas depressões podem aprofundar-se e alargar-se cada vez mais, ao longo do tempo, a ponto de coalescer e formar canais de escoamento progressivamente mais profundos. No [Parque Nacional Peneda-Gerês](#) também se podem encontrar estas “marmitas” ([AGA, 2016](#); [DCT-UMinho/PNPG, 2016](#)).

Um glaciar é uma massa de gelo que cobre determinadas extensões de terreno, em regiões situadas em latitudes ou altitudes nas quais a cobertura de neve é permanente (*e.g.* regiões polares e topo das montanhas). O gelo dos glaciares possui elevada viscosidade e competência de transporte. Durante a sua deslocação, as grandes massas glaciares arrancam fragmentos do substrato rochoso sobre o qual deslizam, arrastando consigo clastos de todas as dimensões, desde enormes blocos, que pesam várias toneladas, a partículas muito finas, do tamanho das argilas – esses clastos constituem as moreias e correspondem ao conjunto dos materiais transportados no interior do glaciar, que podem dar origem a diferentes tipos de moreias (frontal, lateral, de fundo e dorsal), bem como aos depósitos terrígenos resultantes da acumulação caótica de clastos que ficam dispersos sobre superfícies de litologia distinta, após o degelo e recuo do glaciar (Carvalho, 2006).

Nas montanhas, os glaciares de vale (= línguas de gelo que deslizam canalizadas em vales), mantêm-se em movimento descendente, por gravidade, enquanto durar a alimentação de neve a montante, até altitudes abaixo das quais o gelo funde. A grande carga de fragmentos rochosos que estas línguas de gelo arrancam, às vertentes e ao fundo dos respetivos vales, e arrastam consigo, no seu movimento, intensifica uma ação erosiva muito característica. Nas moreias, os detritos maiores (de diâmetro médio superior a 2 mm) apresentam na sua superfície marcas (estrias e sulcos) típicas, resultantes dos “arranhões” sofridos pelos materiais quando pressionados uns contra os outros e contra as rochas das paredes e do fundo dos vales, durante o transporte pelo gelo. Os materiais adquirem, deste

modo, polimento ou ficam riscados, assim surgindo blocos e calhaus polidos e estriados segundo o alongamento. (Carvalho, 2006)

Nos glaciares de montanha, em particular, o recuo das línguas de gelo nos meses de Primavera e Verão deixa parte das moreias a descoberto e os clastos de menor dimensão acabam por ser incorporados nos caudais do degelo, indo alimentar depósitos de tipo aluvial, designados por flúvio-glaciários e, por vezes, depósitos sedimentares em lagos, conhecidos como depósitos glácio-lacustres. Da ação erosiva dos glaciares de vale resulta um perfil transversal em U e um perfil longitudinal, com sobreescavamentos e aclives, que, após a fusão do gelo, retêm a água sob a forma de pequenos lagos (Carvalho, 2003; 2006).

O vale glacial, em “U”, do rio Zêzere, na Serra da Estrela é um exemplo do efeito da erosão e do transporte glaciários ocorridos há *ca.* de 18.000 anos, durante a última glaciação (würmiana). As formas de acumulação glaciária mais fáceis de identificar na Serra da Estrela, são as moreias, sobretudo as moreias laterais, e os depósitos flúvio-glaciários no rio Zêzere. São também comuns os “blocos erráticos”, grandes blocos isolados, deixados para trás após o degelo, ([Martins & Silveira, 2008](#)).

Também a lama (= material silto-argiloso embebido em água), mais viscosa do que a água, mas menos do que o gelo, tem grande capacidade de transporte. Nas regiões subáridas e áridas, a ocorrência de escoadas lamacentas, muito viscosas, dá origem a depósitos de materiais terrígenos de dimensões muito variáveis, desde blocos a partículas de dimensão argilosa (microscópica) (Carvalho, 2006).

Devido à sua baixa densidade, o vento é um fluido com poder de transporte relativamente baixo, muito menor que o das correntes fluviais, não mobilizando sedimentos a mais de 10 cm acima do solo ou com dimensão superior à das areias. A capacidade de transporte do vento depende da sua intensidade e do tamanho das partículas, que, por ordem crescente de dimensão/densidade, podem ser transportadas por suspensão, saltação e deslizamento. O vento remove as partículas detríticas da dimensão das areias e poeiras finas (deflação), deixando a descoberto rocha ainda inalterada, que assim fica exposta aos agentes meteóricos e erosivos, exercendo também, juntamente com as partículas que movimenta, um efeito de erosão da rocha por abrasão (corrasão). O transporte e erosão eólicos (= pelo vento) são mais importantes em zonas áridas, muito pobres em vegetação ou desprovidas de coberto vegetal, sejam elas quentes (*e.g.* deserto do Sahara) ou frias (*e.g.* Planalto do Loess, na China), onde as partículas são mais facilmente erodidas e mobilizadas (Carvalho, 2003; Dias et al., 2008).

Nas regiões temperadas e quentes, com suficiente pluviosidade, predominam a erosão e o transporte fluviais. Em zonas frias, com abundante precipitação de neve (*e.g.* latitudes polares e montanhas acima de determinadas altitudes), o gelo dos glaciares canalizados em vales é o principal agente modelador da paisagem (Carvalho, 2003). O vento, a água e o gelo erodiram, durante milhões de anos, a paisagem onde atualmente se situa o “Parque Nacional dos Arcos” - “[Arches National Park](#)”, no Utah, Estados Unidos da América (EUA), produzindo esculturas naturais e mais de dois mil arcos no deserto de Moab, sendo o maior deles, com 93 metros de extensão, o maior arco natural do mundo. As “árvores de pedra” do Altiplano da Bolívia são também consideradas “esculturas eólicas”.

No “[Bryce Canyon National Park](#)”, Utah, EUA, a espetacular paisagem, composta por vários anfiteatros gigantes naturais, e as geoformas conhecidas por “hoodoos” resultam da meteorização por crioclastia, dissolução e erosão pelas águas pluviais e de escorrência. Estas águas modelam o substrato rochoso e os solos, alterando a sua morfologia de forma diversa, escavando ravinas nos solos nus, promovendo a erosão diferencial de rochas brandas e deixando no local as mais resistentes, originando geomorfologias como as “chaminés de fada” do [Geoparque de Kula](#), na Turquia (província de Manisa, Anatólia), ou os ravinamentos de Rummu, na Estónia, resultantes da erosão pelas águas de escorrência ([US NPS, Arch.](#); [US NPS, Br.Ca.](#), s.d.; [Sem, Gumus, Zouros, Cubukcu & Ulusoy, 2014](#); [Gumus, 2016](#)).

Vários exemplos de erosão marinha de rochas carbonatadas podem ser observados em Portugal, nomeadamente no Algarve. Na Ponta da Piedade (Lagos) existem arcos de erosão marinha e leixões, e em Faro (Lagoa) é conhecido o “Leixão da Gaivota”. No granito da Praia de Lavadores, no litoral de Gaia podem observar-se estruturas erosivas como as “marmitas de gigante” litorais e as “plataformas de abrasão marinha” produzidas pela combinação dos processos de meteorização e erosão marinha. As marmitas são escavadas por ação de materiais abrasivos de diversos tamanhos e têm uma secção predominantemente circular, sendo geralmente mais largas do que fundas. Nesta praia podem observar-se também formas de erosão alveolar e estruturas em “favos de abelha”. ([Araújo, s.d.](#); [Rocha, 2013](#)).

Depois de sofrerem transporte, mais ou menos prolongado, os sedimentos depositam-se e acumulam-se, normalmente sob a forma de estratos ou camadas, inicialmente horizontais e paralelos entre si, segundo o “Princípio da Horizontalidade Original”. O termo “sedimento” aplica-se tanto à população de partículas em trânsito,

sujeitas ao processo gravítico, como também ao corpo sedimentar já depositado e imobilizado (= depósito sedimentar), passível de ser remobilizado. Alguns autores designam estes depósitos, constituídos por sedimentos não coesos, geologicamente instáveis, por “rocha móvel” (Carvalho, 2003; Costa, 2010).

O destino final da maior parte dos sedimentos é a deposição e acumulação na vertente e rampa continentais, onde acabam por dar origem a rochas sedimentares consolidadas, embora na parte superficial existam geralmente sedimentos ainda não consolidados. A espessura média da cobertura sedimentar no conjunto vertente – rampa continental é de *ca.* de 9 km, aí se concentrando quase 70% da totalidade dos sedimentos mundiais (Dias, 2004).

A sedimentação, ou deposição dos sedimentos, é o conjunto de processos geodinâmicos externos conducentes à formação dos depósitos sedimentares e finaliza a sedimentogénese (Carvalho, 2011). Esta compreende, por conseguinte, a génese, o transporte e a deposição de sedimentos em bacias sedimentares, continentais ou marinhas, envolvendo múltiplos processos distintos, como a meteorização, a erosão e a sedimentação (Carvalho, *op. cit.*; Dias et al., 2008; Grotzinger & Jordan, 2010; Silva et al., 2008).

4.4.2. Diagénese

Os depósitos naturais de sedimentos inconsolidados geralmente acabam por sofrer diagénese, etapa que corresponde à transformação de sedimentos incoerentes em rocha coesa, através de um conjunto de processos biológicos, químicos e físicos (dentro de valores de temperatura e pressão relativamente baixos, característicos do ambiente de superfície) atuantes sobre a textura, composição e estrutura dos sedimentos após a sua deposição (Carvalho, 2011).

O termo diagénese (do grego *dia* = através de, e *genesis* = origem) foi introduzido em 1868 pelo geólogo alemão Karl Wilhelm von Gümbel (1823-1898) precisamente para designar os processos que *petrificam* os sedimentos, i.e. transformam sedimentos em pedra. Diagénese, petrificação (do latim *petra* = pedra) e litificação (do grego *lythós* = pedra), são termos sinónimos, que designam o mesmo fenómeno geológico (Carvalho, 2003).

Alguns sedimentos litificam logo após a sua génese, sendo que outros permanecem inconsolidados durante milhões de anos após a sua deposição (Nichols, 2009). Um exemplo de litificação rápida consiste na precipitação química de substâncias em solução nas águas (*e.g.* vários catiões e aniões, como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-})

após evaporação da água que os continha, o que resulta na formação de rochas evaporíticas. Outro exemplo são os depósitos piroclásticos que se formam a partir de nuvens quentes de cinzas e gases (“nuvens ardentes”) - se as temperaturas forem suficientemente elevadas para levar à fusão das partículas no momento da deposição formam-se rochas vulcanoclásticas conhecidas por “*welded tuffs*” ou “tufos soldados” (Nichols, 2009).

As *boundstones* (*sensu* Dunham, 1962) ou biolititos (*sensu* Folk, 1959) são calcários marinhos, formados em águas pouco profundas, a partir de estruturas, construídas por seres vivos, designadas por “bioermes” (do grego *biós* = vida, e *herma* = rochedo) - um exemplo são os calcários recifais (Carvalho, 2006; Nichols, 2009). Tanto os calcários recifais (bioedificados) como os espeleolititos (quimioedificados), são rochas carbonatadas que logo de origem surgem como edifícios coesos, litificados no próprio local da gênese dos sedimentos. Exemplos de espeleolititos são as estalactites e estalagmites, comuns nas grutas calcárias (Carvalho, 2006).

A diagênese ocorre geralmente em meio subaquático, mas também pode ocorrer em ambiente subaéreo, ao nível do solo, sendo neste caso designada por pedodiagênese. Deste tipo de diagênese resultam crustas pedogénicas (= horizontes endurecidos, mais ou menos impermeáveis), comuns em regiões áridas e tropicais, como, por exemplo, os ferricretos, que são horizontes com extensas concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro, comuns em regiões subáridas, com alternância bem marcada de estações seca e húmida, e os bauxitos, ricos em hidróxidos de alumínio, que ocorrem nas regiões equatoriais, mais húmidas, como as bacias dos rios Amazonas e Congo (Carvalho, 2003; 2011).

Na diagênese distinguem-se duas fases, uma fase precoce ou sindiagênese (= diagênese bioquímica), correspondente ao conjunto de processos, essencialmente bioquímicos, que se iniciam imediatamente após a sedimentação, com intervenção de microrganismos e outros seres vivos, na interface sedimento-água, a muito baixa profundidade, e outra fase, dita tardia ou metassomática, também conhecida por epidiagênese, em que operam processos físico-químicos sob condições distintas, próprias de um ambiente de maior profundidade, que já não permite a existência de vida (Carvalho, 2003; 2011).

A sindiagênese ocorre dentro de valores de pressão e de temperatura moderados, em função do teor e concentração de iões e de outros parâmetros que definem o pH e o carácter oxidante ou redutor do meio. Nesta primeira etapa há uma procura de equilíbrio entre as partículas sólidas do sedimento, a água que circula entre elas através dos poros (=

vazios ou interstícios) e os seres vivos que as colonizam nesta fase inicial (Carvalho, 2011).

A subsidência dos sedimentos nas bacias sedimentares sujeita-os a valores crescentes de pressão e de temperatura, entrando-se, em dado momento, no domínio da diagénese tardia. No interior da crosta terrestre a temperatura aumenta com a profundidade, a uma taxa média de 30°C/Km, podendo os sedimentos enterrados alcançar uma temperatura igual ou superior a 120°C a uma profundidade de 4 km, um valor sob o qual certos tipos de matéria orgânica podem ser convertidos em petróleo ou gás natural. A pressão também aumenta com a profundidade, em média, *ca.* de 1 atmosfera / 4,4 metros (Grotzinger & Jordan, 2010).

Os processos diagenéticos ocorrem a temperaturas relativamente baixas (Fig. 36), pois acima de um determinado limiar de pressão e temperatura, as rochas sedimentares transformam-se em rochas metamórficas, que, inicialmente, apresentam características de transição e se confundem com as rochas sedimentares. Existe um *continuum* entre os processos de diagénese e os de metamorfismo, estes ocorrendo tipicamente a temperaturas acima de 250 - 300 °C (Fig. 36). O ambiente termodinâmico em que ocorre a diagénese tem características intermédias entre o ambiente da sedimentação, à superfície, e o ambiente do metamorfismo, ou seja, situa-se na fronteira dos processos exógenos com os endógenos (Carvalho, 2003; Nichols, 2009).

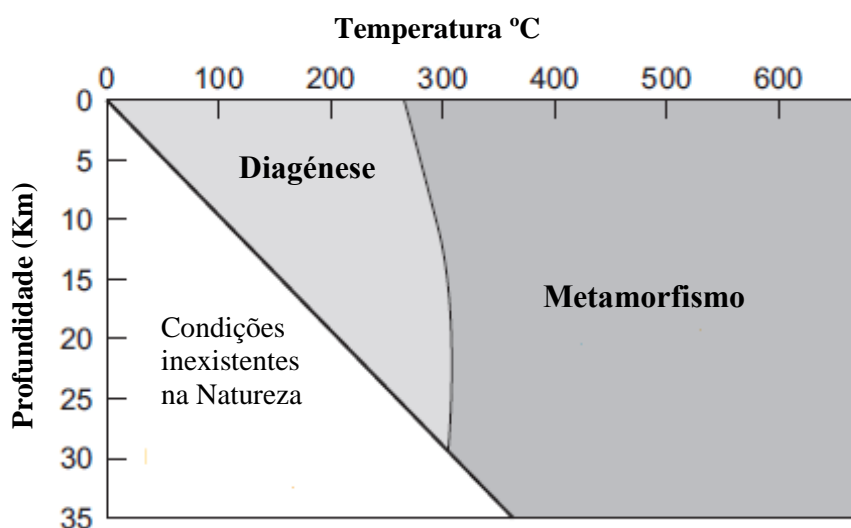


Figura 36 – Intervalos de temperatura e profundidade em que ocorrem os processos diagenéticos. Retirado de Nichols (2009), p. 279.

As principais transformações sofridas pelos sedimentos durante a diagénese são a compactação, a cimentação, a metassomatose e a recristalização, não necessariamente por

esta ordem, pois qualquer um destes fenómenos pode anteceder ou preceder os restantes, podendo mesmo acontecer simultaneamente e, alguns deles, repetir-se em qualquer fase do processo. Também não é obrigatório que todos ocorram para que haja diagénese (Carvalho, 2003).

Os sedimentos clásticos não consolidados, na forma de cascalho, areias, lamas ou acumulações de restos esqueléticos de organismos mortos, depositados em ambiente marinho, encontram-se saturados de água, assim como muitos dos depósitos sedimentares continentais, saturados com a água do subsolo (Nichols, 2009). A acumulação sucessiva de novas camadas de sedimentos sobre as camadas iniciais, mais antigas, gera uma pressão de sobrecarga, litostática, que atua verticalmente sobre o corpo sedimentar, e que aumenta, à medida que novos sedimentos se vão depositando no topo da série sedimentar. Os agregados de partículas respondem a este aumento de pressão com um rearranjo espacial, em que os clastos se dispõem de modo a que todo o corpo sedimentar ocupe o menor volume possível.

A compactação resulta da compressão dos sedimentos das camadas mais profundas, provocada pelo peso crescente dos sedimentos nas camadas suprajacentes, e leva à expulsão gradual da água contida nos interstícios, o que faz com que as partículas se aproximem umas das outras. O processo, que ocorre sob pressão moderada, envolve todos os agregados de partículas não consolidadas, e conduz ao aumento da densidade dos sedimentos, à diminuição ou eliminação dos poros e à diminuição do volume do corpo sedimentar. A compactação pode reduzir o volume de um corpo sedimentar até 60% - 80%, dependendo da natureza das partículas. (Carvalho, 2003; Nichols, 2009).

Nas vasas lamacentas, constituídas por partículas muito finas, a compactação inicia-se pela expulsão da água de impregnação, que faz com que as partículas se unam umas às outras, com diminuição acentuada de porosidade e conseqüente impermeabilização da rocha, num processo praticamente irreversível, como o que conduz, por dessecação, à formação de argilas, argilitos e xistos argilosos. Pelo contrário, a compactação de areias de quartzo, por exemplo, diminui o volume do corpo sedimentar em apenas *ca.* de 10% e não elimina a porosidade da rocha (arenito) que pode, em função da calibragem, permanecer entre 30 a 20% (Carvalho, *op. cit.*; Nichols, *op. cit.*). Também os grãos dos minerais mais frágeis, como as micas, ou os minerais de argila, com estrutura laminar, podem ainda sofrer deformação plástica pela pressão exercida pelos grãos dos minerais mais resistentes, como o quartzo (Nichols, *op. cit.*).

A cimentação consiste no preenchimento dos espaços remanescentes entre as partículas detríticas, mesmo que já compactadas, resultando da precipitação de substâncias em suspensão ou dissolvidas nas águas que circulam através desses espaços, onde se acumulam até os colmatarem, agregando as partículas. Na cimentação de areias por partículas em suspensão, como os minerais de argila, o processo é meramente mecânico e as rochas (arenitos) resultantes são geralmente friáveis, esboroando-se facilmente entre os dedos ou desagregando-se, se mergulhadas na água.

Na cimentação por precipitação de substâncias em solução, formam-se novos minerais, como a calcite e a dolomite (carbonatos), minerais de sílica (*e.g.* quartzo, calcedonite, opala), e óxidos de ferro (*e.g.* hematite, magnetite, limonite). Um depósito de areias pode assim transformar-se, dependendo do tipo de cimento, num arenito com cimento carbonatado, silicioso ou ferruginoso. Aos minerais herdados da rocha-mãe, associam-se novos minerais, gerados durante a diagênese, designados por autigênicos. (Carvalho, 2003).

A recristalização resulta da adaptação das estruturas cristalinas dos minerais às novas condições termodinâmicas da diagênese e corresponde a um rearranjo cristalino dos componentes da rocha. Requer a existência de um solvente, geralmente a água, e condições de pressão e temperatura adequadas. Normalmente conduz ao intercrescimento e ao aumento da dimensão dos cristais.

A metassomatose é a transformação que permite a troca de substâncias químicas (em qualquer fase da diagênese) entre os componentes iniciais da rocha e eventuais soluções que nela penetram. É rara nas rochas sedimentares detríticas, mas comum entre as rochas carbonatadas (calcários e dolomitos) (Carvalho, 2003).

4.5. Classificação dos sedimentos e das rochas sedimentares

Classificar consiste em identificar e “arrumar” as partes de um todo, organizando-as em grupos, segundo um ou vários critérios, de modo a conhecê-las melhor e assim conhecer melhor o todo. Porém, a classificação petrográfica das rochas sedimentares, como qualquer sistematização das partes de um todo contínuo, levanta problemas. A grande diversidade de ambientes deposicionais resulta numa correspondente variedade de rochas sedimentares na Terra, o que dificulta o estabelecimento de um esquema de classificação totalmente satisfatório, coerente e lógico (Carvalho, 2006; Costa, 2010).

As classificações baseadas no critério da origem da rocha, ou classificações genéticas, por exemplo, distinguem as rochas de acordo com a natureza dos sedimentos

constituintes dominantes, em rochas detríticas, químicas e biogénicas, mas levam à inclusão de rochas de composição química análoga em grupos diferentes. Para além disso, há rochas de origem mista que rigorosamente não devem ser “arrumadas” num único grupo. As classificações descritivas, baseadas no estudo das características individuais observáveis, também se deparam com a existência de termos de transição entre os vários grupos criados subjetivamente pelos geólogos, algo particularmente evidente nas rochas sedimentares (*e.g.* os termos de transição entre argilas e xistos argilosos, ou entre arenitos e calcários) (Carvalho, 2006; Costa 2010).

Não obstante estas dificuldades, a partir do final do século XIX, foram surgindo diferentes propostas de classificação, a mais antiga de A. Lasaulx (1875), seguindo-se a de Walther-Grabau (1913). Esta última, muito próxima da que atualmente se usa, considerava já rochas clásticas ou mecânicas, rochas precipitadas quimicamente ou sublimadas, rochas de origem orgânica e rochas de origem vulcânica.

Mais tarde, Folk (1974) propôs a divisão em rochas terrígenas, ortoquímicas, ortoquímicas impuras, aloquímicas e aloquímicas impuras; Friedman e Sanders (1978) distinguiram entre rochas carbonatadas, autigénicas, carbonosas, terrígenas e piroclásticas; e, mais recentemente, Prothero e Schwab (1996) dividiram-nas em rochas detríticas ou terrígenas, quimiogénicas, e organogénicas ou bioquímicas – estas últimas incluindo as rochas carbonatadas, siliciosas, fosfatadas, ferríferas, carvões e petróleos.

Existem também classificações baseadas em critérios geoquímicos, que, contudo, não separam rochas de composição química idêntica, geneticamente diferentes, ou seja, nenhuma destas classificações é isenta de contradições ou objeções (Carvalho, 2006). A maioria dos autores considera que a melhor classificação é a que se baseia em parâmetros descritivos, embora a experiência demonstre que a sistemática mais eficaz, em termos pedagógicos, é a que se baseia simultaneamente, em critérios genéticos e composicionais (Carvalho, *op. cit.*).

Para efeitos de descrição sistemática das diferentes rochas sedimentares Costa (2010) refere que são habitualmente considerados dois grandes grupos, um formado por rochas de origem essencialmente detrítica, e outro constituído principalmente por rochas de origem química, biogénica ou bioquimiogénica, incluindo algumas rochas detríticas com composição análoga à de outras não detríticas. Este autor inclui os componentes das rochas sedimentares em uma, ou mais, das seguintes classes: *i*) minerais que resistiram à meteorização; *ii*) minerais formados em consequência da meteorização, *iii*) produtos de precipitação química e *iv*) produtos biogénicos. Carvalho (*op. cit.*) também salienta que um

dos aspetos descritivos mais importantes a ter em conta, é a natureza dos minerais constituintes das rochas, que podem ser herdados ou detríticos, neste caso ditos alogénicos, por serem oriundos do exterior (transformados ou não durante o processo da sedimentogénese) ou neoformados, singenéticos ou autigénicos, se gerados durante a diagénese, precoce ou tardia.

A classificação sugerida por Carvalho (2006) considera sete conjuntos ou classes de rochas sedimentares, cujas designações refletem o componente predominante: *i*) rochas terrígenas, clásticas ou detríticas, formadas pela acumulação de detritos de diferentes classes dimensionais, também consideradas alogénicas ou alóctones, pelo facto de os seus componentes serem provenientes de outros locais e, portanto, terem sido sujeitos a um transporte, na forma de partículas sólidas, até ao local de deposição; *ii*) rochas carbonatadas, que incluem calcários e dolomitos, uns de origem orgânica, outros resultantes de processos químicos; *iii*) rochas siliciosas (biogénicas e quimiogénicas) ou silicitos; *iv*) rochas ferríferas, geralmente de génese química e biológica (bioquimiogénicas); *v*) rochas fosfatadas ou fosforitos, ricas em fosfato de cálcio; *vi*) rochas salinas ou evaporitos, resultantes da precipitação de sais (*e.g.* sulfatos e cloretos) por evaporação das águas que os contêm em solução, e, por fim, *vii*) rochas carbonosas (ou caustobiólitos), que incluem os carvões, petróleos, betumes e gás natural.

As rochas sedimentares mais abundantes são as terrígenas, que constituem 80-85% do total, contra 15-20% de rochas quimiogénicas e biogénicas, consideradas no seu conjunto (Carvalho, 2005; 2006). A designação “terrígenas” introduzida por Folk em 1968, pretendeu enfatizar a sua origem a partir das terras emersas, utilizando o termo latino *terra*, em oposição a *mare* (mar). A expressão “detrítica” como sinónima de “terrígena”, salienta a natureza clástica dos seus constituintes (fragmentos minerais ou líticos), em regra resultantes da meteorização e/ou erosão de rochas preexistentes, transportados até ao local de sedimentação (Carvalho, 2006).

O material clástico terrígeno provem sobretudo de rochas como os granitóides (*e.g.* granitos e granodioritos), gnaisses e xistos, que fornecem sobretudo quartzo, minerais primários ricos em silício (feldspatos, micas) e outros minerais silicatados (argilas), resultantes da meteorização destes, razão pela qual estes sedimentos (e as rochas a que dão origem) são também designados por siliciclásticos (Carvalho, 2006; Nichols, 2009). No entanto, deve ter-se presente que nem todas as rochas detríticas são terrígenas. Os calcarenitos, por exemplo, são calcários formados principalmente por fragmentos de conchas de moluscos, de corais, de algas calcárias, de carapaças de foraminíferos e de

outros elementos detríticos da mesma natureza química (*e.g.* oólitos, pisólitos e oncólitos) com comportamento idêntico em termos da dinâmica sedimentar. Exemplos de sedimentos detríticos não terrígenos são as areias calcárias e outros bioclastos mais grosseiros (*e.g.* conchas e restos esqueléticos da dimensão do cascalho) e mais finos (*e.g.* vasas calcárias) dos fundos marinhos, associados às plataformas carbonatadas dos mares recifais e das praias que os marginam. Por conseguinte, nem sempre os adjetivos detrítico e clástico equivalem aos adjetivos terrígeno e siliciclástico. Todo o sedimento terrígeno é clástico, mas nem todo o clástico é terrígeno (Carvalho, 2006).

As rochas terrígenas, formadas à superfície da Terra, são, portanto, o produto da deposição gravítica e da aglutinação de detritos provenientes da desintegração de rochas mais antigas, aflorantes nos continentes. A sua classificação baseia-se principalmente em critérios texturais, nomeadamente, na dimensão das partículas detríticas, referentes aos grãos dos minerais, consideradas como elementos de uma população (Carvalho *op. cit.*).

Na Natureza as partículas sedimentares apresentam enorme variabilidade de dimensões. Nas moreias glaciárias, por exemplo, os clastos, variam, em diâmetro médio, de alguns decímetros a metros, enquanto nos fundos oceânicos os sedimentos são compostos por partículas muito pequenas, da ordem de alguns micra (argilas). A heterogeneidade granulométrica num depósito pode ser muito elevada, a ponto de coexistirem enormes blocos numa matriz de partículas pequenas, como sucede nos depósitos resultantes de fluxos detríticos (Dias, 2004).

Várias propostas de escalas dimensionais foram desenvolvidas a partir do século XIX, com vista à análise textural, dimensional, ou granulométrica, de sedimentos não consolidados e de rochas sedimentares (Carvalho 2005). As primeiras escalas utilizadas eram aritméticas ou lineares, mas cedo se verificou que estas escalas não eram as mais adequadas para o estudo dos sedimentos uma vez que, na Natureza, a maior parte das populações obedece a distribuições do tipo gaussiano (= distribuições normais). Também se sabe que muitas propriedades dos sedimentos, como a velocidade de sedimentação, variam em função de uma potência da dimensão das partículas.

Utilizando escalas geométricas, em vez de escalas aritméticas, no estudo das populações de partículas sedimentares, as distribuições resultantes são muito mais próximas das curvas gaussianas, razão pela qual se descrevem os sedimentos com base em escalas geométricas ou logarítmicas (Carvalho, 2006; Dias, 2004). Uma das mais conhecidas escalas granulométricas é aquela que, em 1898, o sedimentólogo americano Johan August Udden (1859-1923) propôs, e que desde logo foi amplamente aceite na

comunidade científica. Trata-se de uma escala que utiliza potências de 2, ou seja, uma progressão geométrica de razão 2 (ou 1/2, consoante o sentido do cálculo), composta por diferentes classes dimensionais, definidas pelos seguintes valores (em milímetros): 16, 8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128 e 1/256.

Esta escala viria a ser ligeiramente modificada e alargada, em 1922, por Chester K. Wentworth (1891-1969), discípulo de Udden, o que contribuiu para aumentar a sua popularidade, passando então a ser conhecida como escala de Udden-Wentworth, que ainda hoje se utiliza para classificar os sedimentos detríticos (Carvalho, 2006; Dias, 2004). A escala de Udden-Wentworth agrupa as partículas em 3 classes granulométricas, ou texturais principais, que, por ordem crescente de tamanho, são: *i*) argila – as mais finas, de diâmetro inferior a 0,004 mm [$<1/256$ mm]; *ii*) silte ou limo - partículas cujas dimensões se encontram entre 0,004 mm e 0,063 mm [$1/256$ mm - $1/16$ mm]) e *iii*) areias [0,063mm - 2 mm], que, por sua vez compreendem: areia fina [$1/16$ - $1/8$ mm]; areia média [$1/8$ - $1/2$ mm] e areia grosseira [$1/2$ - 2 mm] (Carvalho, 2006; Dias, 2004).

Em 1949, o sedimentólogo americano F. J. Pettijohn (1904 – 1999) propôs o termo “fenoclastos” para designar os clastos com diâmetro médio superior a 2 mm, abrangendo uma ampla gama de tamanhos: areão ou gravilha (= *granule*, em inglês): [2-8 mm]; seixo ou cascalho (= *pebble*): [8-64 mm]; calhau ou burgau (= *cobble*): [64-256mm] e bloco (= *boulder*): [>256 mm]. Blocos, calhaus, cascalho e areão, são termos de uso corrente em sedimentologia para distinguir as quatro classes dimensionais em que convencionalmente se dividiram os fenoclastos (Carvalho, 2006).

Quando as partículas terrígenas se agregam, de modo a formar uma rocha, esta adquire o nome de acordo com o tipo de partícula dominante (Carvalho, 2006; Dias, 2004; Dias et al., 2008; Silva et al., 2008). Assim, podem considerar-se quatro grupos principais de rochas terrígenas coesas, de acordo com a dimensão estatisticamente dominante dos grãos: rochas conglomeráticas ou conglomerados (do verbo latino *conglomerare* = amontoar), também conhecidas por ruditos (do latim *rudus* = tosco) ou psefitos (do grego *psephós* = calhau ou seixo polido), constituídos predominantemente por clastos mais grosseiros (cascalho e calhaus); rochas arenosas, arenitos ou psamitos, constituídos fundamentalmente por areias; rochas siltosas, ou siltitos, constituídos predominantemente por silte; e rochas argilosas, ou argilitos, constituídos predominantemente por argila. Cada um destes grupos inclui também os representantes não litificados: as cascalheiras, as areias; siltes e argilas são o equivalente não coeso (depósito mobilizável) dos

conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos, respetivamente (Carvalho, 2006; 2011; Costa, 2010).

Nos afloramentos é comum a ocorrência conjunta de silte e de argila, o que leva a que estes materiais sejam, muitas vezes, incluídos numa única subclasse de rochas “silito-argilosas”, também chamadas rochas pelíticas ou pelitos, e rochas lutíticas ou lutitos, que são as rochas sedimentares mais abundantes na crosta terrestre, correspondendo a 65% do total de rochas sedimentares. O segundo grupo mais abundante são os arenitos (20-15%), seguidos das rochas carbonatadas, na sua maioria calcários (10-15%). As restantes classes, salinas, ferríferas, fosfatadas e carbonosas, representam, no seu conjunto um valor inferior a 5% (Carvalho, 2006).

5. Metodologia

5.1. Caracterização da Escola

A [Escola Secundária D. Duarte](#) (ESDD) situa-se junto da entrada sul de Coimbra, na Margem Esquerda do Mondego e na freguesia de Santa Clara, um enquadramento espacial privilegiado, pela riqueza do seu património cultural, histórico e natural. Os terrenos circundantes da Escola preservam ainda testemunhos das férteis várzeas do Mondego, cruzando heranças de multiculturalismo, que remonta, pelo menos, ao período de ocupação romana, passando pela fundação do Reino de Portugal e suas Cortes em Coimbra, para encontrar a contemporaneidade e hoje integrar elementos arquitetónicos e paisagísticos tão distintos e singulares, como o [Parque Verde do Mondego](#); o Centro Ciência Viva de Coimbra - “[Exploratório](#)”, a [Quinta das Lágrimas](#) e seu Arboreto, o [Mosteiro de Santa-Clara-a-Velha](#), recuperado e transformado num espaço cultural, científico e museológico; o “[Portugal dos Pequenitos](#)” ou o novo Centro Cultural de Congressos e de Negócios da cidade, sedado no antigo [Convento de S. Francisco](#).

A ESDD foi criada por decisão expressa no Decreto-Lei n.º 45636, de 31 de março de 1964, sob a designação inicial de “Liceu Nacional de D. Duarte”, vindo a ser inaugurada 5 anos depois, a 17 de abril de 1969, pelo então Presidente da República, Almirante Américo Tomás, pelo Ministro das Obras Públicas, e pelo Ministro da Educação, o Professor José Hermano Saraiva (Marques, Barata, Morgado, Magalhães, Abrantes & Gomes, 2014). Nesse mesmo dia foi também inaugurado o edifício do Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, pelo que, em função dos acontecimentos históricos e políticos que se sucederam na comunidade académica de Coimbra, a data representa um marco memorável na luta dos estudantes portugueses pela democracia, contra a ditadura e contra a guerra colonial.

O Decreto-Lei nº 80, de 17 de abril de 1978, mudou o estatuto do Liceu para Escola Secundária, aplicando-se a todos os liceus e escolas técnicas do país (Marques et al., 2014). Atualmente, a ESDD é sede do [Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste](#) (AECO), criado em 26 de junho de 2012, por agregação dos Agrupamentos de Escolas Inês de Castro e Escolas de Taveiro, com a Escola Secundária D. Duarte.

Para além do pioneirismo como escola mista, desde a década de 1970, a ESDD integrou, desde a sua fundação, vários núcleos de atividades diversificadas, como o orfeão, atividades desportivas, o teatro estudantil, o clube de jornalismo e jogos educativos, entre outras. A ESDD conta ainda com 5 clubes/projetos principais: *i*) o “Clube de Biologia Experimental e Cultura Biológica” - que procura sensibilizar também alunos doutras áreas

de estudo que não as ciências físico-naturais, esperando motivá-los para a descoberta do conhecimento e contribuir para a sua literacia científica; *ii*) a “Academia D. Duarte”; *iii*) o “Ecomuseu do Mondego”; *iv*) o “Canguru Matemático” e *v*) o “Desporto Escolar” que oferece uma grande diversidade de modalidades desportivas.

Um dos valores a salientar na história da ESDD é o facto de, desde a sua entrada em funcionamento, ter aceite e integrado alunos com necessidades educativas especiais (NEE). Esta atitude de acolhimento e intervenção ativa junto dos alunos com NEE mantém-se no presente, como matriz distintiva da escola, para lá da atual legislação inclusiva, conforme foi possível testemunhar, durante a realização deste EP, através da observação do empenho, boa-vontade e profissionalismo com que funcionários, docentes e direção da escola lidaram com um caso de NEE na turma que constituiu a amostra deste estudo.

A oferta educativa da Escola corresponde essencialmente ao ensino secundário (10.º, 11.º e 12.º anos). Para além dos cursos Científico-Humanísticos (“Ciências e Tecnologias” e “Línguas e Humanidades”) que dão acesso à prossecução de estudos no Ensino Superior, a Escola oferece cinco cursos profissionais de 3 anos: *i*) “Técnico de Recursos Florestais e Ambientais”; *ii*) “Técnico de Cozinha–Pastelaria”; *iii*) “Técnico de Restaurante-Bar”; *iv*) “Técnico de Gestão e Programação de Sistemas Informáticos” e *v*) “Técnico de Animador Sociocultural”.

Segundo os dados do Relatório de Avaliação Externa de 2014/2015 da Inspeção-Geral da Educação e Ciência (IGEC), o Agrupamento era, nesse ano, constituído por três jardins-de-infância, seis escolas básicas do 1.º ciclo, cinco escolas básicas com educação pré-escolar e 1.º ciclo, duas escolas básicas com 2.º e 3.º ciclos e uma escola secundária, a escola-sede (ESDD), distribuídas pela área geográfica de três uniões de freguesias: *i*) Taveiro, Ameal e Arzila; *ii*) Ribeira de Frades e S. Martinho do Bispo, e *iii*) Santa Clara e Castelo Viegas ([IGEC, 2015](#)).

No ano letivo 2014-2015, o AECO foi frequentado por 1956 alunos: 192 da educação pré-escolar; 758 do 1.º ciclo; 183 do 2.º ciclo; 355 do 3.º ciclo (18 turmas, duas de ensino artístico especializado do curso básico de música, uma de percursos curriculares alternativos, uma dos cursos vocacionais e uma dos cursos de educação e formação); 263 alunos dos cursos profissionais (11 turmas) e 205 dos cursos científico-humanísticos do ensino secundário (8 turmas). No Agrupamento, 4,2% do total de alunos não tinham nacionalidade portuguesa; 64,1% não beneficiaram de apoios da ação social escolar; 18,6%

dos alunos do ensino básico e 13,5% do ensino secundário não tinham computador com ligação à *Internet* (IGEC, *op. cit.*).

No que respeita às habilitações académicas dos pais e encarregados de educação, a percentagem de adultos com formação superior era de 21% no ensino básico e 7,6% no ensino secundário. Relativamente aos que tinham formação secundária, essas percentagens eram de 23% e 11%, respetivamente. Cerca de 26,1% dos pais dos alunos do ensino básico e 19,2% do ensino secundário exerciam atividades profissionais de nível superior e intermédio. (IGEC, *op. cit.*).

A satisfação manifestada pela comunidade educativa, no geral, sobre os serviços prestados pelo AECO foi elevada, tendo-se os alunos revelado mais críticos que os professores e funcionários não-docentes nos inquéritos de avaliação. Os pais e encarregados de educação das crianças e dos alunos dos ensinos básico e secundário destacaram, pela positiva, a disponibilidade manifestada pelos diretores de turma, a relação que estabeleciam com a família, e o incentivo ao trabalho dos alunos (IGEC, *op. cit.*). Porém, tanto os pais/encarregados de educação como os seus filhos/educandos, dos ensinos básico e secundário, manifestaram insatisfação com o serviço de refeitório. Educadores e professores valorizaram a abertura do Agrupamento ao exterior e a existência de uma boa liderança, assim como o nível de exigência do ensino na escola. Os trabalhadores não docentes demonstraram satisfação por trabalhar neste Agrupamento e consideraram que a sua escola era limpa e segura. Os pontos de insatisfação para estes funcionários foram a falta de respeito dos alunos, a adequação dos espaços de desporto e de recreio e o conforto das salas de aula, nestes dois últimos pontos coincidindo com a avaliação dos docentes (IGEC, 2015).

Os resultados académicos e sociais foram reconhecidos e valorizados por todos, sob várias formas, como os “*Prémios de Mérito*”, criados para distinguir os alunos que se evidenciam pelos seus conhecimentos, capacidades e concretizações, dentro ou fora da escola, em diferentes domínios. Foram e são desenvolvidos concursos, provas desportivas e outras atividades que estimulam o interesse dos alunos por diferentes atividades, culturais e científicas, através da atribuição de prémios e diplomas de participação (e.g. “*VIII Concurso de Fotografia Matemática no Quotidiano*”). No relatório da IGEC (2015) é valorizada a participação do Agrupamento em projetos e iniciativas fora da escola, como o “*Mini congresso de Ciência por Jovens*”, ligado ao ensino da Física e da Química, realizado em parceria com o Exploratório- Centro Ciência Viva de Coimbra, e o “*Congresso de Jovens Geocientistas*”, que promove a aprendizagem em Geociências, em

colaboração com o Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (DCT - FCTUC). Considera-se que estas atividades potenciam experiências de aprendizagem e de oportunidades para os alunos, permitindo que desenvolvam e revelem as suas capacidades e aptidões, em diversas áreas do conhecimento, nas quais obtêm, muitas vezes, as mais variadas distinções.

O mesmo relatório reconheceu que os alunos com NEE no AECO são devidamente apoiados pelos docentes da educação especial (EE) e por técnicos externos (*e.g.* terapeutas ocupacionais), salientando o trabalho desenvolvido na implementação dos programas educativos individuais (PEI) envolvendo a intervenção dos professores de EE junto dos restantes professores, de modo a garantir o devido acompanhamento dos alunos (IGEC, *op. cit.*).

A equipa de avaliação da IGEC (2015), entre os pontos fortes no desempenho do Agrupamento, reconheceu: *i*) a oferta diversificada de iniciativas nos domínios desportivo, cultural, artístico e de solidariedade, com impacto muito positivo na formação pessoal e social dos alunos e na valorização do património e dos recursos locais; *ii*) a adequação das atividades de ensino às capacidades e ritmos dos alunos, que se refletiu na melhoria global dos desempenhos escolares, nomeadamente nos resultados da avaliação externa dos alunos do ensino secundário; *iii*) a monitorização contínua das atividades, dos resultados e das medidas de promoção do sucesso, com identificação dos aspetos que condicionam as aprendizagens a permitir a adoção de estratégias e ações para ultrapassar as dificuldades detetadas; *iv*) a prevenção do abandono escolar, a partir da deteção e acompanhamento de alunos em risco e reorientação do seu percurso escolar e *v*) as lideranças dos órgãos de administração e gestão, das estruturas de coordenação e supervisão, no desenvolvimento das relações com a comunidade.

A análise dos documentos de autoavaliação do AECO, dos indicadores de sucesso académico dos alunos, da realização de entrevistas e das respostas aos questionários de satisfação da comunidade, permitiu concluir que os pontos fortes predominaram na totalidade dos campos em análise. As conclusões desta avaliação basearam-se nas práticas organizacionais eficazes do AECO, levando a que a IGEC lhe atribuisse a classificação global de “Muito Bom” nos domínios “Resultados” (resultados académicos e sociais e reconhecimento da comunidade); “Prestação do Serviço Educativo” (planeamento e articulação; práticas de ensino, monitorização e avaliação do ensino e das aprendizagens) e “Liderança e Gestão ” (liderança, gestão, autoavaliação e melhoria). Considerou-se que “*a ação do Agrupamento tem produzido um impacto consistente e acima dos valores*

esperados na melhoria das aprendizagens e dos resultados dos alunos e nos respetivos percursos escolares” (IGEC, op. cit., p. 9).

Em termos logísticos, o corpo central do edifício da Escola não sofreu alterações significativas desde o ano da sua construção, ocorrendo apenas algumas modificações internas, na tentativa de (cor)responder às necessidades e exigências da realidade escolar atual. O edifício principal compreende o Rés-do-chão, o 1.º Piso e o 2.º Piso, nestes últimos se concentrando a maioria das salas de aula. A Sala de Professores situa-se no 1.º piso, sendo o 2.º piso aquele em que se localiza a sala de aulas e laboratório, onde se desenrolaram as atividades letivas de Biologia e Geologia. Existem várias salas equipadas com projetor, quadro interativo e computador. Os quadros de ardósia, que marcaram gerações de alunos e professores, parecem ter sido abandonados, mesmo nas salas de onde não foram retirados. A utilização do quadro branco parece ser pouco frequente.

Existem 9 gabinetes de trabalho, um deles pertencente ao grupo disciplinar de Biologia e Geologia, situado no 2.º piso, que funciona como suporte físico do Núcleo de Estágio do MEBG (Figs 37 e 38). A ESDD possui 5 laboratórios para o ensino das ciências físico-naturais e realização de atividades práticas: três Laboratórios de Ciências Naturais, dois de Química (Química I e II) e um de Física que, no essencial, mantêm as características da construção original.

No recinto exterior, a partir da década de 1980, foram construídos três blocos de pavilhões, dois do lado Sul, e um do lado Nascente Inicialmente projetados com carácter provisório, e construídos em material pré-fabricado, estes pavilhões ainda hoje se mantêm em atividade, para lecionação e arrumos de material desportivo e técnico. Existe também um Auditório, fora do edifício principal, onde decorrem atividades culturais, como teatro e debates, entre outras.



Figura 37 – Perspetivas do corredor, a partir do lado sul do edifício, do Gabinete do Núcleo de Estágio de Biologia e Geologia (GNEBG), no 2.º piso da Escola Secundária D. Duarte, onde decorreram os trabalhos do Estágio Pedagógico em 2014-2015. À esquerda vista a partir da janela do laboratório; à direita os painéis realizados pelos alunos para o X-Congresso dos Jovens Geocientistas, expostos no Dia da Escola (17 de abril de 2015). Fotografias de Anabela Morgado e Cristina Seabra.



Figura 38 – Entrada (em cima) e alguns pormenores do espaço interior (em baixo) do Gabinete do Núcleo de Estágio de Biologia e Geologia (GNEBG). Fotografias de Anabela Morgado e Cristina Seabra (2015).

A Escola dispõe de espaços interiores para a prática de atividades desportivas que incluem um pavilhão multiusos, uma galeria, balneários masculinos e femininos, um gabinete para os professores de Educação Física, instalações sanitárias e uma sala de arrumação de material desportivo. Exteriormente existe um campo de futebol, dois campos de basquetebol, dois campos de voleibol e um espaço livre atrás do ginásio, geralmente utilizado para jogar ténis. É também Sede do Centro de Formação “[Nova Ágora](#)”, um dos centros de formação de associação de escolas (CFAE), cujas atividades formativas têm como alvo a população docente e não docente.

A acessibilidade à ESDD melhorou bastante nas últimas 3 décadas. Tal como no passado, os alunos oriundos das zonas a Norte de Coimbra utilizam o comboio (saindo na Estação Coimbra A) e o autocarro. Na década de 1980, a camioneta e autocarro eram o principal meio de transporte dos muitos alunos que chegavam lado Sul da cidade e as paragens ficavam distantes, mas atualmente existem paragens junto da entrada da escola e boa iluminação nas ruas adjacentes, um aspeto particularmente importante durante o inverno. Outra evolução positiva na acessibilidade foi a inauguração da Ponte Pedonal “Pedro e Inês”, em 2006, que veio possibilitar um acesso pedestre mais rápido à escola, particularmente quando o clima é favorável, fazendo apetecer a caminhada entre as duas margens do rio.

5.2. Caracterização dos participantes

A amostra de participantes deste estudo corresponde a uma turma do 11.º ano de escolaridade, do curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias da ESDD, constituída por 25 alunos, que durante o ano letivo 2014-2015 frequentaram a disciplina de Biologia e Geologia. A turma apresentava elevada taxa de feminidade, na medida em que era composta por 22 alunos do sexo feminino, e apenas três alunos do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 15 e 18 anos.

Uma das alunas tinha estatuto de NEE, apresentando um quadro muito complexo que representou grandes desafios para os docentes que a acompanharam ao longo do ano letivo. No que respeita à disciplina de Biologia e Geologia, essa aluna era bastante assídua, escutando atentamente a voz do professor e escrevendo os sumários com auxílio de uma lupa especial, com a qual tentava ler também o manual escolar adotado. Não tinha capacidade de visualizar os diapositivos, vídeos ou animações projetadas no quadro interativo. Também não visualizava imagens ao microscópio ótico composto, ou ao microscópio estereoscópico, embora se esforçasse por consegui-lo e demonstrasse interesse

pelas atividades práticas de Biologia. As suas múltiplas deficiências levaram a que deixasse de realizar as provas de avaliação sumativa, demasiado extensas, passando a ter acompanhamento adicional de um segundo docente de Biologia e Geologia, em aulas suplementares. Tinha também acompanhamento regular com docentes do ensino especial.

Os restantes alunos da turma, em geral, revelaram que tinham hábitos de estudo diários, existindo alguma variação no tempo dedicado a esse fim, sendo o principal fator condicionante do estudo, segundo os alunos, o tempo gasto nas viagens entre a casa e a escola. Todos os alunos residiam a uma distância superior a 2 km da escola e mais de metade referiu utilizar transportes públicos, principalmente o autocarro. Os restantes eram trazidos e levados pelos pais, de automóvel. Os três alunos que moravam mais longe provinham do concelho de Penela, percorrendo diariamente 20-30 Km, duas vezes, na vinda e no regresso, utilizando a camioneta como meio de transporte. Apenas um aluno referiu realizar parte do trajeto a pé. Nos seus tempos livres os alunos referiam sair com os amigos, ler, ir ao cinema, ouvir e aprender música, navegar na internet, praticar exercício físico e, alguns, ver televisão. Quando convidados a dar a sua opinião sobre as características de um bom professor, estes alunos apontaram a exigência, a simpatia, a capacidade de ensinar e de manter a disciplina na sala de aula, assim como a compreensão e o sentido de justiça, como qualidades essenciais que o docente deveria possuir.

A maior parte dos alunos vivia com o pai e a mãe, alguns com a mãe, e os restantes não residiam com nenhum dos progenitores. A maioria dos agregados familiares era constituída por 3 ou 4 elementos, existindo também agregados de 2, 5 e 6 elementos.

Os encarregados de educação da maioria dos alunos eram as mães, excetuando-se 6 casos, em que eram os pais a assumir esse papel. A maioria (17) dos encarregados de educação contactava regularmente com o diretor de turma, 7 apenas o faziam quando solicitados, e um não o contactava, mas todos eles acompanhavam a evolução da aprendizagem dos seus encarregandos, tendo conhecimento dos resultados dos testes de avaliação sumativa e dos resultados académicos na globalidade.

De um modo geral, estes encarregados de educação consideravam o ambiente escolar adequado ou bom, apontando, contudo, insuficiências e falhas no que respeita à higiene nas casas de banho, ao conforto térmico e estrutural nas salas de aula, e à qualidade das refeições servidas na cantina, o que reflete a tendência, global, de avaliação destes itens pelos encarregados de educação dos alunos das restantes escolas do Agrupamento.

5.3. Prática de ensino supervisionada

5.3.1. Seleção dos subtemas das unidades didáticas

A seleção das matérias a lecionar, em ambos os domínios científicos, da Biologia e da Geologia, foi feita pelo orientador cooperante, Dr. Paulo Magalhães. No âmbito do Programa de Biologia do 11.º ano (ME-DES, 2003) foi lecionado o subtema 3, “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, do Tema 6 – “Reprodução”, após a leção do subtema 1 (“Reprodução assexuada”) e do subtema 2 (“Reprodução sexuada”). Nos subtemas 1 e 2, os alunos tinham já estudado termos e conceitos-chave fundamentais para a compreensão e desenvolvimento do novo conceito a introduzir – “Ciclo de vida” – nomeadamente os conceitos de “mitose”; “esporulação”; “esporângios”; “esporos”; “meiose”; “gâmetas”; “fecundação”; “zigoto”; (núcleo/célula) “haploide” (n cromossomas); (núcleo/célula) “diploide” ($2n$ cromossomas) e “variabilidade genética”.

O Programa de Geologia do 11.º ano (ME-DES, 2003) ocupa-se inteiramente do Tema IV – “Geologia, problemas e materiais do quotidiano”. No âmbito deste tema foi selecionado o subtema 2.1. – “Rochas sedimentares”, incluído no capítulo 2 - “Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres”, que abrange também o estudo de rochas magmáticas e de rochas metamórficas. Por decisão da orientadora científica, Prof. Doutora Celeste Gomes, e do orientador cooperante, foi alterada a ordem de leção dos assuntos do Programa, com base em critérios de organização lógica e de coerência científica, visando um encadeamento dos subtemas que permitisse uma melhor compreensão e aprendizagem dos conteúdos por parte dos alunos.

Nesse sentido, e tendo ainda em conta a planificação das atividades letivas e organização interna de trabalhos no Núcleo de Estágio, a ordem de leção, no que respeita aos conteúdos da Petrologia, foi a seguinte: ciclo litológico; conceitos de rocha e de mineral; propriedades físicas e químicas dos minerais; rochas magmáticas; rochas metamórficas e, por fim, rochas sedimentares.

5.3.1.1. Componente de Biologia: “Ciclos de vida”

As orientações curriculares do programa determinam apenas a identificação e o estudo comparado de três tipos de ciclos de vida: o ciclo “haplonte”, o ciclo “diplonte” e o ciclo “haplodiplonte”, com indicação de exemplos de organismos que apresentam estes ciclos de vida, e a caracterização de cada um deles, baseada num exemplo individual: uma alga-verde, um feto e a espécie humana, respetivamente. Contudo, foi decidido, por

indicação do orientador cooperante, alargar este estudo, contemplando outros exemplos de ciclos de vida: *i*) plantas-não-vasculares (“briófitas”); *ii*) plantas-vasculares-com-semente, sem flor (gimnospérmicas), e *iii*) plantas-com-flor (angiospérmicas). Uma das razões desta decisão foi o défice de conhecimento dos alunos sobre a biologia da reprodução de plantas no 12.º ano. Nos manuais escolares do 11.º ano, dentro do subtema “Reprodução sexuada”, é feita uma breve alusão à reprodução de “musgos”, “plantas-com-flor” e “pinheiros”, mas de uma forma bastante superficial e simplificada, sem apresentação dos respetivos ciclos de vida e sem um enquadramento das suas características, segundo uma perspetiva evolutiva ou taxonómica.

Apesar do estudo da “Evolução biológica” e da “Sistemática dos seres vivos” ser feito apenas nas unidades temáticas seguintes, 7 e 8, respetivamente, considerou-se oportuno e relevante introduzir algumas noções básicas de biologia evolutiva e de sistemática, bem como exemplos de adaptações (morfológicas e fisiológicas) das plantas que contribuíram para o seu sucesso ecológico na colonização dos habitats terrestres. Essa introdução foi feita através do estudo comparado do ciclo de vida de plantas de diferentes grupos taxonómicos, tendo o cuidado de os apresentar de acordo com a sequência cronológica, à escala do tempo geológico, do aparecimento desses grupos de organismos na Terra, uma vez que o conceito de tempo geológico tinha já sido estudado pelos alunos no ano letivo anterior (10.º ano). Deste modo, a ordem de apresentação dos ciclos de vida proporcionou, também, uma visão geral da complexidade progressiva dos organismos e das tendências evolutivas na história das plantas terrestres, desde as algas-verdes ancestrais, até às “plantas superiores”. Partindo do exemplo sugerido no programa - a reprodução sexuada de uma alga-verde Charophyta (*Spirogyra* sp.), filogeneticamente próxima das algas a partir das quais evoluíram as plantas-terrestres, analisaram-se, numa perspetiva filogenética, os ciclos de vida das plantas, desde as mais simples, às mais complexas, sem contudo entrar numa descrição exaustiva de processos e termos técnicos, que não seria adequada ao nível de escolaridade em causa.

Uma segunda razão para alargar o leque de exemplos lecionados, foi o facto de, numa das provas de exame de 2014, ter surgido uma questão relativa ao ciclo de vida de um fungo. Essa constatação resultou na sugestão metodológica da professora estagiária para explorar um exemplo idêntico, que foi aceite pelo orientador cooperante. Foi selecionado o ciclo de vida do fungo *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuillemin, vulgarmente conhecido por “bolor-do-pão”, pelo facto de os estudantes terem anteriormente observado, numa atividade prática laboratorial, a morfologia do micélio

vegetativo e as estruturas associadas à reprodução assexuada de *R. stolonifer*. Com este exemplo, pretendeu-se alertar e exercitar o raciocínio dos alunos, no sentido de melhor se prepararem para lidar com novas situações nas provas do exame nacional.

Outra alteração efetuada diz respeito ao exemplo do ciclo de vida diplonte apresentado. As orientações do programa sugerem a análise do ciclo de vida de um mamífero, preferencialmente o Homem. No entanto, dado que os alunos já tinham estudado a reprodução na espécie humana, optou-se por apresentar o ciclo de vida do lince-ibérico, *Lynx pardinus* Temminck, uma espécie endémica da Península Ibérica, protegida por leis internacionais de conservação. Tendo em conta que a espécie tem sido alvo de um programa de cria em cativeiro, nos últimos 10 anos, em 5 centros de reprodução especializados da Península Ibérica (4 em Espanha e 1 em Portugal -Silves, Algarve), e que a sua reintrodução no nosso país, em áreas tradicionais de habitat natural, se iniciara em Dezembro de 2014, precisamente o momento em que a temática da reprodução sexuada estava a ser lecionada, considerou-se pertinente relacionar os conteúdos das aulas com as notícias da atualidade, como forma de estimular a curiosidade e interesse dos alunos pelas questões da conservação da biodiversidade e do património biológico nacional, assim como para melhorar a compreensão da importância do estudo dos ciclos de vida.

5.3.1.2. Componente de Geologia: “Rochas sedimentares”

Dentro do subtema “Rochas sedimentares”, os principais conteúdos programáticos, explorados com diferentes níveis profundidade, foram: *i*) Enquadramento das rochas sedimentares no ciclo litológico; *ii*) Etapas de formação das rochas sedimentares e sua caracterização; *iii*) Classificação das rochas sedimentares e *iv*) Rochas sedimentares como arquivos históricos da Terra – sendo aqui lembrados o “Princípio das causas atuais”, ou “Princípio do atualismo”, e os “Princípios fundamentais da Estratigrafia”. Foram descritos os conceitos de “ambiente sedimentar”; “ fácies sedimentar”; “análise de fácies”; “reconstituição de paleoambientes”; “fósseis de fácies”; “fósseis estratigráficos”, entre outros, tendo sido apresentada a “Escala do Tempo Geológico” (ETG) e a “Tabela Cronostratigráfica Internacional”, lembrando o conceito de “Tempo Geológico” estudado no ano letivo anterior (10.º ano de escolaridade). A génese de carvões e petróleos foi também analisada com os alunos, no primeiro caso procurando relacionar e integrar a informação geológica com a história evolutiva das plantas no período Carbónico. Devido à grande abrangência de matérias neste subtema e à limitação de páginas imposta nos

relatórios de estágio, optou-se por desenvolver neste documento apenas parte dos conteúdos lecionados, acima indicados.

Apesar de o estudo do Solo não fazer parte do programa oficial da disciplina de Biologia e Geologia (11.º ano) em Portugal, fazendo-se apenas uma abordagem muito superficial ao tema no 8.º ano de escolaridade, o tema foi sugerido pela estagiária e aceite para lecionação. O conceito de solo, ou pedosfera, foi discutido com os alunos e a pedogénese enquadrada no contexto da geodinâmica externa (pedodiagénese), na sequência do estudo da meteorização e sedimentogénese, tendo em especial consideração o [“International Year of Soils”](#) (IYS2015), ou Ano Internacional do Solo, celebrado em 2015 pela F.A.O. - [“Food and Agriculture Organization of the United Nations”](#) (= Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) e a incontornável importância dos solos como suporte fundamental da vida terrestre.

5.3.2. Preparação dos conteúdos a lecionar

5.3.2.1. Revisão da literatura nos domínios de investigação lecionados

A lecionação dos subtemas de Biologia e Geologia baseou-se numa cuidada revisão da literatura, com vista à atualização de conhecimentos nestas matérias e a uma sólida fundamentação teórica dos assuntos a lecionar. Nesta revisão foram utilizados livros de texto, concebidos para o ensino superior, e várias publicações científicas. Foi também utilizada informação científica disponível nas páginas de Internet de instituições, nacionais e estrangeiras, de investigação e do ensino superior. A bibliografia, mais relevante, encontra-se referenciada na secção correspondente deste relatório.

5.3.2.2. Planificação dos tempos letivos

No seio da dinâmica escolar, as planificações, a longo prazo, dos tempos letivos são normalmente da responsabilidade do coordenador e dos docentes do grupo disciplinar de Biologia e Geologia, ficando concluídas no final do ano letivo anterior, antes do período de férias escolares de Verão, enquanto as planificações a médio prazo são realizadas durante as primeiras semanas de aulas, em função dos níveis de escolaridade e dos horários atribuídos aos professores, com vista à organização sequencial e a uma estruturação cronológica que garanta o ensino completo dos conteúdos programáticos, e o sucesso das aprendizagens, mediante a concretização dos objetivos subjacentes a cada unidade temática (Anexos, p. 317). As planificações de médio prazo, já construídas pelo orientador cooperante, tiveram de sofrer algumas alterações, em função da chegada de uma segunda

estagiária; da introdução de novos conteúdos que não faziam parte do programa, tanto na Biologia, como na Geologia; e da mudança de ordem de lecionação de conteúdos.

A curto prazo, cada docente concebe os seus planos de aula, naturalmente sujeitos a um processo de ajustamento em função das respostas dos alunos, do ritmo e evolução das suas aprendizagens, e de outros fatores, internos ou externos, de carácter imprevisível, que obrigam a mudanças de estratégias e de metodologias. Assim, à professora estagiária coube, primeiramente, construir os seus planos de aula, o que não se revelou tarefa fácil, mesmo sob supervisão.

Inicialmente estavam previstas 6 aulas, tanto de Biologia, como de Geologia, no entanto, acabaram por ser lecionadas 8 aulas sobre “Rochas sedimentares”, dada a maior extensão e variedade de conteúdos. Em ambos os casos, e como seria de esperar, foi necessário proceder a ajustes e alterações, previamente discutidos com o orientador cooperante, à medida que as aulas foram sendo lecionadas. Embora o suporte escrito dos planos de aula tenha falhado, pelas razões acima enumeradas, é importante frisar que foi sempre recebida orientação pedagógica, no sentido de guiar e melhorar a implementação das estratégias de ensino e aprendizagem, antes de cada aula, tendo sido feita também uma apreciação crítica global, no final de cada aula.

Apresentam-se, a título de exemplo, os planos da primeira aula de Biologia (p. 150) e da última aula de Geologia (p. 163).

**Estágio Pedagógico - Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia
no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário**

PLANO DE AULA

Escola: Secundária de D. Duarte	Docente da turma: Paulo Magalhães	Docente estagiário: Cristina M. Seabra Ferreira
Turma: 11.º A	Nº de alunos: 25	Casos especiais: Daniela, aluna com deficiência visual.
Dia da aula: Sexta feira 21/11/ 2014	Hora: 12:00-13:30 Duração: 90 min Sala: LC	
Disciplina: Biologia e Geologia		Tema: Unidade 6 – Reprodução Subtema: 6.3 - Ciclos de Vida: unidade e diversidade

Aula nº 1 /N.º 29

Sexta feira, 21/11/2014

I. Sumário:

Avaliação diagnóstica (pré-teste). Conceito de ciclo de vida.

Importância do estudo dos ciclos de vida.

II. Objetivos

- Ter presente que o mundo natural se caracteriza por mudanças que ocorrem permanentemente, ao longo de diversas escalas de tempo.
- Relembrar que muitas mudanças biogeoquímicas na Terra são cíclicas.
- Conhecer o conceito de Ciclo de Vida.
- Compreender que este conceito é aplicável a qualquer organismo que se reproduz sexuadamente.
- Justificar a importância do estudo dos ciclos de vida.
- Analisar uma sequência de eventos e de mudanças de estado, ao longo de um ciclo de vida, recorrendo a casos estudados em Entomologia: metamorfose completa (borboleta-

Figura 39 – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de Vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

do-medronheiro e borboleta-monarca) e metamorfose incompleta (libelinhas e donzelinhas).

- Evocar a relação da mitose com a reprodução assexuada, e a relação da meiose com a reprodução sexuada.
- Reconhecer que a meiose e a fecundação são fenômenos complementares, que ocorrem alternadamente na reprodução sexuada.
- Relacionar a meiose e a fecundação, respectivamente, com a redução e com a duplicação do número de cromossomas no núcleo da célula.
- Compreender o significado dos termos haploide, haplofase, diploide e diplofase.
- Localizar e distinguir a fase haploide (haplofase) da fase diploide (diplofase).
- Lembrar que a meiose e a fecundação, que caracterizam a reprodução sexuada, introduzem variabilidade genética na descendência.

III. Conceitos / Palavras-chave

Reprodução assexuada; Reprodução sexuada; Mitose; Meiose; Fecundação; Alternância de fases nucleares; fase haploide ou haplofase; fase diploide ou diplofase; Ciclo de vida.

IV. Conteúdos

- Mudanças cíclicas na Natureza.
- Conceito de ciclo de vida.
- Estádios e necessidades distintos de um organismo ao longo do seu ciclo de vida.
- Importância do estudo dos ciclos de vida.
- Reprodução sexuada vs. reprodução assexuada.
- Meiose vs. Mitose.
- Meiose vs Fecundação.
- Alternância de fases nucleares.
- Haplofase ou fase haploide e Diplofase ou fase diploide.

V. Materiais e recursos didáticos utilizados

A. Documento de avaliação (em suporte em papel).

- Teste de avaliação diagnóstica (“pré-teste”).

B. Documentos de trabalho (em suporte em papel)

- Plano de aula.
- Manual Escolar (ME) adotado e “Livro do Professor”:

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

i) Matias, O. & Martins, P. (2008). *Biologia e Geologia, 11.º Ano, Ensino Secundário. Biologia 11*. Porto: Areal Editores.

ii) Matias, O. & Martins, P. (2008). *Biologia e Geologia, 11.º Ano, Ensino Secundário. Biologia 11. Livro do Professor*. Porto: Areal Editores.

- Programa Curricular Nacional da disciplina de Biologia e Geologia, do 11.º ano de escolaridade, ainda em vigor em 2014-2015.

C. Recursos multimédia

- Apresentação em *Power Point*.

- Quadro interativo (QI).

- Projetor (“Datashow”).

- Internet como fonte de imagens.

VI. Sequência de desenvolvimento, métodos e estratégias de ensino e aprendizagem

1. Abertura da aula (± 5-10 min)

- Apresentação oral da professora estagiária.

- Chamada dos alunos.

- Ditado e projeção (diapositivo 1) do sumário.

- Esclarecimento sobre a importância da avaliação diagnóstica para professor e alunos e sobre a honestidade do aluno na sua autoavaliação.

2. Teste de avaliação diagnóstica (30 min)

2.1 Estrutura, conteúdos e objetivos: o conteúdo do “pré-teste incide sobre a reprodução nos seres vivos, ciclos de vida e evolução das plantas terrestres. Primeiramente os alunos são questionados sobre conteúdos já lecionados, no ano letivo anterior e no corrente ano, que devem já dominar, ou relembrar, para compreender as novas temáticas que vão ser lecionadas (Ciclos de Vida e Evolução biológica).

Cada grupo de questões é contextualizado com um pequeno texto de introdução, onde são dadas algumas informações elementares e por vezes informação nova. De seguida são testados conhecimentos sobre as matérias já lecionadas, fazendo-se a transição para as questões sobre os novos conteúdos.

Pretende-se que este teste estimule a memória, o raciocínio e a curiosidade, servindo como exercício formativo e incentivo à aprendizagem das novas temáticas.

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

Espera-se que os alunos respondam acertadamente aos conteúdos sobre os quais foram já avaliados ou, nos casos em que isso não se verifique, espera-se detetar lacunas, concepções erradas e falhas no conhecimento, antes de avançar para os novos subtemas. As questões sobre as novas temáticas podem ser consideradas no âmbito do domínio procedimental e dão ao aluno a possibilidade de aplicar os conhecimentos prévios em novas situações.

2.2. Aplicação do teste de avaliação diagnóstica: monitorização e acompanhamento dos alunos durante a realização do teste, com esclarecimento de eventuais questões que possam surgir.

3. Revisões e síntese de conteúdos (± 10 min)

- Questionamento oral para revisão dos conceitos-chave pertinentes, para estabelecer ligação entre conteúdos e para introduzir a nova unidade temática.
- Esclarecimento de dúvidas relativas à matéria lecionada na aula anterior (com intervenção do professor-orientador se necessário).

4. Introdução ao estudo dos ciclos de vida (± 35 min)

4.1. Contextualização: o Sistema Terra e seus subsistemas (litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera) são dinâmicos e experimentam constantemente mudanças. Na biosfera a mudança está bem patente no ciclo de vida dos seres vivos, objeto das próximas aulas.

4.2. Metodologias e estratégias de ensino e aprendizagem: serão utilizados preferencialmente o modelo de ensino construtivista, o método por mudança conceptual e, intercaladamente, quando necessário (e.g apresentação de termos novos e vocabulário técnico; síntese de processos; dados históricos ou de estudos científicos; definições/conceitos; esclarecimento de dúvidas) o método expositivo (ensino por transmissão). Será privilegiado o inquérito ou questionamento oral, seguido de discussão orientada para os objetivos da aula, a partir de questões colocadas pelo professor, ou a partir da observação, análise e interpretação de imagens (e.g. fotografias, esquemas, gráficos e diagramas) que decorrerá durante a maior parte do tempo da aula.

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

Exploração de Diapositivos em Power Point

Diapositivo 2 (Diversidade de organismos cujos ciclos de vida serão estudados)

- Introdução da nova unidade temática, lembrado a grande variedade de organismos que se reproduzem sexuadamente e cuja história de vida podemos estudar.

Diapositivo 3 (Paisagem de Inverno com curso de água)

- Visualização da paisagem ilustrada como ponto de partida para estabelecimento de diálogo com dos alunos sobre o mundo natural dinâmico, em que nada é fixo e permanente (e.g. sucessão das estações do ano).

- Utilização da citação atribuída a Antoine de Lavoisier (1743-1794), pai da Química moderna: “Na Natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. A frase é associada à Lei da conservação da matéria, de Lavoisier – a matéria pode mudar de estado/forma mas a sua massa permanece constante. Esta citação, porém, é a reformulação de uma frase muito mais antiga, do filósofo grego Anaxágoras (ca. 500 a.C. — 428 a.C.) do período pré-socrático: “Nada nasce e nada perece, mas as coisas já existentes combinam-se e depois separam-se de novo”.

Pretende-se, através do estímulo da observação do mundo natural e da reflexão sobre o significado de uma frase ligada à história das ciências e do pensamento humano, introduzir a temática das mudanças cíclicas na Natureza, percecionadas pelo Homem, desde tempos remotos.

Exemplos de perguntas do professor, no âmbito da estratégia “inquérito e discussão orientada”:

“O que é um “ciclo”? Com que forma o representariam graficamente? Como o definiriam? Porquê?”

- Chamada de um aluno ao quadro para representação gráfica de um ciclo e interpretação do seu significado.

- “Conhecem exemplos de eventos cíclicos no mundo natural? Quais?”

Pretende-se, através do questionamento oral e *feedback* dos alunos, evocar exemplos de ciclos biogeoquímicos já estudados em Química, Física, Geologia e Biologia (e.g. ciclo celular; ciclo do carbono; ciclo da água; ciclo das rochas) e levar os alunos a construir ou

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

reconhecer a noção de sucessão de acontecimentos, que se repetem no tempo, sempre pela mesma ordem, para definir um ciclo.

Diapositivo 4 (Estruturas reprodutoras de distintos grupos de plantas e de um macrofungo)

- Observação e análise das imagens para i) identificação de diferentes grupos de plantas (plantas-não vasculares; plantas vasculares; plantas-com-semente; plantas-com-flor) e um macrofungo e ii) identificação das distintas estruturas reprodutoras representadas (flores, inflorescências, frutos, frutificações, cones femininos, cápsulas ou esporângios e soros). Não se espera que os alunos (re)conheçam todas estruturas e sua função, ou os termos técnicos que as designam.

Exemplos de perguntas do professor:

- Que tipo de seres vivos observam nestas imagens?
- Que tipo de estruturas serão estas, patentes em cada um deles?
- Estas estruturas estarão sempre presentes o longo do ano? (Apelo à memória visual dos alunos) / O aspeto destes organismos será o mesmo ao longo do ano? Porquê?
- Com que fenómenos estarão associadas as mudanças no aspeto dos organismos?
- Qual será a função destas estruturas?
- O que têm em comum estes seres vivos?
- **Conclusão do inquérito e discussão orientada com introdução do conceito de Ciclo de Vida.**

Espera-se que os alunos:

- Identifiquem plantas diferentes, com graus de complexidade estrutural distintos (e.g. musgos, fetos, plantas-com-flor, plantas herbáceas, plantas lenhosas - árvores).
- distingam o macrofungo (“cogumelo”) das plantas (e.g. não é verde, não fotossintetiza).
- reconheçam as estruturas visíveis como estruturas especializados na reprodução sexuada [flores da orquídea silvestre; estróbilos femininos de *Pinus*, amentilhos masculinos da aveleira (*Corylus avellana*); frutos (“bolotas”) de *Quercus*; carpóforo de um macrofungo; esporângios dos musgos; soros na folha de um feto (*Polypodium*)].
- tomem consciência de que as estruturas representadas se diferenciam apenas em determinadas épocas do ano e da vida destes organismos, e que fazem parte da sua fase reprodutora.

6

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

- reconheçam que os organismos sexuados passam por diferentes estádios ao longo da vida, evidenciando mudanças estruturais e morfológicas, que tendem a repetir-se, por uma determinada ordem, ao longo do tempo.
- compreendam que os ciclos de vida contam a história de cada ser vivo.
- compreendam e aprendam o conceito de Ciclo de Vida como uma série de mudanças e uma sucessão de acontecimentos, que se repetem no tempo, sempre pela mesma ordem, desde a concepção de um indivíduo até ao momento em que ele mesmo gera a sua descendência.

Diapositivos 5 e 6: Porque estudamos ciclos de vida?

Diapositivo 5: Estádios larvar e adulto da borboleta-monarca

Exemplos de perguntas do professor:

- Que tipo de organismos observam nestas imagens? (Animais invertebrados: borboleta/lagarta...)
- Haverá alguma relação entre estes animais? Qual?
- Serão seres diferentes? Serão formas diferentes da mesma espécie/ser? Porquê?
- Se vocês fossem extraterrestres, doutro planeta, se nunca tivessem observado uma borboleta e/ou uma lagarta, ao longo do tempo; se não aprendessem na escola; se nada soubessem da sua história de vida - adivinhariam que estão relacionadas?

...então fará sentido estudar ciclos de vida? Porquê? Qual a importância de estudar ciclos de vida? Orientação dos alunos, através do diálogo e discussão de ideias, levando-os a deduzir as principais razões pelas quais precisamos de estudar ciclos de vida.

1. Para CONHECER as múltiplas formas em que a Vida se revela, a enorme diversidade do mundo vivo. Precisamos de CONHECER para ESTUDAR, ADMIRAR, FRUIR, DESFRUTAR das maravilhas da Natureza que nos mantêm vivos e nos fazem felizes!

- **Se um dos estádios do ciclo de vida de um organismo desaparecer- o que acontecerá?** O ciclo não se completa e a espécie não se reproduz, não produz descendentes! **...e quais serão as consequências?** Haverá o risco de uma diminuição do número de indivíduos dessa espécie, que pode mesmo desaparecer na Natureza.

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

2. Para INVESTIGAR: é importante DESCOBRIR a função ecológica de cada ser vivo, nas diferentes etapas da sua vida, no seu ecossistema, pois todos os organismos desempenham um papel importante na biosfera.

3. Para PRESERVAR a biodiversidade do planeta: só conservamos aquilo que apreciamos e valorizamos. Não podemos gostar daquilo que não conhecemos! Há que PREVENIR desequilíbrios nas cadeias alimentares e nos ecossistemas terrestres e aquáticos, pois além dos efeitos locais, esses desequilíbrios podem refletir-se a uma escala regional e global na Terra.

Diapositivo 6: Exemplos de seres vivos que o Homem aprecia e/ou dos quais depende
[Sobreiro; lince-ibérico; leguminosas e gramíneas, dois grupos de plantas importantes na alimentação humana; carpóforo de um macrofungo (*Amanita muscaria*); conidióforos e conídios (esporos) do bolor produtor de penicilina (*Penicillium chrysogenum*)].

É importante estudar ciclos de vida...

4. Para PRODUZIR alimentos, medicamentos, bens de consumo e variadas matérias-primas para a indústria (e.g. cortiça; papel, madeira). Vivemos em interação permanente com outros seres vivos dos quais dependemos de muitas maneiras, principalmente das plantas e dos animais de que nos alimentamos para sobreviver, mas também de muitas outras espécies, como microrganismos, que produzem antibióticos, que decompõem matéria orgânica no solo ou são utilizados nos aterros sanitários e em solos contaminados com poluentes para “limpeza ambiental”.

5. Para UTILIZAR RECURSOS BIOLÓGICOS DE FORMA SUSTENTADA- é fundamental conhecer os ciclos de vida desses recursos e respeitar os períodos de procriação/multiplicação das espécies.

6. Para EVITAR e COMBATER PRAGAS E DOENÇAS em agricultura e silvicultura; em medicina veterinária (agropecuária, animais de companhia e fauna selvagem) e medicina humana. Os animais (fitófagos) que se alimentam de culturas agrícolas e silvícolas têm de ser controlados antes que se transformem em pragas e se perca a produção, com graves prejuízos económicos. Os organismos que causam doenças, e os parasitas que infetam seres humanos e outros animais (e.g. agente causador da malária;

8

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

lombrigas; ténia) têm o seu ciclo de vida- se não o conhecermos não poderemos intervir de forma eficaz, nem na prevenção, nem no tratamento, visto que nem todos os estádios do ciclo de vida de um agente patogénico ou de um parasita são igualmente afetados pelas estratégias de combate (agentes físicos, químicos ou biológicos).

7. Para SALVAR populações de organismos selvagens em risco de extinção.

Exemplo: insetos polinizadores como abelhas, borboletas e outros insetos, que contribuem para a fecundação cruzada, reprodução sexuada e variabilidade genética de grande parte das plantas com flor que constituem culturas agrícolas. As suas populações têm sofrido declínio acentuado a nível mundial.

8. Para RESTAURAR, MANTER e PROTEGER o nosso património natural (e.g. lince ibérico, já extinto em Portugal está agora a ser reintroduzido), uma herança de todos a PRESERVAR no presente e no futuro - para os vossos filhos e netos! A nossa espécie é a única com capacidade para olhar o passado e com ele aprender e melhorar o futuro do planeta e da humanidade.

Diapositivos 10 a 18 - Imagens de insetos (borboletas, libélulas e donzelinhas)

Fundamentação da escolha destes exemplos: abundância e diversidade dos insetos na biosfera e sua importância ecológica. Os insetos constituem pelo menos 80% de todas as espécies de animais que vivem na Terra.

- Visualização e análise das imagens dos estádios imaturos ou juvenis (larvas e ninfas) e estádios adultos de duas espécies de borboletas, de libélulas e donzelinhas, para mostrar como o mesmo ser vivo pode assumir formas muito diferentes ao longo do seu ciclo de vida.

- Utilização destes exemplos para justificar a necessidade de conhecer o ciclo de vida dos organismos, em geral.

- Questionamento dos alunos acerca de outros exemplos de animais com estádios morfológicos (e fisiológicos) distintos ao longo do seu ciclo de vida (e.g. rãs, a lampreia do Mondego).

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

Diapositivos 7, 8 e 9: Borboleta-monarca - *Danaus plexippus*

Os ciclos de vida dos insetos estão entre os mais estudados. Neles ocorre o fenômeno da metamorfose, um excelente exemplo, nos animais, de como a mesma espécie pode ao longo da sua existência, ter formas e necessidades (alimento, habitat) tão diferentes.

- Breve alusão a uma espécie migradora que tem sido alvo de um programa de recuperação à escala internacional.

Diapositivos 10 a 14

Exemplo do ciclo de vida de uma espécie de lepidópteros da entomofauna nacional: a borboleta-do-medronheiro - *Charaxes jasius*. As larvas estão “equipadas” com peças bucais que lhes permitem mastigar e triturar - têm uma dieta sólida, à base das folhas do medronheiro, que necessitam de ingerir continuamente, à medida que crescem e sofrem as mudas. Se sobreviverem (e.g. se houver alimento suficiente, se não forem predadas por aves) e se as condições ambientais permitirem que se cumpram, com sucesso, os vários estádios larvares até ao estágio pupal, a metamorfose ocorre ao fim de um determinado período de tempo, dentro da pupa ou casulo, e emerge o adulto.

O adulto tem a função de assegurar a reprodução e dispersão da espécie graças à sua capacidade de voo, que lhe permite deslocar-se para regiões afastadas da planta onde a borboleta-mãe efetuou a postura dos ovos que originaram o primeiro estágio larvar. Ao contrário das “lagartas”, borboleta adulta tem uma dieta líquida, pois suga o néctar das flores ou sumo de frutos por uma minúscula tromba. Se encontrar um adulto do sexo oposto dá-se o acasalamento e a fecundação, após o que a fêmea procurará uma nova planta hospedeira (medronheiro neste caso) e efetuará a postura dos ovos, assim se completando o ciclo de vida da espécie. As larvas que nascem após eclosão dos ovos, ao contrário dos adultos, não podem voar e embora se possam locomover, geralmente não saem da planta-hospedeira, onde vivem e da qual se alimentam vorazmente até entrarem no estágio pupal, momento em que todo o seu metabolismo se altera.

- Chamar a atenção para a metamorfose complexa das borboletas.
- Notar a distinta morfologia, estrutura, comportamento/fisiologia das larvas (estádios juvenis) e dos adultos:
- Sensibilizar para a vulnerabilidade das distintas fases do ciclo de vida, que podem ser afetadas por diferentes fatores ambientais, em função das necessidades específicas dos organismos nessas fases de existência.

10

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

Diapositivos 15 e 16

Exemplo do ciclo de vida de um dos mais antigos grupos de insetos na Terra, as libélulas ou libelinhas, que têm vindo a sofrer uma redução na diversidade e na abundância das suas populações. As libelinhas são insetos predadores que se alimentam de outros insetos, nomeadamente mosquitos e moscas. São cosmopolitas e povoam os ecossistemas terrestres desde o Paleozoico. Encontram-se preferencialmente em habitats próximos de corpos de água estagnada (poças ou lagos temporários), zonas pantanosas, ou perto de ribeiros e riachos. Os estádios imaturos (juvenis) designam-se por ninfas. As ninfas são aquáticas e carnívoras, alimentando-se de pequenos animais (insetos, girinos e peixes juvenis). As suas peças bucais estão adaptadas à mastigação. As libélulas são importantes bioindicadores da qualidade da água, pois as ninfas são muito sensíveis à poluição da água.

- Notar que nestes insetos mais primitivos existe um outro tipo de metamorfose, mais simples.
- Reparar que os estádios imaturos não diferem tanto dos adultos (como nas borboletas).
- Chamar a atenção para o facto destes insetos não dobrarem as asas sobre o abdómen (característica primitiva).
- Aproveitar a ocasião para detetar e corrigir possíveis ideias e conceções erradas dos alunos acerca destes e de outros insetos (e.g. as libelinhas NÃO atacam as pessoas- em vez disso são muito úteis no controlo de populações de mosquitos e outros insetos transmissores de doenças ao Homem).

Diapositivos 17 e 18

Exemplo do ciclo de vida das “donzelinhas”.

- Treino de memória e observação: “descubra as diferenças” (alternar a projeção de imagem libélula/donzelinha)- apesar de serem muito parecidas com as libélulas, as donzelinhas apresentam dois pares de asas muito semelhantes, ambos com a base mais estreita, os olhos estão separados na cabeça e corpo é mais delicado do que o das libélulas. Outra diferença é que quando pousadas mantêm as asas juntas e paralelas ao comprimento do corpo, ao contrário das libélulas, que as mantêm perpendiculares ao corpo. Tal como as libélulas têm metamorfoses mais simples do que a das borboletas.

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

Diapositivo 19 – Alternância de fases nucleares

- Projeção do esquema geral de um ciclo de vida.
- Chamada de um aluno ao quadro para interpretação oral do ciclo de vida, com questionamento direcionado para os objetivos enunciados em II:
 - *Reconhecer a meiose e a fecundação como fenômenos complementares, que ocorrem alternadamente na reprodução sexuada.*
 - *Relacionar a meiose e a fecundação com a redução e duplicação do número de cromossomos no núcleo da célula.*
 - *Compreender o significado dos termos haploide, haplofase, diploide e diplofase.*
 - *Localizar e distinguir a fase haplóide (haplofase) da fase diplóide (diplofase).*

VII. Finalização da aula e ligação à aula seguinte (±5 min)

Levar os alunos a compreender que...

...o conceito de ciclo de vida é aplicável a todos os organismos. O ciclo de vida deve ser entendido como uma sucessão natural de eventos da história reprodutiva de qualquer ser vivo na Natureza, desde os organismos mais simples ao Homem, dado que uma das características de todo o ser vivo é a REPRODUÇÃO.

...é importante estudar ciclos de vida por várias razões, nomeadamente porque a sobrevivência do Homem depende de outros seres vivos (e.g. para alimentação, obtenção de matérias-primas para a construção civil, produção de medicamentos e outras substâncias químicas; combate e prevenção de doenças; preservação do equilíbrio dos ecossistemas).

...a intervenção do Homem em qualquer etapa de um ciclo de vida pode interferir com a sobrevivência das espécies.

VIII. Avaliação dos alunos

- Questionamento oral
- Questionamento escrito (pré-teste)
- Observação de parâmetros atitudinais em sala de aula

Comportamento em contexto da sala de aula

- Acata as regras, e indicações no sentido da construção de um ambiente de trabalho agradável e favorável ao processo de ensino e aprendizagem?
- Compreende a necessidade e a importância de manter a ordem, disciplina e harmonia na sala de aula?

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

- Reconhece a autoridade do professor como educador?
- Demonstra habitualmente respeito pelo professor e pelos colegas?
- Respeita a participação dos colegas fazendo silêncio para os escutar?
- Espera a sua vez para falar?
- Interrompe, de forma inoportuna, o professor/colegas?
- Exprime-se com correção no sentido da boa convivência social e escolar?
- Está, habitualmente, atento? Está presente “por inteiro”?
- “Ausenta-se”/ distrai-se frequentemente com o telemóvel/”gadgets”?

Participação do aluno no processo de ensino e aprendizagem

- Envolve-se e empenha-se ativamente, de forma responsável, no seu próprio processo de aprendizagem?
- Demonstra interesse e envolvimento?
- Contribui de algum modo para uma discussão crítica, criativa, geradora de novos conhecimentos e novas ideias na turma?
- Coloca questões pertinentes?
- Exprime as eventuais dificuldades, solicitando apoio?
- Tem intervenções orais interessantes e oportunas, dando um contributo válido para a aprendizagem individual e coletiva?
- Cooperar na realização de tarefas, por iniciativa própria e/ou quando solicitado?

Figura 39 (continuação) – Plano a curto prazo da primeira aula do subtema “Ciclos de vida: unidade e diversidade”, lecionado na componente de Biologia do 11º ano de escolaridade.

**Estágio Pedagógico - Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia
no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário**

PLANO DE AULA – GEOLOGIA 11

Escola: Secundária de D. Duarte	Docente da turma: Paulo Magalhães	Docente estagiário: Cristina M. Seabra Ferreira
Turma: 11.º A	Nº de alunos: 25	Casos especiais: Daniela, aluna com deficiência visual (entre muitas outras)
Dia da aula: Sexta feira 04/05/ 2015	Hora: 14:45-16:05 Duração: 45 min Sala: LCI	
Disciplina: Biologia e Geologia		Tema 2: Processos e Materiais Geológicos Importantes em Ambientes Terrestres Subtema 2.1: Rochas sedimentares

Aula nº 8 /N.º 81 Segunda feira, 04/05/2015

I. Sumário:

Conclusão do estudo dos Princípios Fundamentais da Estratigrafia. Importância dos fósseis de fácies e fósseis de idade. Conceito de tempo geológico e escala do tempo geológico.

II. Objetivos

- Relembrar os princípios fundamentais da Estratigrafia
- Compreender a origem dos conceitos de coluna e sequência estratigráficas
- Ordenar cronologicamente os estratos de uma sequência estratigráfica, aplicando os princípios acima enumerados
- Distinguir e conhecer exemplos de fósseis de fácies (ou de ambiente) e fósseis idade (ou estratigráficos)
- Justificar a importância do estudo dos fósseis, em particular os fósseis de ambiente e fósseis estratigráficos

Figura 40 – Plano a curto prazo da oitava, e última, aula do subtema “Rochas sedimentares”, lecionado na componente de Geologia do 11º ano de escolaridade.

- Conhecer o conceito de tempo à escala geológica (ETG), tempo geológico (TG) ou “deep time”
- Distinguir os conceitos de datação relativa e datação radiométrica ou “absoluta”
- Compreender a ETG como um calendário que ordena os eventos marcantes da História da Terra, desde a origem do planeta há cerca de 4,6 Ga até ao presente, construída com base em dados radiométricos e dados biostratigráficos
- Reconhecer a complementaridade dos dados biostratigráficos e geocronológicos, bem como a importância de os integrar na elaboração de uma tabela cronostratigráfica com maior precisão
- Ter presente que a tabela cronostratigráfica internacional não é definitiva, mas antes se encontra em permanente revisão e atualização, em função dos novos dados produzidos anualmente pela investigação científica

III. Conceitos / Palavras-chave

Fóssil de ambiente ou de fácies; Estratigrafia; Cronostratigrafia; Biostratigrafia; Fóssil de idade/estratigráfico; Datação relativa: Geocronologia; Datação absoluta; Datação radiométrica; Princípio da Horizontalidade Original; Princípio da Sobreposição; Princípio da Continuidade Lateral; Princípio da Identidade Paleontológica; Princípio da Sucessão Faunística; Princípio da Inclusão; Princípio da Interceção; Desconformidade; Discordância Angular; Não conformidade; Descontinuidade; Tempo Geológico; Escala do Tempo Geológico; Tabela Cronostratigráfica Internacional.

IV. Conteúdos

- Princípios fundamentais da Estratigrafia
- Conceitos de fóssil de ambiente e fóssil de idade
- Datação relativa e datação radiométrica
- Conceito de tempo à escala geológica
- Escala do tempo geológico
- Tabela cronostratigráfica internacional

Figura 40 (continuação) – Plano a curto prazo da oitava, e última, aula do subtema “Rochas sedimentares”, lecionado na componente de Geologia do 11º ano de escolaridade.

V. Lista de materiais (consultados ou a utilizar durante a aula)

A. Documentos em suporte de papel

- Plano de aula
- Manual Escolar (ME) adotado e Livro do Professor:
- Programa Curricular Nacional da disciplina de Biologia e Geologia, do 11.º ano de escolaridade, ainda em vigor em 2014-2015.

B. Informação em suporte digital

- Press, F., Siever, R., Groetzinger, J., & Jordan, T.H. (2004). *Para Entender a Terra*. Porto Alegre-São Paulo: Artmed Editora S. A. (PDF)
- Diversos *websites* científicos, discriminados nos diapositivos correspondentes
- Apresentação eletrónica em *Power Point* (ppt)
- Quadro interactivo (QI)
- Projetor multimédia (*datashow*)

C. Outros

- Quadro branco e marcador

D. Referências bibliográficas

- Grotzinger, J., & Jordan, T. H. (2010). *Understanding Earth*. New York: Freeman and Company.
- Dias, A. G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2008). *Biologia e Geologia, 11.º Ano, Ensino Secundário. Geologia 11*. Porto: Areal Editores.
- Dias, A. G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2008). *Biologia e Geologia, 11.º Ano, Ensino Secundário. Geologia 11. Livro do Professor*. Porto: Areal Editores.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy*. Chichester: Wiley-Blackwell.

VI. Metodologias e sequência de atividades propostas ao longo da aula

I. Abertura (± 5-10 min)

- Verificação de presenças (assiduidade).
- Projeção do diapositivo n.º 1 (D1) e ditado do sumário.
- Exposição oral com síntese e recapitulação de conceitos-chave da aula anterior
- Eventual esclarecimento de dúvidas sobre a aula anterior

Figura 40 (continuação) – Plano a curto prazo da oitava, e última, aula do subtema “Rochas sedimentares”, lecionado na componente de Geologia do 11º ano de escolaridade.

2. Desenvolvimento (± 30 min)

- Treino de observação- exploração de recursos visuais -restantes diapositivos (ppt)
- Análise e interpretação de esquemas
- Inquérito e discussão orientada a partir das observações efetuadas
- Exercício de aplicação dos princípios da Estratigrafia
- Observação de fósseis em amostras de mão (coleção do laboratório da escola) e em fotografias (ppt).
- Observação de afloramentos de rochas estratificadas em fotografia (ppt)
- Diálogo com os alunos acerca do conceito de tempo à escala geológica
- Breve recapitulação de conteúdos lecionados no 10.º ano (datação relativa e datação absoluta) seu significado e contributo para a construção da ETG, com datas estimadas dos eventos marcantes da História da Terra
- Projeção e exemplificação de diferentes formas de apresentação da ETG
- Divulgação da Tabela Cronostratigráfica Internacional como ferramenta de trabalho dos geocientistas, e outros investigadores de áreas afins, em qualquer parte do mundo

3. Conclusão do subtema Rochas Sedimentares

4. Professor orientador: entrega e correção da prova de avaliação sumativa

VII. Avaliação

Observação direta dos alunos:

- Cumprimento de regras básicas de comportamento em sala de aula
 - Consideração e respeito pelo professor e colegas
 - Atitude (cooperante ou não) e postura (atenta vs. alheada ou perturbadora)
- Criatividade, capacidade de raciocínio e análise crítica
- Contributo para a aprendizagem individual e colectiva através de sugestões e intervenções oportunas
- Qualidade de respostas face ao questionamento oral
- Interesse, esforço e solicitude demonstrados na execução de tarefas
- Colocação de questões pertinentes (pelo valor indicador da evolução da aprendizagem do aluno ou de lacunas a colmatar, erros a corrigir ou imprecisões a clarificar por parte do professor)

Figura 40 (continuação) – Plano a curto prazo da oitava, e última, aula do subtema “Rochas sedimentares”, lecionado na componente de Geologia do 11º ano de escolaridade.

5.3.2.3. Seleção e implementação de recursos didáticos

Após a escolha dos temas, definição dos conteúdos a lecionar e revisão bibliográfica, seguiu-se a construção de materiais didáticos, selecção e adequação de recursos já concebidos por outros autores, de modo a assegurar o cumprimento dos objetivos de aprendizagem, de acordo com o programa curricular, as planificações e orientações pedagógicas. Em função das metodologias e estratégias a implementar, foram utilizados recursos visuais não projetáveis e recursos visuais projetáveis. Entre os primeiros, destacam-se o livro impresso, como o manual escolar adotado (livro do professor e correspondente versão do aluno) e livros de texto académicos, a partir dos quais foram retirados exercícios, imagens e esquemas. Aqui se incluem, também, os materiais didáticos impressos, em suporte de papel, como a ficha de trabalho de Biologia, o protocolo da atividade prática laboratorial de Biologia e os planos de aula de apoio à lecionação.

Utilizaram-se também, pontualmente, o quadro branco e marcador; amostras de mão (rochas, fósseis, minerais e partículas detríticas, como areias e cascalho), que integram as coleções didáticas do laboratório; espécimes vivos, propositadamente colhidos para observação (microalgas, musgos, fetos, órgãos de plantas com semente, como pinhas, sementes, flores e frutos) e alguns modelos de estruturas biológicas presentes no laboratório (*e.g.* modelo 3D do esporângio do polipódio).

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) foram cruciais como suporte digital dos recursos visuais projetáveis, nomeadamente os vídeos, animações e diapositivos, estes construídos no modelo de apresentação “PowerPoint”. O equipamento utilizado incluiu computadores, um de secretária (“fixo”) presente na sala de aula, e outro portátil, pessoal; “pendrive” e disco externo; quadro interativo e respetivo *software*; ponteiro laser “wireless”, com controlo remoto para apresentação de diapositivos; “data show” (projetor multimédia) e ainda a ligação à Internet, que permitiu o acesso a animações e vídeos educativos, disponíveis em linha, durante a aula, ou previamente descarregados e gravados como ficheiros mp4. Outros dispositivos utilizados foram a máquina fotográfica digital para captação de imagens de plantas, solo e rochas, no exterior, e a câmara fotográfica do telemóvel para captação de imagens, ao microscópio, utilizadas na elaboração do relatório da atividade prática laboratorial.

O facto de 2015 ter sido assinalado pelas Nações Unidas como Ano Internacional do Solo ([#IYS2015](#)) permitiu recolher e selecionar um conjunto importante e diversificado de recursos didáticos, concebidos pela F.A.O., em parceria com Organizações Não-

Governmentais (ONGs), Centros de Investigação e Sociedades Científicas de Ciências do Solo de vários países, que durante o ano de 2015 realizaram ações educativas de sensibilização e de divulgação científica, em todo o mundo. Entre esses recursos destacam-se jogos didáticos, calendários, gráficos e painéis informativos, fichas de atividades práticas, livros em formato digital, documentários, filmes e animações, duas delas, adaptadas para Português do Brasil, selecionadas para projeção numa aula de Geologia.

A ligação à Internet permitiu o acesso a bancos de recursos didáticos de diversas instituições ligadas à Investigação e Educação, nacionais e internacionais, mas a maioria dos recursos validados não se encontram em Língua Portuguesa, tendo sido necessário proceder à desconstrução de esquemas e legendas das imagens, e sua reconstrução para adaptação, o que consumiu muito tempo em programas de imagem (arranjos gráficos digitais). Os *websites* “[Escola Virtual](#)”, coordenado pela [Porto Editora](#); “[Wikiciências](#)”, uma enciclopédia digital, de acesso livre e gratuito, destinada a professores e alunos de todos os níveis de ensino, coordenada pela [Casa das Ciências](#) (ligada à [Fundação Calouste Gulbenkian](#)); o portal do [Laboratório Nacional de Energia e Geologia](#) (LNEG) e o seu [glossário](#), são exemplos de fontes de recursos disponibilizados no nosso país.

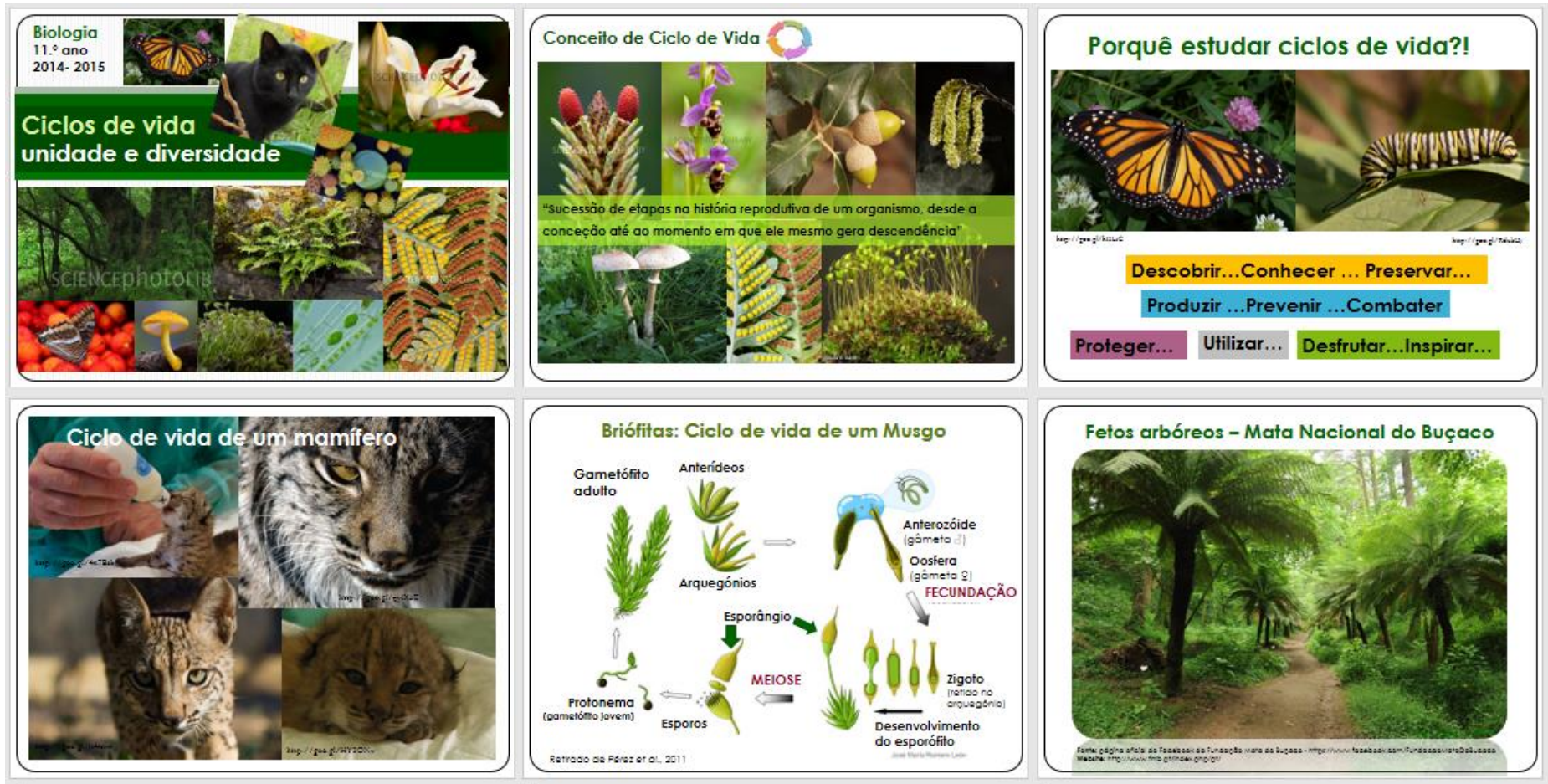


Figura 41 – Exemplos de diapositivos, construídos em PowerPoint, utilizados nas aulas de Biologia 11º ano de escolaridade para leccionar a temática “Ciclos de vida”. Nesta seleção observam-se fotografias e esquemas alusivos a diversos grupos de seres vivos, nomeadamente plantas, animais (mamíferos e insetos), fungos, e estruturas envolvidas na reprodução sexuada.



Figura 41 (continuação) – Exemplos de diapositivos, construídos em PowerPoint, utilizados nas aulas de Biologia do 11º ano de escolaridade para leccionar a temática “Ciclos de vida”. Nesta seleção observam-se fotografias e esquemas alusivos aos ciclos de vida das plantas-vasculares: pteridófitas, gimnospérmicas e angiospérmicas.

Etapas formação rochas sedimentares

Sedimentogénese

Rochas aflorantes
 ↓
 Alteração ou Meteorização
 ↓
 Erosão
 ↓
 Transporte
 ↓
 Sedimentação/Deposição
 ↓
 Diagénese

Expansão por descompressão

My name is Sauro... Dino Sauro!

Tempo 1 Rocha intrusiva solidifica no interior da crosta, em equilíbrio com a rocha encaixante. A pressão externa equilibra a pressão interna.

Tempo 2 Erosão expõe a rocha intrusiva. Ocorre descompressão e exfoliação

<http://geo.gj.it/mGGI>

Meteorização física apenas ?

Parque Nacional da Serra de Andújar (Espanha)

2. Agentes de Erosão e Transporte

2.1 Água

Como em muitas situações do nosso dia-a-dia, a erosão tira de um lado para pôr num outro

Argila em suspensão na água do no Amazonas.

Estratificação em rochas carbonatadas do Jurássico Médio. Maciço Calcário de Sicó-Alvaiázere

Estratificação planar em margas e calcários margosos jurássicos. Cabo Mondego, Figueira da Foz

Mapa assinalando a posição das pegadas encontradas no Cabo Mondego por Jacinto Gomes (1915-1916)

Esquema de quatro pegadas *Megalosauropus lusitanicum* (sensu Lockley et al. 1996), do Cabo Mondego

Figura 42 – Exemplos de diapositivos, construídos em PowerPoint, utilizados nas aulas de Geologia do 11º ano de escolaridade para leccionar a temática “Rochas sedimentares”. Nesta seleção observam-se fotografias e esquemas alusivos às diferentes etapas da sedimentogénese (meteorização, erosão, transporte e deposição) e a algumas estruturas sedimentares (estratos/camadas planares e icnofósseis), ilustradas com exemplos concretos da região centro de Portugal.

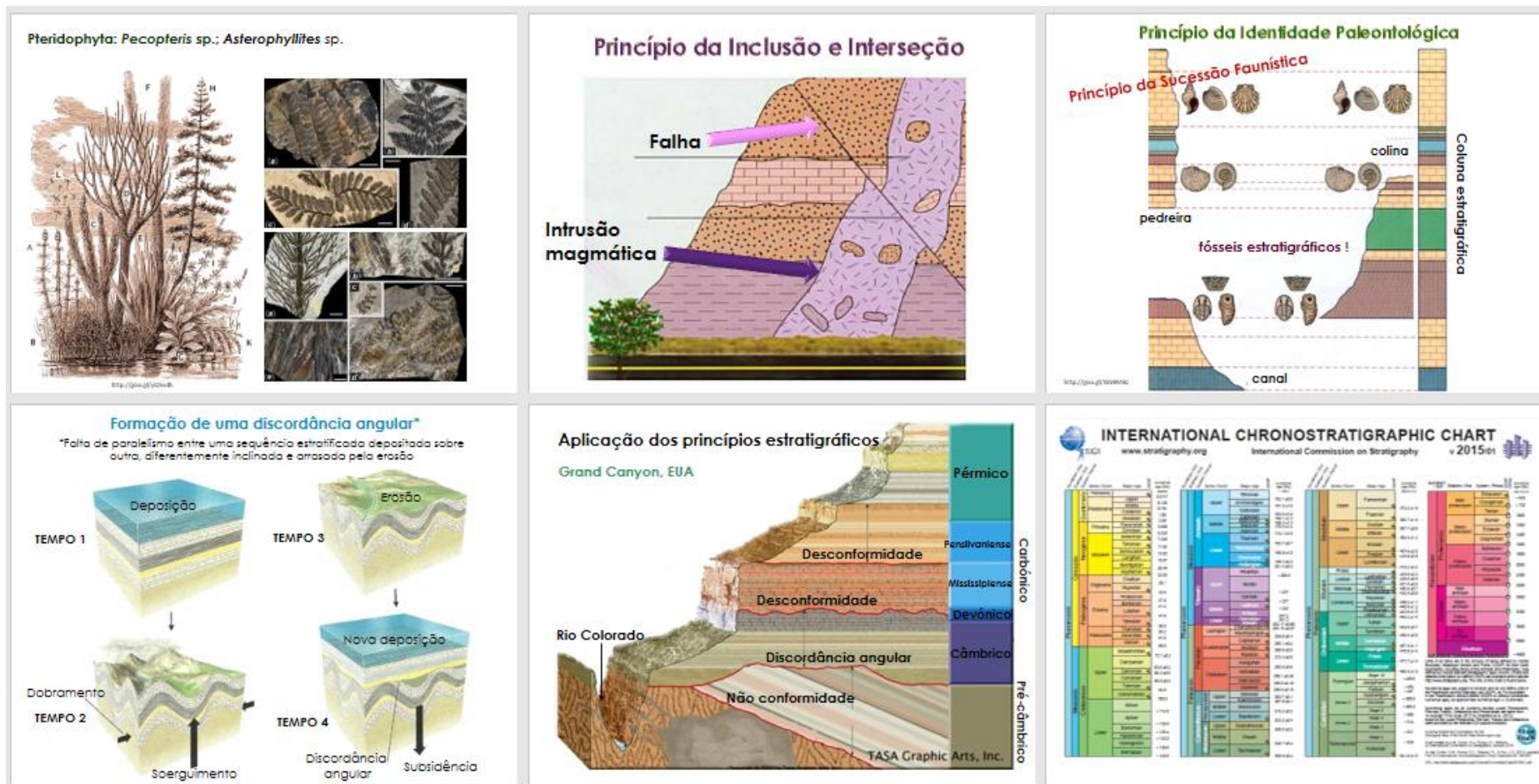


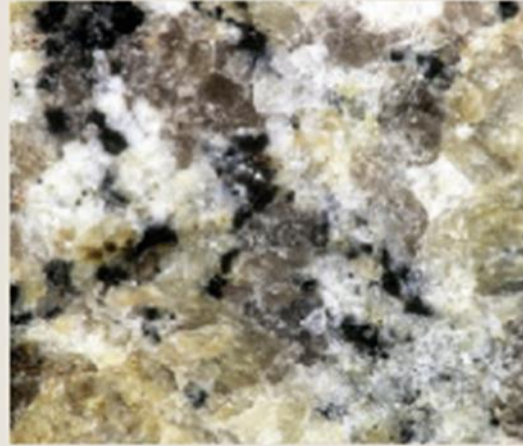
Figura 42 (continuação) – Exemplos de diapositivos, construídos em PowerPoint, utilizados nas aulas de Geologia do 11º ano de escolaridade para leccionar a temática “Rochas sedimentares”. Nesta seleção observam-se imagens e esquemas alusivos à Paleobotânica, exercícios de aplicação dos princípios fundamentais da Estratigrafia e apresentação da tabela cronostratigráfica internacional, com a qual se concluiu a leccionação do subtema de Geologia.

ATIVIDADE ALTERAÇÃO DO GRANITO

Analise, com atenção, as imagens e as informações que se seguem relativas ao granito.



Bloco granítico (Serra da Estrela).



Granito (amostra de mão).

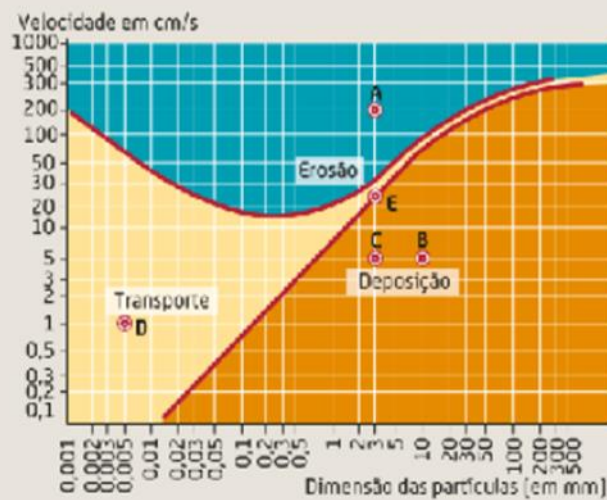
MINERAIS DO GRANITO	ANTES DA METEORIZAÇÃO	DEPOIS DA METEORIZAÇÃO
Quartzo	+++	+++
Feldspato	+++	+
Micas	+++	+
Micas alteradas	0	++
Argilas	0	+++

1. Quais as zonas de um bloco granítico mais suscetíveis de alteração? Justifique a sua resposta.
2. Identifique, justificando, o mineral mais resistente à meteorização.
3. Indique:
 - a) dois minerais pouco resistentes à meteorização;
 - b) um mineral que surja com a meteorização.

Figura 43 – Exemplo de um recurso didático adaptado do manual escolar de Geologia (p. 48) do 11º ano de escolaridade sobre a meteorização do granito. Adaptado de Matias et al. (2008).

ATIVIDADE DIAGRAMA EXPERIMENTAL DE HJULSTRÖM

No gráfico seguinte estão representadas as curvas que delimitam as áreas da erosão, transporte e sedimentação em função da dimensão das partículas [mm] e da velocidade de uma corrente de água [cm/s].
(os eixos das ordenadas e das abscissas encontram-se em escala logarítmica.)



(Continua na página seguinte.)

ATIVIDADE DIAGRAMA EXPERIMENTAL DE HJULSTRÖM

- 1 Indique as letras do gráfico onde se verificam as seguintes situações:
 - a) uma partícula de 3 mm é erodida;
 - b) ocorre exclusivamente a sedimentação;
 - c) uma partícula é deslocada.
- 2 Indique o valor aproximado da velocidade da corrente para que:
 - a) uma partícula de 1 mm inicie o transporte;
 - b) uma partícula de 10 mm seja erodida.
- 3 Para uma velocidade constante de 10 cm/s, indique o tamanho das partículas para que:
 - a) estas sedimentem;
 - b) sejam transportadas.

Figura 44 – Exercícios selecionados do manual escolar de Geologia (pp. 50-51) sobre o diagrama experimental de Hjulström que delimita, relativamente a um curso de água, os domínios de erosão, transporte e sedimentação de partículas, em função da velocidade da corrente (expressa em cm/s) e das dimensões das partículas (expressas em mm). Retirado de Matias et al. (2008). Constatou-se um erro na designação do nome do investigador sueco Henning F. Hjulström (1902-1982) que estabeleceu as curvas do diagrama. Assim, onde se lê “Hulström” deveria estar escrito “Hjulström”.

5.3.2.4. Seleção e implementação de estratégias e metodologias

As estratégias pedagógicas e métodos de ensino foram muito semelhantes àquelas que o orientador cooperante já vinha utilizando, com sucesso, com estes alunos, de modo a captar a sua atenção e despertar o interesse pelas matérias, fomentando um ambiente de aprendizagem descontraído, mas garantindo, ao mesmo tempo, um comportamento correto em sala de aula. Houve também abertura às ideias, sugestões e perspectivas da professora estagiária, bem como à expressão da sua criatividade, sendo valorizada a inovação e a flexibilidade na aplicação e articulação das estratégias e metodologias programadas. Foi encorajada a iniciativa e a autonomia na tomada de decisões e na execução de tarefas durante a leção.

Várias interrogações estiveram subjacentes à escolha das estratégias pedagógicas e dos métodos de ensino, sempre discutidos antes de cada aula. Entre as muitas questões que se levantaram, e que poderiam aplicar-se a qualquer unidade temática, destacam-se, essencialmente: *i)* “Que conteúdos programáticos tenho obrigatoriamente de lecionar?”; *ii)* “Dentro desses conteúdos, o que é prioritário e mais relevante que os alunos aprendam? - “Porquê?”; “Para quê?” - “Para que metas e objetivos de aprendizagem devo conduzir os alunos?”; *iii)* “Que conceitos e processos quero que conheçam e compreendam?”; *iv)* “Como facilitar a aprendizagem dos conteúdos?”; *v)* “Como motivar os alunos?” / “Como despertar a curiosidade pelas ciências naturais?” / “Como apelar ao entusiasmo e desejo da descoberta?”; *vi)* “Como encorajar o questionamento oral, o envolvimento e a participação ativa dos alunos no seu processo de aprendizagem e na aprendizagem do grupo?”; *vii)* “Como pôr os alunos a pensar?” / “Como fomentar o espírito crítico e analítico?”; *viii)* “Como tornar os conteúdos mais atrativos, próximos e concretos, ligando-os à realidade do quotidiano dos alunos e suas famílias?”; *ix)* “Que desafios pretendo lançar?”; *x)* “Que mensagem global me proponho transmitir?” / “Como mostrar, de forma clara e inequívoca, a importância do conhecimento dos recursos naturais, biológicos e geológicos?”; *xi)* “Como incutir nos alunos o sentido da sua responsabilidade na preservação destes recursos?”; *xii)* “Que competências e capacidades quero promover e testar?”; *xiii)* “Qual a melhor forma de estimular a capacidade de interpretação e de exercitar o raciocínio dos alunos, tendo em conta a tipologia de questões, exigências e (novas) situações conceptuais (questões de aplicação) a que serão sujeitos no Exame Nacional?”.

Tanto na seleção, como na implementação de materiais, estratégias e métodos pedagógicos, procurou-se refletir sobre a questão: “O processo de ensino e aprendizagem deve ter fundamentalmente em vista a preparação dos alunos para as avaliações sumativas,

os exames nacionais e outros testes indicadores de literacia, ou, em vez disso, o professor deve nortear o seu trabalho para aprendizagens significativas, contribuindo para a formação integral de seres humanos com maior cultura científica e humanística, independentemente das escolhas vocacionais e profissionais que venham a fazer? Uma reflexão que continua aberta a discussão.

Algumas das estratégias pedagógicas sobrepõem-se com recursos didáticos referidos em 5.3.2.3, na medida em que a utilização desses recursos foi, também, uma estratégia de intervenção. Entre as estratégias mais utilizadas destacam-se o “inquérito e discussão orientada”, que envolveu as perguntas do professor (estagiária e orientadores), mas também as perguntas dos alunos e a exploração dos recursos audiovisuais, sobretudo a projeção dos diapositivos em “PowerPoint” que, entre outras funções, permitiu fazer interpretação de fotografias (paisagens naturais, seres vivos e estruturas), desenhos, esquemas e diagramas. No conjunto de recursos visuais projetáveis, os vídeos tutoriais, para consolidar conhecimentos ou assinalar efemérides científicas, assim como “*video clips*” musicais (e.g. [“Fossil Rock Anthem”](#)), constituíram ferramentas estratégicas complementares de ensino e aprendizagem, com as quais se procurou cativar/motivar os alunos de modo informal, inclusive durante os períodos de interrupção (intervalos) das aulas de longa duração (135 min). É de salientar que a observação e interpretação de situações concretas em projeções de diapositivos, filmes e vídeos é, precisamente, uma das sugestões metodológicas do programa de Geologia.

A utilização de esquemas durante a aula funcionou como estratégia de suporte à construção gradual do conhecimento, contribuindo também para estabelecer a relação entre tópicos, e fazer a síntese e revisão de conteúdos. As atividades de papel e lápis, como a resolução de exercícios, de aplicação ou de revisão, na ficha de trabalho formativa de Biologia e no livro do aluno, ou, em alternativa, no quadro interativo, foram, também, estratégias importantes de consolidação de conhecimentos.

O estabelecimento de analogias simples entre estruturas estudadas e objetos utilizados pelos alunos e pela sociedade em geral, na vida quotidiana, assim como a comparação de alguns processos com situações e fenómenos observáveis noutros contextos, foi outra maneira de aproximar os alunos dos conteúdos lecionados. Uma das analogias mencionadas nas aulas de Biologia baseou-se no “fecho-éclair” e na “catapulta”, para elucidar o [mecanismo de libertação de esporos pelos esporângios dos fetos](#) (Noblin, Rojas, Westbrook, Llorens, Argentina & Dumais, 2012). Na Geologia, outro exemplo foi a referência à confeção de bolos em camadas para facilitar a compreensão do processo de

enchimento de bacias sedimentares, dos princípios fundamentais da Estratigrafia (horizontalidade original e sobreposição) e do conceito de idade relativa.

Na componente letiva de Biologia, a introdução ao estudo dos ciclos de vida fez-se através da exploração de uma ficha de avaliação formativa (“Morfologia e reprodução do bolor *Rhizopus stolonifer*” (p. 182), fornecida aos alunos em suporte de papel e projetada no quadro interativo, com a leitura do texto informativo da primeira parte, feita pelos alunos, em voz alta, e visualização das respetivas figuras, articuladas com comentários e perguntas do professor, seguidos da resolução das questões da segunda parte do documento, no papel e, por fim, a sua correção no quadro interativo. Complementou-se este trabalho com a mostra de uma animação, acedida através da ligação direta à Internet. Nestas aulas, seguiram-se as sugestões metodológicas do Programa, realizando-se atividades de trabalho colaborativo, em pequenos grupos de alunos, para observação de espécimes vivos; de diferentes grupos de organismos, cujos ciclos de vida tinham sido estudados, de modo a facilitar a interpretação, comparação e sistematização do conhecimento. Para esse efeito, selecionaram-se amostras de organismos com os quais os alunos já estavam familiarizados, colhidas em *habitats* da região, junto da escola e noutros locais da cidade (*e.g.* Quinta das Lágrimas e Jardim Botânico) e nas freguesias periurbanas (muros de jardins / bermas de caminhos, terrenos agrícolas e de matas). O manuseamento dessas amostras e a observação das estruturas (macroscópicas e microscópicas) dos organismos permitiu materializar e objetivar as informações/imagens nos diapositivos e as descrições, apresentadas aos alunos no manual escolar, promovendo o contacto direto (“*hands on*”) com exemplares vivos no decorrer das aulas, particularmente durante a realização da atividade prática laboratorial de Biologia.

As atividades práticas laboratoriais realizadas, dentro dos tempos letivos, envolveram o estudo da morfologia de uma alga carófito do género *Spirogyra*, de plantas-não-vasculares (briófitas) e de plantas-vasculares-sem sementes (pteridófitas). Para além da observação macroscópica dos gametófitos das briófitas, dos esporófitos das pteridófitas, e respetivas estruturas reprodutoras, a olho nu e ao microscópio estereoscópico, observaram-se também, ao microscópio ótico composto (MOC), preparações temporárias de filamentos da espirogira, esporângios e meiosporos de musgos e de fetos, havendo lugar, tanto para trabalho individual, como de grupo.

A elaboração individual, subsequente, do relatório em “V de Gowin” (“*minds-on*”), que incidiu sobre a morfologia e reprodução sexuada do polipódio, constituiu um instrumento de avaliação para o professor, no sentido de melhor aferir o grau de

envolvimento e participação de cada aluno nas tarefas acima referidas, e de compreender se o aluno tinha, ou não, sido capaz de integrar os conhecimentos teóricos, no que respeita ao ciclo de vida desta planta, com as atividades práticas desenvolvidas (Fig. 47, p. 193). Devido aos constrangimentos de tempo, o espaço semanal “Clube das Ciências”, ainda que não obrigatório para os alunos, foi aproveitado para a realização de algumas atividades práticas complementares, relacionadas com o estudo do ciclo de vida das plantas-com-flor (e.g. “Germinação dos grãos de pólen de uma angiospérmica”).

O trabalho laboratorial, tal como o trabalho de campo, são opções metodológicas fundamentais e indispensáveis no ensino das ciências físicas e naturais, que permitem a realização de diversas atividades práticas e estimulam o raciocínio, potenciando o desenvolvimento de competências científicas. Contudo, o extenso programa e as inerentes limitações de tempo, de infraestruturas e/ou equipamento dos laboratórios das escolas, não permitem, muitas vezes, que um maior número de tempos letivos seja reservado a este tipo de trabalhos. Outro fator limitante, no caso das aulas de campo, é a necessidade de organização e articulação do calendário escolar da disciplina de Biologia e Geologia com os eventos previstos nas outras disciplinas, que dificilmente deixam margem para a concretização de todas as atividades propostas pelos docentes.

No âmbito da componente letiva de Geologia estava prevista uma aula de campo, de acordo com as próprias sugestões do programa da disciplina, com deslocação dos alunos ao [Vale Glaciar do Zêzere](#). Esta atividade, que teria incluído um percurso pedestre com guia local, teria permitido a análise *in situ* de situações-problema, contemplando vários objetivos didáticos, como o contacto com escalas de observação distintas: (paisagem, afloramento e amostra de mão), o estudo das etapas da sedimentogénese (meteorização, erosão, transporte fluvial e flúvio-glaciário e deposição), e o conhecimento da história geológica e da geomorfologia da região do [Parque Natural da Serra da Estrela](#), promovendo, simultaneamente, a observação da flora local. Infelizmente, pelas razões já enumeradas, não foi possível concretizar essa atividade. Esta lacuna foi parcialmente compensada por outra atividade, promovida pelos docentes de Língua Portuguesa, de deslocação a Sintra, onde, no âmbito do “Roteiro Queirosiano”, os professores de Biologia e Geologia propuseram agregar uma visita ao [Museu de História Natural de Sintra](#), descrita em 5.6.2. (p. 227).

A lógica “*hands on*” presidiu, também, à escolha de amostras de mão de rochas sedimentares (diferentes tipos de rochas, minerais e fósseis), como sugere o programa de Geologia, para identificação de algumas características e estudo da classificação das rochas

sedimentares, mas devido à extensão de conteúdos a lecionar e à dificuldade de gestão dos tempos letivos, não foi possível implementar atividades práticas laboratoriais. A participação dos alunos no [X Congresso dos Jovens Geocientistas \(X-CJG\)](#), uma atividade extracurricular (AEC) detalhada em 5.4. (p. 194) foi uma estratégia pedagógica complementar, que envolveu trabalho colaborativo e aprendizagem em grupo fora dos tempos letivos, a qual, além de promover o desenvolvimento de competências relacionais, procurou estimular o desenvolvimento de competências científicas, como a elaboração de um resumo científico e de uma comunicação em painel/oral.

O recurso à história das ideias e o relato de experiências clássicas, com referência à obra de cientistas célebres, foi uma forma de ilustrar o pensamento subjacente à investigação científica que busca respostas para as questões sobre o mundo físico e natural através da evidência comprovada. A divulgação oral de trabalhos que contribuíram, de forma decisiva, para o avanço do conhecimento e por isso mesmo marcaram a História da Ciência, foi uma opção tomada para enriquecer as aulas e promover a cultura científica junto dos jovens. Uma vez que os exemplos históricos constituem testemunhos de dedicação à ciência, houve também, nesta decisão, a intenção de dar a conhecer personagens que pudessem servir como fonte de inspiração (*“role models in science”*), procurando cativar e entusiasmar os alunos, no sentido, não só, de reforçar o sucesso do processo de ensino e aprendizagem, mas também de contribuir para despertar eventuais vocações para as carreiras em STEM (*Science, Technology, Engineering & Mathematics*) particularmente no âmbito das Ciências da Vida e da Terra.

Este tipo de estratégia, que poderia ser alargada a uma atividade prática laboratorial, é apontada nos programas curriculares de Biologia e Geologia, em particular no programa de Geologia do 12.º ano, como um meio de exemplificar o método experimental e de elucidar os alunos sobre a construção de modelos e teorias em ciências. Segundo Amador e Silva ([DGIDC–ME, 2006](#)), uma perspetiva histórica ajuda os alunos a compreender como se constrói o conhecimento e se desenvolve a Ciência ao longo do tempo, nunca como um corpo de conhecimentos definitivo e fechado, mas como um *corpus* em permanente evolução, em função de novas descobertas e evidências

No que respeita aos métodos de ensino e aprendizagem, a transmissão oral de conhecimentos, ou seja, o chamado “ensino por transmissão” (EPT), vulgarmente conhecido por “método expositivo”, foi fundamental para apresentar e descrever factos científicos e históricos, para narrar acontecimentos, dar a conhecer autores e projetos de investigação relacionados com os conteúdos, para responder às questões dos alunos,

esclarecer dúvidas, explicar e clarificar conceitos e processos. Este método, tão antigo na História da Educação e do Ensino, tem recebido nas últimas décadas muitas críticas, legítimas, em particular a partir do final do século XX, por se tratar de uma abordagem tradicional, centrada no professor, que não leva em consideração o contributo ativo do aluno no processo de construção do conhecimento, em alusão ao regime de ensino e aprendizagem autoritário, que muitos de nós, incluindo professores de vários níveis de ensino, receberam desde a infância.

No entanto, há que reconhecer que se trata de um método incontornável, que continua a ter lugar na Educação contemporânea, desde que devidamente combinado com outros métodos e estratégias de ensino, tirando partido das vantagens que as novas TIC permitem. O EPT foi articulado com o “inquérito e discussão orientada”, partindo das perguntas do professor, de modo a envolver e incentivar os alunos a colocar as suas próprias questões e, através do diálogo e de um trabalho conjunto de análise crítica e raciocínio, chegar às conclusões pretendidas, dentro de um clima democrático em que o professor procurou ser um “facilitador” e agente de desenvolvimento pessoal e interpessoal, de acordo com os objetivos da aprendizagem.

A forma como se procurou utilizar os materiais didáticos adotados e o momento (*timing*) da sua implementação foram pensados de modo a tirar o máximo partido desses materiais, tendo sempre por base os objetivos estabelecidos para cada aula e fazendo adaptações, quando necessário, de acordo com o retorno (*feedback*) dos alunos. À medida que as aulas foram decorrendo, as orientadoras científicas, em diálogo com o orientador cooperante, foram apontando e corrigindo as deficiências e falhas detetadas, não só na construção de alguns dos materiais, como também na implementação das metodologias e estratégias de ensino.

Buscou-se clareza e criatividade na forma de apresentação dos conteúdos, nos ritmos diferenciados do discurso em diferentes momentos, e na pertinência do diálogo com os alunos. Nos diapositivos, a seleção de imagens obedeceu a critérios de rigor científico e pedagógico, mas também, sempre que possível, a uma estética apelativa, uma vez que a beleza do mundo natural, quer no que respeita à biosfera, quer no que respeita à geosfera, é um aspeto ao qual a maioria dos indivíduos é sensível, em qualquer etapa do seu desenvolvimento cognitivo e psicológico. A premissa de dar a conhecer o belo para o preservar é uma das estratégias utilizadas por muitas organizações com fins educativos e científicos, a fim de suscitar fascínio, interesse e envolvimento em projetos de proteção ambiental.

O grafismo e clareza dos diagramas, esquemas e gráficos, nos diapositivos, também foram levados em consideração. A construção direta de esquemas no Quadro Interativo, em tempo real, durante a aula, foi um recurso pouco utilizado, pelo facto de o resultado final ser menos perceptível e menos atrativo.

Morfologia e reprodução do bolor *Rhizopus stolonifer*

Avaliação formativa

I. Introdução

A - Morfologia de *Rhizopus stolonifer*

Rhizopus stolonifer L. é um bolor, ou fungo filamentosso, cosmopolita, de cor branca e negra, presente no solo, fezes de animais, frutos e matéria vegetal em decomposição. No laboratório, ou nas nossas casas, desenvolve-se facilmente em pão, sendo vulgarmente conhecido por bolor negro do pão. Tal como outros fungos pluricelulares, *Rhizopus* é constituído por unidades estruturais básicas, características, as **hifas**, que são filamentos microscópicos ramificados. Cada filamento consiste num tubo formado por uma parede, que envolve a membrana plasmática, a qual, por sua vez, delimita o citoplasma, ocupado por um vacúolo. Na figura 1 está representado um diagrama 3 D de parte de uma hifa.

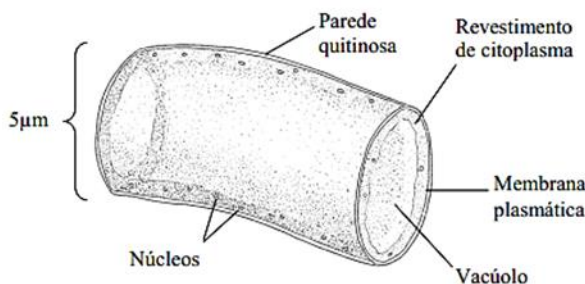


Figura 1 – Diagrama 3D de um segmento de hifa. Adaptado de Mackean (2014).

NOTA: 1 µm é a milésima parte de um milímetro.

A parede das hifas não é constituída por celulose, como acontece nas plantas, mas por um composto orgânico azotado, a quitina. As hifas contêm muitos núcleos haplóides (n), distribuídos no citoplasma (figura 1). As hifas, por vezes, encontram-se divididas em compartimentos, por meio de paredes transversais, chamadas septos, que possuem um poro central ou múltiplos poros, sendo o citoplasma contínuo.

As hifas penetram na matéria orgânica e desenvolvem-se, formando uma rede densa, ramificada, chamada **micélio** (figura 2). O micélio de *R. stolonifer* é composto por diferentes tipos de hifas, sendo as hifas vegetativas as mais abundantes. Estas crescem rapidamente, alastrando na superfície dos alimentos e penetrando neles para absorver os nutrientes. A partir destas hifas crescem **estolhos**, hifas horizontais que criam **rizóides** nos pontos de contacto com o substrato, funcionando como “âncoras” para fixação do fungo. Nestes pontos desenvolve-se um terceiro tipo de hifas, aéreas, reprodutivas, os **esporangióforos** (figura 2).

Na extremidade de cada esporangióforo desenvolve-se um **esporângio** globoso, no interior do qual se formam, por mitose, centenas de esporos (mitósporos) haplóides (n), geneticamente idênticos. Quando o esporângio está maduro rompe, libertando os esporos (figura 2) que são disseminados pela água ou pelo ar. Os esporos que caem em substratos húmidos, ricos em hidratos de carbono, germinam dando origem a um novo micélio.

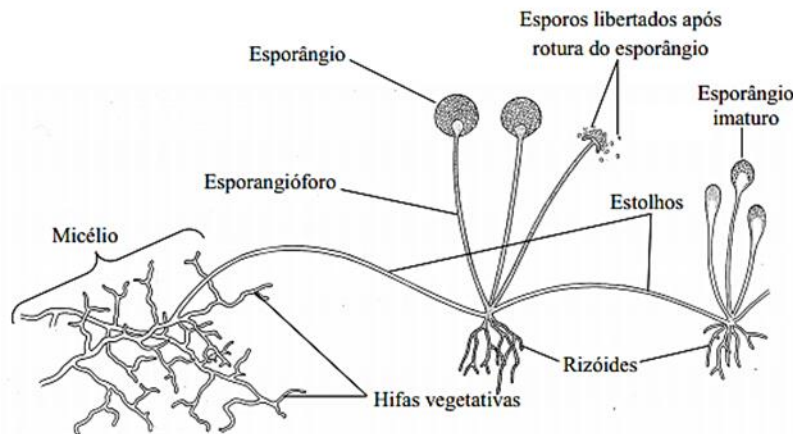


Figura 2- Hifas e micélio de *Rhizopus stolonifer* L. Ilustração da imagem observada ao M.O.C., com uma ampliação de 250 x. Adaptado de Mackean (2014).

Os fungos não possuem clorofila. Por isso, ao contrário das plantas, não realizam fotossíntese. As extremidades das hifas vegetativas produzem enzimas hidrolíticas, que são libertadas para o exterior do corpo, onde digerem o material orgânico. Os produtos solúveis, resultantes da ação enzimática, são absorvidos para o interior das hifas. Os fungos são, por conseguinte, seres heterotróficos com digestão extracorporal.

Nos bolores como *Rhizopus*, o micélio pode ser identificado como uma espécie de “algodão” negro-acinzentado, como já teve oportunidade de observar durante as aulas práticas.

B - Reprodução de *Rhizopus stolonifer*

Muitos fungos têm ciclos de vida complexos que incluem uma fase reprodutiva assexuada e uma fase reprodutiva sexuada. A forma mais frequente de reprodução de *Rhizopus stolonifer* é a esporulação. Porém, quando as condições ambientais se tornam desfavoráveis, por exemplo, quando se esgota a fonte de nutrientes, o fungo pode reproduzir-se sexuadamente. O elevado investimento energético, que este tipo de reprodução requer, faz com que ocorra sobretudo em condições adversas, permitindo aumentar a variabilidade genética da descendência, através da meiose. A figura 3 ilustra o ciclo de vida do bolor *R. stolonifer*.

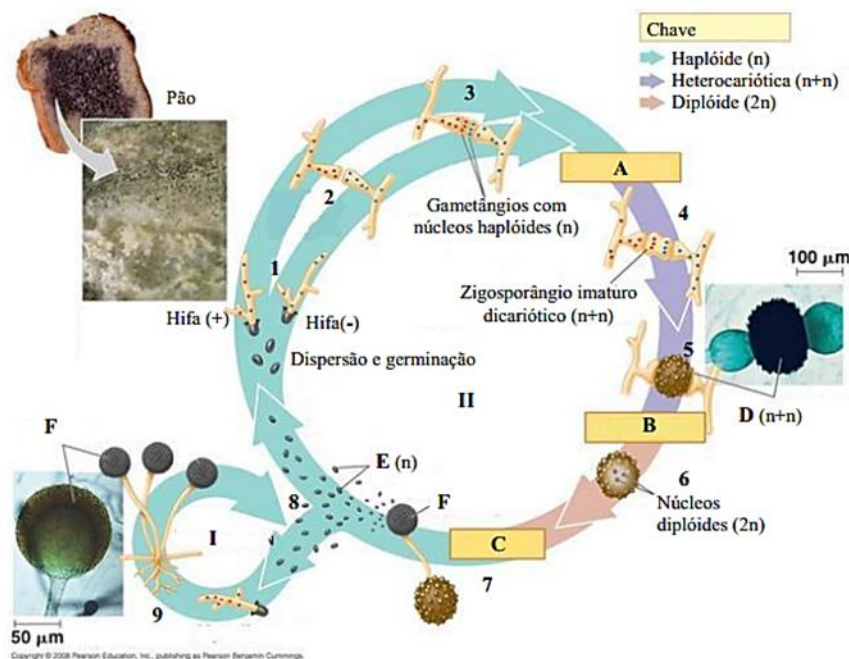


Figura 3- Ciclo de vida de *Rhizopus stolonifer* L. Adaptado de Campbell *et al.*, (2008).

A reprodução sexuada dá-se por fusão de órgãos sexuais (**gametângios**) formados no ápice de hifas aéreas especializadas (**zigóforos**) e designa-se por **conjugação**. A conjugação é mediada por sinais químicos (hormonas) entre as hifas do tipo ou estirpe (+) e as hifas do

Figura 45 (continuação) – Ficha de avaliação formativa de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida do fungo *Rhizopus stolonifer*.

tipo ou estirpe (-). Estas hifas não se distinguem morfológicamente, mas os seus núcleos são geneticamente diferentes. Na figura 4 está ilustrado o processo de reprodução sexuada em *R. stolonifer*.

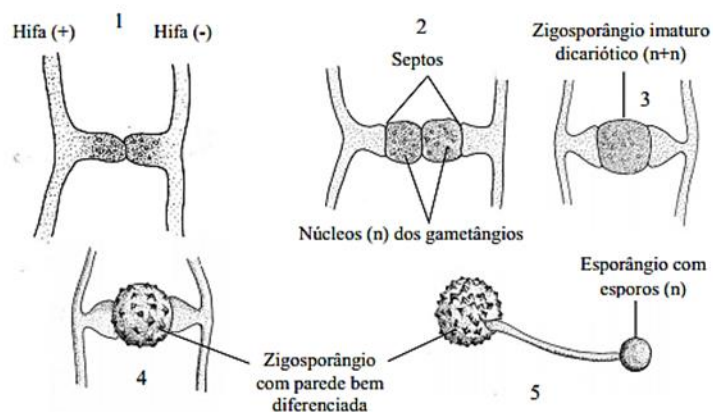


Figura 4- Reprodução sexuada *Rhizopus stolonifer* L. Adaptado de Mackean (2014).

Duas hifas de estirpes opostas crescem em direcção uma à outra, transportando vários núcleos (gâmetas) na sua extremidade (figura 4.1). Quando as extremidades se tocam formam-se septos (figura 4.2) que isolam os núcleos nas extremidades, originando os gametângios (figura 4.2). Posteriormente, as paredes onde os gametângios se tocam são dissolvidas por enzimas e ocorre fusão do citoplasma (**plasmogamia**). Os núcleos (+) emparelham com os núcleos (-), mas não se fundem, formando-se um **zigospório dicariótico** ou **heterocariótico (n+n)** (figuras 4.3 e 4.4). O zigospório é uma estrutura de resistência, pois desenvolve uma parede espessa e rugosa (figuras 4.3 e 4.4) que lhe permite suportar temperaturas baixas e situações de seca durante meses, protegendo no seu interior o **zigósporo**, um esporo sexuado multinucleado, que fica metabolicamente inactivo, em estado de dormência até que as condições ambientais sejam favoráveis à germinação.

Quando as condições ambientais (*e.g.* luz, humidade, temperatura ou disponibilidade de nutrientes) se tornam novamente favoráveis, ocorre a fusão dos pares de núcleos (n) ou **cariogamia** do zigósporo, formando-se zigotos ou núcleos diplóides (2n) que imediatamente sofrem meiose, originando **meiósporos** (n). A meiose coincide com a germinação do zigospório, do qual irrompe, um esporangióforo curto que suporta no ápice um **esporângio** (figura 4.5), no interior do qual os meiósporos se dividem por mitose. Formam-se, deste modo, numerosos esporos haplóides, geneticamente diferentes, que ao serem libertados colonizam um novo substrato, originando novos micélios.

Figura 45 (continuação) – Ficha de avaliação formativa de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida do fungo *Rhizopus stolonifer*.

II. Questões

1. Com base na leitura dos textos A e B e na observação atenta dos esquemas da figura 3, responda às seguintes questões.

1.1 Localize, utilizando os números I e II da figura 3, os processos de reprodução assexuada e sexuada de *Rhizopus stolonifer*.

Reprodução sexuada _____
Reprodução assexuada _____

1.2 Indique, utilizando as letras apropriadas, as etapas do ciclo de vida onde se verificam a meiose e fecundação.

Meiose _____ Fecundação _____

1.3 Localize, com os algarismos adequados, as etapas do ciclo vida que fazem parte da fase haplóide e da fase diplóide, respetivamente.

Fase haplóide _____
Fase diplóide _____

1.4 Compare o desenvolvimento relativo da haplofase e da diplofase.

1.5 Refira o nome dos processos que ocorrem em A, B e C.

A - _____
B - _____
C - _____

1.6 Identifique as estruturas correspondentes às letras D, E e F.

D - _____
E - _____
F - _____

2. Classifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações.

2.1 _____ A maioria das espécies de fungos, que se reproduzem sexuadamente, apresenta um ciclo de vida com meiose pré-zigótica.

2.2 _____ Nos bolores, a reprodução assexuada por esporulação é a forma mais comum de reprodução.

2.3 _____ As hifas e os esporos dos fungos filamentosos são diplóides.

2.4 _____ A reprodução assexuada de *Rhizopus stolonifer* ocorre quando as condições ambientais são desfavoráveis.

2.5 _____ A reprodução sexuada nos fungos ocorre quando as condições ambientais se alteram, e contribui para o aumento da variabilidade genética da descendência.

Figura 45 (continuação) – Ficha de avaliação formativa de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida do fungo *Rhizopus stolonifer*.

2.6 ____ O ciclo de vida generalizado dos fungos inclui 3 fases distintas: uma fase haplóide, uma fase dicariótica e uma fase diplóide.

2.7 ____ Os esporos dos fungos podem ser produzidos sexuadamente, por mitose (mitósporos), ou assexuadamente, por meiose (meiósporos).

2.8 ____ A variação individual entre hifas, resultantes da germinação de meiósporos, contribui para a adaptação a um ambiente em mudança, aumentando a probabilidade de sobrevivência da espécie.

3. Comente a seguinte afirmação “No ciclo de vida do bolor do pão, o estágio dicariótico pode durar meses ou anos, até que as condições do meio sejam favoráveis à fusão dos gametas e à germinação do zigósporo.”

Referências bibliográficas

Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cane, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2008). *Biology* (8th ed.). San Francisco CA: Pearson Benjamin Cummings.

Mackean, D. G., & Mackean, I. (2014). *Fungi. Teaching Notes and Drawings*.
1. *Rhizopus*. 2. *Rhizopus Reproduction*. In Resources for GCSE/IGCSE Biology Teaching.
<http://www.biology-resources.com/fungi.html>.

Prescott, L. M., Klein, D. A., & Harley, J. P. (2002). *Microbiology* (5th ed.). New York: Mc Graw-Hill, USA.

Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2005). *Biology of plants* (7th ed.). New York: W.H. Freeman and Co.

Ilustrações de D.G. Mackean online

<http://www.biology-resources.com/images/fungi-01-hypha.jpg>

<http://www.biology-resources.com/images/fungi-02-rhizopus.jpg>

<http://www.biology-resources.com/images/fungi-03-rhizopus-1.jpg>

<http://www.biology-resources.com/images/fungi-04-rhizopus-2.jpg>

<http://www.biology-resources.com/images/fungi-05-rhizopus-3.jpg>

<http://www.biology-resources.com/images/fungi-06-rhizopus-4.jpg>

<http://www.biology-resources.com/images/fungi-07-rhizopus-5.jpg>

Figura 45 (continuação) – Ficha de avaliação formativa de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida do fungo *Rhizopus stolonifer*.

Resolução das questões

1.1 Reprodução sexuada- II

Reprodução assexuada- I

1.2 Meiose- C; Fecundação- B

1.3 Localize, com os algarismos adequados, as etapas do ciclo vida que fazem parte da fase haplóide e da fase diplóide, respetivamente.

Fase haplóide- 1, 2, 3, 7, 8, 9

Fase diplóide- 6

1.4 A fase haplóide, ou haplofase, é muito mais desenvolvida do que a diplofase, uma vez que a meiose ocorre logo após a formação de zigotos, que são as únicas estruturas diplóides, sendo as restantes estruturas, incluindo os fungos adultos, haplóides.

1.5 Refira o nome dos processos que ocorrem em A, B e C.

A - Plasmogamia

B - Cariogamia

C - Meiose

1.6 Identifique as estruturas correspondentes às letras D, E e F.

D - Zigosporângio

E - Esporos

F - Esporângios

2. Classifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações.

2.1) **F** A maioria das espécies de fungos, que se reproduzem sexuadamente, apresenta um ciclo de vida com meiose pré-zigótica.

2.2) **V** Nos bolores, a a reprodução assexuada por esporulação é a forma mais comum de reprodução.

2.3) **F** Os núcleos das hifas e dos esporos dos fungos filamentosos são diplóides.

2.4) **F** A reprodução assexuada de *Rhizopus stolonifer* ocorre quando as condições ambientais são desfavoráveis.

2.5) **V** A reprodução sexuada nos fungos ocorre quando as condições ambientais se alteram, e contribui para o aumento da variabilidade genética da descendência.

2.6) **V** O ciclo de vida generalizado dos fungos inclui 3 fases distintas: uma fase haplóide, uma fase dicariótica e uma fase diplóide.

2.7) **F** Os esporos dos fungos podem ser produzidos sexuadamente, por mitose (mitósporos), ou assexuadamente, por meiose (meiósporos).

2.8) **V** A variação individual entre hifas, resultantes da germinação de meiósporos, contribui para a adaptação a um ambiente em mudança, aumentando a probabilidade de sobrevivência da espécie.

Figura 45 (continuação) – Ficha de avaliação formativa de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida do fungo *Rhizopus stolonifer*.

3. Comente a seguinte afirmação “No ciclo de vida do bolor do pão, o estágio dicariótico pode durar meses ou anos, até que as condições do meio sejam favoráveis à fusão dos gametas e à germinação do zigospório.”

Sugestão de resposta

A reprodução sexuada do bolor do pão implica a fusão de gametângios, provenientes de duas estirpes de hifas, fisiológica e geneticamente diferentes. Esta fusão conduz à plasmogamia, mas a cariogamia não ocorre imediatamente, sendo retardada até que as condições no meio se tornem favoráveis. Ocorre então um emparelhamento de núcleos (+) / (-) no interior de uma nova estrutura então formada, o zigospório, cuja duração corresponde à fase dicariótica do ciclo de vida. O zigospório desenvolve uma parede espessa, resistente a condições adversas e ficará num estado de dormência (durante meses ou anos) até que as condições do meio sejam novamente favoráveis. Nessa altura ocorre a cariogamia, que marca o fim da fase dicariótica, e formam-se zigotos (2n), que imediatamente sofrem meiose, originando meiospórios (n). A meiose coincide com a germinação do zigospório, ou seja, com a ruptura da sua parede, de onde emerge uma hifa em cuja extremidade se desenvolve um esporângio. No interior desse esporângio os meiospórios dividem-se por mitose, produzindo numerosos esporos (n). Quando o esporângio está maduro rompe, libertando populações de esporos, geneticamente diferentes, que, após dispersão e deposição num substrato adequado, irão germinar, originando novos micélios.

NOTA: Na resposta os alunos deverão mencionar:

- a reprodução sexuada por conjugação de gametângios de hifas fisiologicamente diferentes.
- a ocorrência de plasmogamia e o retardamento da cariogamia, que resulta num estágio dicariótico.
- a formação de uma estrutura de resistência, o zigospório.
- o período de latência do zigospório, de duração variável, até as condições ambientais voltarem a ser favoráveis.
- a fecundação, que marca o fim da fase dicariótica, imediatamente seguida de meiose (que repõe a fase haplóide do ciclo).
- a germinação do zigospório.

Opcionalmente

- multiplicação dos meiospórios por mitose.
- libertação, dispersão e, por fim, a germinação de esporos (n) geneticamente diferentes, que fecha o ciclo de vida do bolor do pão.

Figura 45 (continuação) – Ficha de avaliação formativa de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida do fungo *Rhizopus stolonifer*.

Morfologia e reprodução sexuada dos fetos (pteridófitas)

Atividade prática laboratorial

I – Introdução

As pteridófitas são plantas vasculares, i.e. já possuem tecidos vasculares ou condutores, mas não produzem flores, frutos ou sementes. Ao contrário das briófitas, o seu corpo já se encontra organizado em órgãos, raízes, caule e folhas, especializados em funções distintas: fixação, absorção de água e sais minerais; suporte/transporte de solutos; e fotossíntese, respetivamente. Ao contrário das plantas-não vasculares podem alcançar um porte considerável porque já possuem tecidos vasculares e as paredes das células do xilema contêm lenhina, uma substância química que confere rigidez e resistência mecânica ao corpo, sustentando o crescimento da planta em altura.

Os lycopódios, selaginelas, cavalinhas e fetos são exemplos de pteridófitas. São plantas muito antigas, existindo evidências fósseis da sua presença na Terra desde o período Devónico. No período Carbonífero as pteridófitas tornaram-se muito abundantes e desenvolvidas, existindo espécies arbóreas (licopódios, fetos e cavalinhas lenhosos) que alcançavam dezenas de metros de altura, e dominavam as florestas tropicais das regiões pantanosas, nas massas continentais que então se localizavam junto do Equador. Muitas dessas espécies gigantes extinguíram-se no final do Paleozoico e enormes quantidades de biomassa vegetal foram soterradas nesses pântanos, dando origem às grandes jazidas de carvão que ainda hoje são exploradas no Hemisfério Norte.

Os fetos modernos surgiram muito mais tarde, no Mesozoico, depois do aparecimento das plantas-com-flor e após o estabelecimento das primeiras florestas de angiospérmicas, a partir do final do Cretácico. A maioria das espécies de fetos atuais vive ainda hoje nas regiões tropicais da América, mas aparecem também nos jardins e florestas das regiões temperadas. O polipódio (*Polypodium* sp.) pertence a um grupo de fetos mais evoluído e mais recente, que compreende ca. de 9000 espécies vivas. No nosso país conhecem-se cinco espécies de polipódios. Tal como as plantas em geral, o polipódio tem um ciclo de vida haplodiplonte, com alternância de gerações morfológicamente distintas. Durante o ciclo de vida desenvolvem-se dois estádios multicelulares, o esporófito, diplonte, que é o feto, tal como o conhecemos, e o gametófito, haplonte, que muitas vezes passa despercebido no solo, devido às suas reduzidas dimensões. O estádio multicelular mais desenvolvido é o esporófito, que corresponde à planta adulta.

Os esporângios do polipódio localizam-se na página inferior das folhas, e estão agrupados em estruturas arredondadas, designadas por soros, que têm o aspeto de pontuações, de cor amarela, laranja ou castanha, consoante a fase de maturação. Nalguns fetos os soros estão cobertos por um tecido protetor, chamado indúsio, mas no polipódio o indúsio está ausente. Os esporângios, quando jovens, contêm no seu interior as células-mãe dos esporos que se dividem por meiose, originando os esporos haplóides. Após um período de maturação os esporos são libertados e disseminados pelo vento e por animais, dispersando-se por vastas áreas. Quando as condições são favoráveis estes esporos germinam e dão origem ao protalo, uma planta minúscula (ca. de 1 cm de diâmetro), que é

Figura 46 - Ficha da atividade prática laboratorial de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida dos fetos (pteridófitas).

um gametófito bissexuado, uma vez que nele se diferenciam os gametângios femininos (arquegônios), e os gametângios masculinos (anterídios) (figura 1).

Nos anterídios formam-se, por mitose, os gametas masculinos, os anterozóides, que são células biflageladas. Em resposta a sinais químicos e na presença de água no meio, os anterozóides nadam até ao interior do arquegónio, onde se encontra a única oosfera, o gameta feminino. A oosfera é imóvel e permanece sempre retida no arquegónio, aguardando a chegada do anterozoide, momento em que ocorre a fecundação, da qual resulta o zigoto diploide, que, por múltiplas mitoses, origina o jovem esporófito (figura 1).

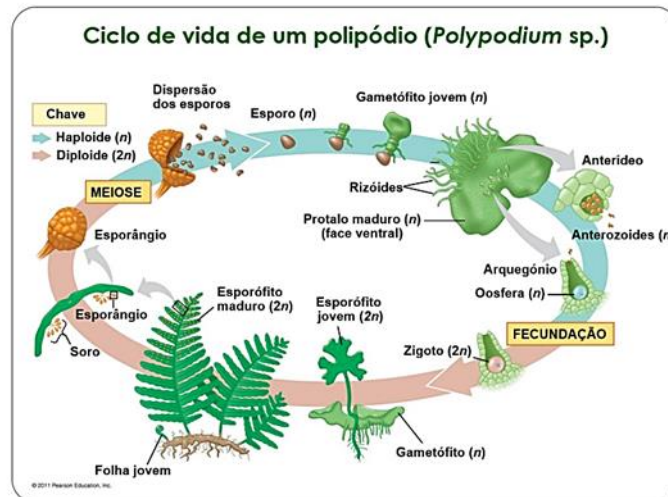


Figura 1 – Representação esquemática do ciclo de vida, simplificado, de *Polypodium* sp. Retirado de Campbell *et al.* (2008).

Tal como nas briófitas o encontro dos gametas depende da existência de água líquida, para que os anterozóides se possam deslocar, razão pela qual os fetos preferem habitats húmidos e sombrios, à semelhança dos musgos. O esporófito das pteridófitas é, contudo, muito maior e mais complexo que o das briófitas e não depende do gametófito, pois a partir do momento em que a clorofila começa a ser produzida e a jovem planta adquire capacidade de realizar fotossíntese, o protalo morre e desintegra-se. O gametófito das pteridófitas também tem vida livre, mas é pouco desenvolvido, muitas vezes subterrâneo, e o seu tempo de vida é muito curto. O ciclo de vida do polipódio e das pteridófitas em geral, é, portanto, dominado pela geração esporófito, diplonte (figura 1).

Referências

- Aguiar, C. (2013). *Botânica para Ciências Agrárias e do Ambiente*. Volume II - Reprodução e evolução (1.ª ed.). Instituto Politécnico de Bragança: Bragança.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Winickoff, B. & Jackson, R.B. (2008) *Biology* (8th ed.). San Francisco CA: Pearson Benjamin Cummings.
- Raven, P.H., Evert, R.F., & Eichhorn, S.E. (2005). *Biology of plants* (7th ed.). New York: W.H. Freeman and Co.

Figura 46 (continuação) – Ficha da atividade prática laboratorial de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida dos fetos (pteridófitas).

II – Atividade prática

Observação dos soros, esporângios e esporos do polipódio (*Polypodium* sp.)

Objetivos gerais

- Observar diferentes tipos de pteridófitas: fetos de espécies diferentes (com e sem indúcio a cobrir os soros) e selaginelas.
- Confirmar nas amostras de mão a organização do corpo do polipódio: localizar as raízes, o rizoma e as folhas (frondes ou megáfilos) e relacionar cada órgão com a sua função.
- Reconhecer a maior complexidade e grau de desenvolvimento do esporófito das pteridófitas em relação às briófitas que já observaram.

Objetivos específicos

- Localizar e observar os soros no polipódio.
- Identificar e observar os esporângios no esporófito.
- Observar os esporângios e os esporos do polipódio ao MOC.

Materiais

- Agulha de disseção
- Bisturi
- Caixa de Petri
- Folhas de polipódio contendo soros
- Gobelé com água
- Lamelas
- Lâminas
- Microscópio estereoscópico (Lupa binocular)
- Microscópio ótico composto (MOC)
- Pipeta de plástico

Método (procedimento)

- Destacar um fragmento pequeno da folha do polipódio e colocá-lo numa caixa de Petri, com a face inferior voltada para cima.
- Observar à lupa uma das estruturas arredondadas que constituem o soro e registrar, esquematicamente, o que observa.
- Colocar uma gota de água numa lâmina.
- Retirar um soro da folha e montá-lo entre lâmina e lamela.
- Observar ao microscópio ótico. Caso os esporângios se encontrem fechados, comprimir suavemente a preparação com o cabo da agulha de disseção, de modo a libertar os esporos.
- Registe as suas observações, desenhando um esquema, devidamente legendado.
- Elaborar o relatório de V de Gowin com as suas observações.

Figura 46 (continuação) – Ficha da atividade prática laboratorial de Biologia do 11º ano de escolaridade relativa à morfologia e ciclo de vida dos fetos (pteridófitas).

Nome: Cristima Maria Seabra Ferreira Nº

Classificação:

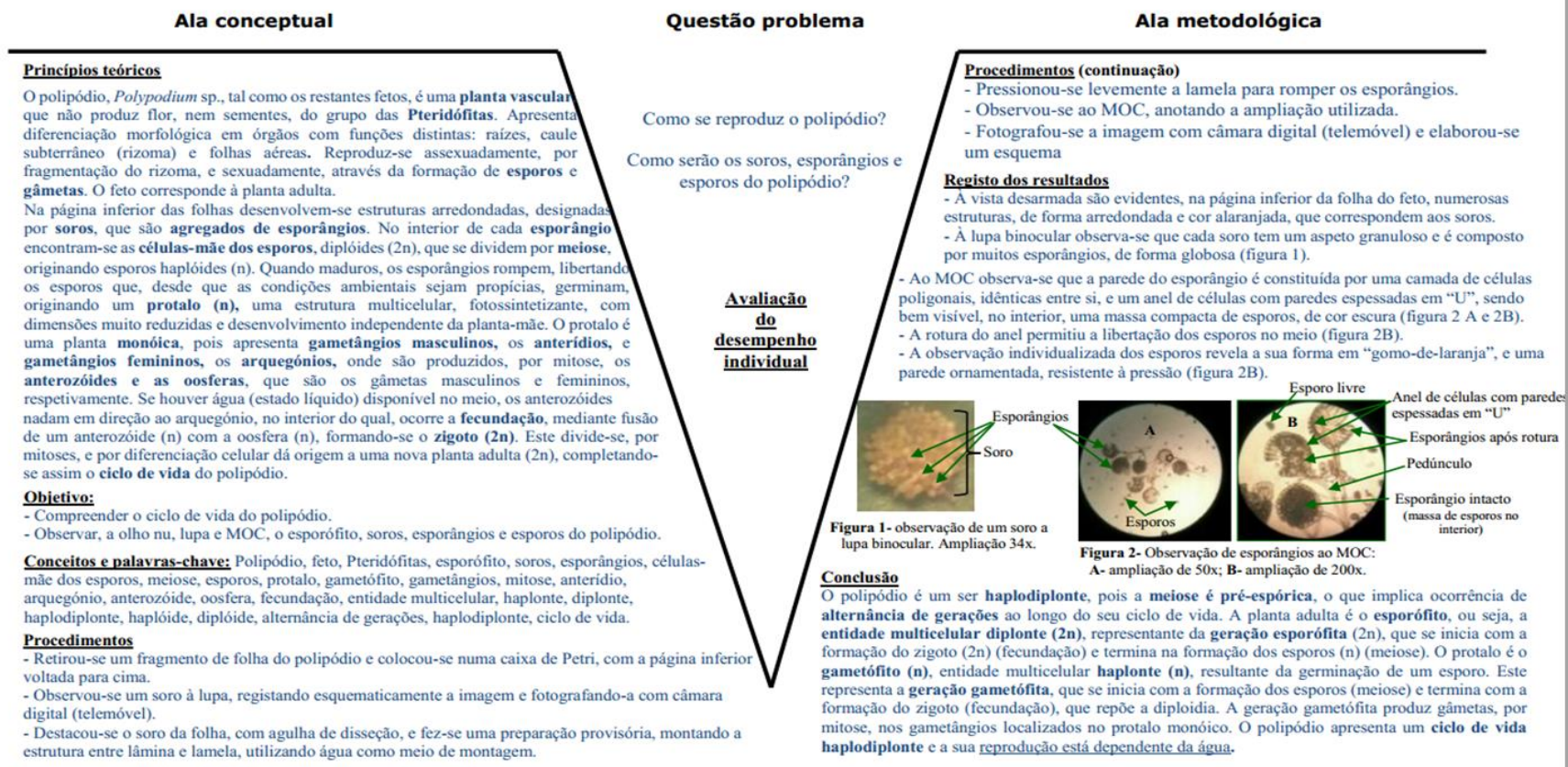


Figura 47 – Proposta de resolução do relatório da atividade prática laboratorial sobre a morfologia e reprodução do feto *Polypodium* sp., segundo o diagrama em “V de Gowin”.

5.4. X Congresso dos Jovens Geocientistas (X-CJG)

O “Congresso dos Jovens Geocientistas” (CJG) é um evento dirigido aos alunos de Ciências Naturais, do 3.º ciclo do ensino básico, e de Geologia, do ensino secundário, que se realiza anualmente, há mais de 10 anos, por iniciativa do Departamento de Ciências da Terra (DCT) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC). O X-CJG realizou-se a 27 de Fevereiro de 2015, no Auditório do Edifício Central da FCTUC - Polo II, onde presentemente se encontra sediado o DCT (Fig. 48).

Desde a sua conceção original, este encontro entre alunos e professores do EBS e os docentes e investigadores do ensino superior, tem como objetivos estimular nas crianças e jovens o gosto pelas geociências e inculcar-lhes algumas noções básicas de como se faz um trabalho de investigação científica, levando a que desenvolvam hábitos de trabalho adequados, desde a pesquisa de informação em fontes bibliográficas fidedignas; à execução de pequenos trabalhos práticos, quando possível, interpretação de resultados, elaboração de um resumo científico e de uma comunicação em painel e/ou oral, segundo regras fornecidas pela organização do congresso. Procura-se fomentar o trabalho coordenado de pares em equipa, encorajando a autonomia, sem deixar de oferecer o apoio, orientação e supervisão do professor.

Espera-se que a participação dos alunos em eventos desta natureza contribua para consolidar aprendizagens, construir novos conhecimentos, treinar metodologias de trabalho individual e em grupo, e colocar os mais novos num ambiente real de reuniões científicas, com um público-alvo muito mais numeroso, diversificado e distinto daquele a que estão habituados em contexto escolar. Procura-se que os alunos aprendam conteúdos conceptuais (“saber saber”), mas também procedimentais (“saber fazer”) e atitudinais (“saber ser/saber estar”).

As temáticas propostas basearam-se no Programa Curricular, incluindo a perspetiva da *Ciência, Tecnologia & Sociedade* (CTS) de modo a estimular a capacidade de relacionar os conteúdos com a comunidade em que vivem, conferindo-lhes significado, relevância e atualidade em situações concretas do quotidiano. Os temas sugeridos relacionaram-se, sobretudo, com propriedades dos minerais, relação entre rochas e minerais, em função das condições ambientais em que são gerados, alteração de rochas e minerais, utilização de recursos geológicos em monumentos (Geoarqueologia em Coimbra) e História das Ciências (HC).

Foi dada aos alunos a possibilidade de proporem, eles próprios, os temas para os seus trabalhos, mas nenhum grupo avançou com sugestões. Entre os 3 temas sugeridos pela professora, os alunos selecionaram 2, concretizando-se os trabalhos baseados no papel da Geologia na obra de Charles Darwin (comunicação em painel e oral) e nas 2 formas alotrópicas do carbono, grafite e diamante. No total, os temas selecionados pelos alunos foram: i) “O que determina a cor em minerais de quartzo?”; ii) “Rochas e minerais”; iii) “Impacto da formação de minerais na degradação de edifícios”; iv) “O que determina o brilho dos minerais?”; v) “O segredo do mineral”; vi) “Do lápis ao diamante” e vii) “Darwin, o geólogo”, o que resultou na elaboração de 7 resumos e 7 painéis correspondentes.

As fontes bibliográficas, incluindo imagens, foram, na sua maioria, indicadas pelas professoras estagiárias, existindo abertura às sugestões dos alunos, as quais foram objeto de triagem pelas professoras, uma vez que muitas dessas escolhas não tinham rigor científico, sendo crucial a orientação científica e pedagógica. Note-se que a consulta e pesquisa em *sites* que disponibilizam informação relacionada com os conteúdos programáticos é uma das sugestões metodológicas do programa de Geologia, sendo a capacidade de pesquisa bibliográfica, em suporte digital e em papel, uma competência fundamental, que o professor deve promover, enquadrando-se no chamado método de “Ensino Por Pesquisa” (EPP).

Os grupos de trabalho constituíram-se segundo as opções dos alunos, ou seja, foi concedida liberdade de associação, o que, apesar de discutível, permitiu que alunos da mesma área de residência se reunissem tanto dentro, como fora da escola. Alguns grupos solicitaram apoio no Gabinete do Núcleo de Estágio, em diferentes etapas de construção do painel, outros só o fizeram na fase final. Nos grupos que não procuraram apoio regular desde o início do projeto, não foi possível acompanhar devidamente a progressão dos trabalhos, o que resultou numa maior dificuldade na etapa de finalização, que obrigou a reconstrução ou reformulação dos trabalhos, por parte dos alunos e professores.

Apenas um dos trabalhos (“Impacto da formação de minerais na degradação de edifícios”) foi concebido e elaborado individualmente por um aluno, por opção do próprio, que contou com o apoio da colega estagiária, licenciada em Geologia, sendo o único caso em que houve recolha de dados materiais fora da escola. Este tema envolveu uma componente prática, que incluiu deslocações ao local de estudo, e um trabalho laboratorial na escola, de modo a identificar os minerais presentes em amostras recolhidas nesse local, com base nas suas propriedades químicas. O tema de HC, pelo contrário, baseou-se

exclusivamente na pesquisa bibliográfica e na seleção de informação adequada para se poder compreender a dimensão da importância e impacto da Geologia no pensamento e na obra de Darwin (questão-problema: em que medida as observações de campo e os conhecimentos geológicos de Darwin permitiram e contribuíram para a elaboração da teoria da evolução das espécies por seleção natural?).



Figura 48 – Painéis elaborados pelos alunos do 11.º A, expostos no X Congresso dos Jovens Geocientistas, em 27 de fevereiro de 2015. Em cima: grupo de alunas acompanhadas do professor e diretora de turma; em baixo, à esquerda, a comunicação em painel “Do lápis ao diamante”; à direita a comunicação em painel “Darwin, o geólogo”, e as alunas que apresentaram oralmente a mesma comunicação. Fotografias de Anabela Morgado e Cristina Seabra.

Antes da submissão, todos os trabalhos foram revistos, corrigidos e melhorados pelas professoras estagiárias, pelos orientadores e por professores do DCT. A avaliação do desempenho dos alunos no X-CJG foi feita segundo um conjunto de critérios pré-estabelecidos, que constam de uma grelha na secção “Resultados e discussão” (Tabela II, p. 267). A classificação final atribuída proporcionou um bónus na nota final da disciplina, no 2.º período. É importante, porém, ter em conta que a participação dos alunos no CJG não é obrigatória, não se podendo penalizar os alunos que optam por não participar.

5.5. Avaliação

5.5.1. Avaliação global dos alunos

Para além da avaliação contínua ao longo das aulas, baseada na observação regular dos alunos, de acordo com os parâmetros descritos nos planos de aula, os principais instrumentos de avaliação foram os testes de avaliação sumativa, da responsabilidade do orientador cooperante, e os relatórios das atividades práticas laboratoriais, segundo o diagrama “V de Gowin”. Foi também valorizada a participação dos alunos no X-CJG e tomadas em consideração as atitudes e forma de estar nas atividades que decorreram fora do ambiente escolar.

5.5.2. Avaliação das práticas letivas

Para apurar em que medida os recursos didáticos e as estratégias pedagógicas, utilizados pela professora estagiária, produziram, ou não, resultados positivos no que respeita à aprendizagem, foram analisadas: *i*) as respostas às questões sobre “Ciclos de vida” e “Rochas sedimentares” nas provas de avaliação sumativa; *ii*) as classificações obtidas no relatório da atividades prática laboratorial de Biologia, sobre o ciclo de vida do polipódio, segundo o diagrama “V de Gowin”, *iii*) a pontuação na grelha de avaliação da participação dos alunos no X-CJG e, *iv*) um questionário escrito de *feedback*, intitulado “Estratégias e atividades de ensino-aprendizagem”.

Este questionário, em suporte de papel, foi aplicado durante parte de uma aula, cedida pelo orientador cooperante, tendo os alunos respondido, classificando as estratégias e atividades, de acordo com uma escala de quatro opções, de modo a eliminar a opção intermédia, que geralmente tendem a selecionar (Fig. 53, p. 209-210).

5.5.3. Avaliação da(s) professora(s) estagiária(s)

Para aferir o desempenho das professoras estagiárias, segundo a perspectiva dos alunos, foi construído um segundo questionário, intitulado “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias” que, ao contrário do primeiro, foi disponibilizado numa plataforma *online* – “Formulários Google”, e preenchido sob anonimato, permitindo que os alunos se pudessem exprimir sem constrangimentos (Fig. 54, pp. 211-214).

Nas páginas seguintes reproduzem-se, com permissão do professor/orientador cooperante, excertos de 3 provas de avaliação sumativa contendo as questões sobre as matérias lecionadas, e os 2 questionários, I - “Estratégias e atividades de ensino-aprendizagem” e II - “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias”. Ambos os questionários foram elaborados em colaboração com a colega e professora estagiária, Anabela Morgado, revistos e validados por duas docentes do MEBG, da área das Ciências da Educação.

No que respeita aos testes realizados pelos alunos, foram selecionadas 11 questões de Biologia, provenientes da 3.^a e 5.^a provas de avaliação, e 16 questões de Geologia, incluídas na 6.^a prova, correspondentes aos conteúdos lecionados pela professora estagiária (pp. 199-208). Quando, no mesmo grupo de questões, existiam alíneas sobre matérias lecionadas exclusivamente pelo professor estas não foram consideradas, aplicando-se o mesmo princípio de exclusão às questões cuja resposta requeria o domínio de conhecimentos (e integração de informação) de várias temáticas, mesmo que incluíssem as matérias lecionadas pela professora estagiária.

Prova de avaliação sumativa de Biologia e Geologia

1. As Volvocaceae constituem uma família de algas verdes em que todos os géneros são algas coloniais móveis em forma de disco ou em forma de esfera. As células vegetativas das colónias possuem uma estrutura semelhante à das células de *Chlamydomonas*, um género unicelular da mesma ordem mas pertencente a outra família. Todas as células possuem dois flagelos que permitem a mobilidade destes organismos, dois vacúolos contrácteis que regulam a quantidade de água no interior da célula, um núcleo em posição axial e um cloroplasto em forma de taça com um ou dois pirenóides, estruturas responsáveis pela síntese de amido.

De entre as Volvocaceae, pode destacar-se o género *Gonium*, colónia em forma de disco com 8 a 16 células, e o género *Volvox*, colónia em forma de esfera com algumas centenas ou mesmo milhares de células, dependendo da espécie em causa.

Os três géneros referidos constituem um caso interessante de modelo evolutivo, uma vez que se caracterizam pelo aumento do número de células que os constituem.

Em *Chlamydomonas* e em *Gonium*, as células vegetativas têm capacidade reprodutora e podem formar gâmetas morfológicamente idênticos às células vegetativas, enquanto em *Volvox* apenas algumas células da colónia têm a capacidade de produzir células reprodutoras, sendo os gâmetas bem diferenciados.

Com exceção dos zigotos, as células destes organismos são haplóides e nelas as mutações que afetam o desenvolvimento podem ser prontamente detetadas. A figura 1 representa esquematicamente o ciclo de vida da *Chlamydomonas*.

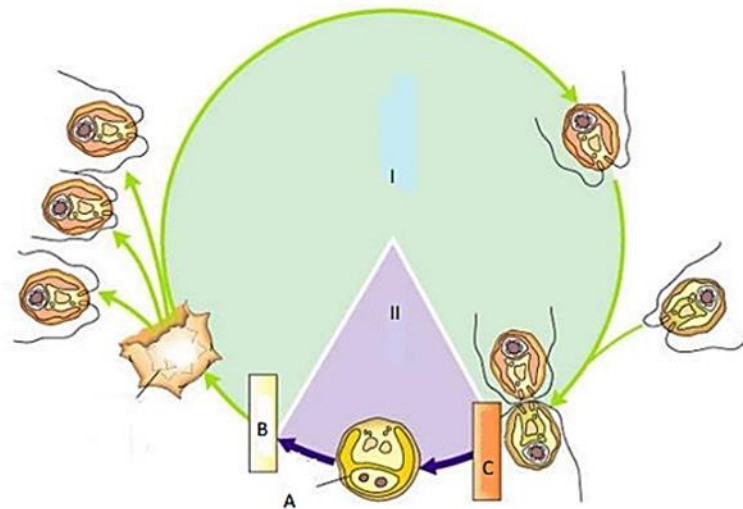


Figura 1

1.1. Em determinadas condições ambientais, no seu ciclo de vida, a alga *Chlamydomonas* produz um zigoto. Explique de que modo este processo de reprodução confere vantagem evolutiva a esta alga.

Figura 49 – Texto de introdução (1) e questão 1.1., retirados da 3.ª prova de avaliação sumativa de Biologia do 11º ano de escolaridade.

1.2. Selecione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correta.

A observação de células tetraflageladas numa população de *Chlamydomonas* indica que ocorreu a formação de _____ durante o processo de reprodução _____.

- (A) esporos ... sexuada
- (B) esporos ... assexuada
- (C) zigotos ... assexuada
- (D) zigotos ... sexuada

1.3. Selecione a alternativa que preenche os espaços na frase seguinte, de modo a obter uma afirmação correta.

O ciclo de vida da *Chlamydomonas* é _____, porque a meiose é _____.

- (A) diplonte (...) pós-zigótica.
- (B) diplonte (...) pré-gamética.
- (C) haplonte (...) pós-zigótica.
- (D) haplonte (...) pré-gamética.

1.4. Selecione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correta.

O zigoto da *Chlamydomonas* divide-se por _____, originando seres que, em relação aos seus progenitores, apresenta um cariótipo _____.

- (A) meiose ... igual
- (B) meiose ... diferente
- (C) mitose ... diferente
- (D) mitose ... igual

Figura 49 (continuação) – Questões 1.2., 1.3 e 1.4., retiradas da 3.^a prova de avaliação sumativa de Biologia do 11^o ano de escolaridade.

(...)

2. As Feófitas são algas castanhas macroscópicas, que apresentam dimensões muito variadas, podendo atingir cerca de cem metros de comprimento. Sendo um grupo maioritariamente marinho, com cerca de 1500 espécies, encontra-se geralmente próximo da superfície do mar. O talo das Feófitas diferencia-se em três partes: o disco de fixação, que lhes permite fixarem-se a um substrato, o estipe, cilíndrico e alongado, e a lâmina, que encima o estipe. Possuem como pigmentos fotossintéticos as clorofilas a e c, associadas a carotenóides, que lhes conferem a cor castanha. A parede celular contém fundamentalmente celulose, apresentando outras substâncias como a alginato, utilizada no fabrico de doces, gelados e na indústria farmacêutica, tendo a laminarina como substância de reserva.

A maior das algas castanhas, *Macrocystis*, também denominada «sequóia dos mares», pode ultrapassar cem metros de comprimento. O crescimento de *Macrocystis* é assegurado pela actividade de uma região meristemática, localizada na junção do estipe com a lâmina. Esta alga não necessita de um mecanismo para o transporte interno de água. Contudo, precisa de conduzir glicídios das zonas superiores do talo, mais bem iluminadas, para as zonas mais profundas. O estipe possui cordões de células alongadas, que se assemelham ao floema, por apresentarem placas crivosas.

No ciclo de vida da *Macrocystis*, representado na Figura 2, as fases haplóide e diplóide são perfeitamente distintas. A alga é o esporófito e, na sua superfície, desenvolvem-se esporângios, produtores de esporos (zoósporos). Estes originam gametófitos microscópicos, que produzem gâmetas, oosferas e anterozóides.

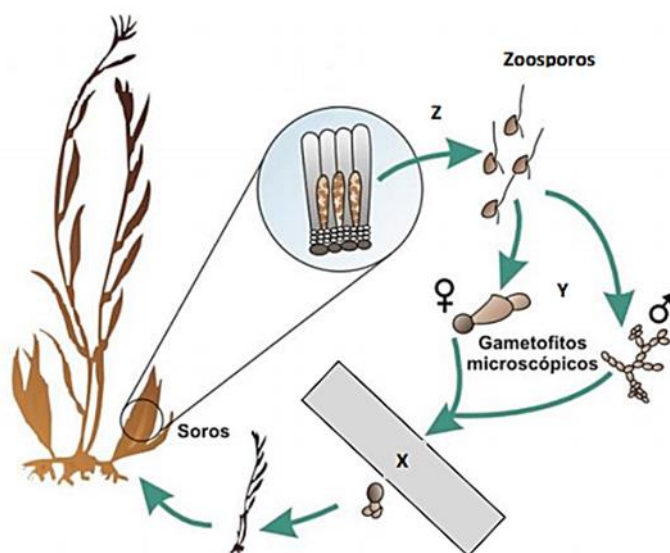


Figura 2

2.1. Selecione a alternativa que completa a frase seguinte, de modo a obter uma afirmação correta.

No ciclo de vida da *Macrocystis*, a entidade multicelular adulta desenvolve-se a partir de...

- (A) ... uma célula haplóide.
- (B) ... uma célula diplóide.
- (C) ... um zigoto.
- (D) ... um gâmeta.

Figura 50 – Texto de introdução (2) e questão 2.1., retirados da 3.^a prova de avaliação sumativa de Biologia do 11.^o ano de escolaridade.

(...)

2.3. Selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta.
O ciclo de vida da alga *Macrocystis* é haplodiplonte, porque...

- (A) existe uma entidade unicelular resultante de cariogamia.
- (B) ocorre alternância de fases nucleares.
- (C) apresenta gâmetas, como entidades haplóides.
- (D) ocorre meiose, nas estruturas produtoras de zoosporos.

2.4. Selecione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correta.
Macrocystis apresenta reprodução _____, com formação de esporos flagelados em _____ diplóides.

- (A) sexuada ... esporângios
- (B) assexuada ... esporângios
- (C) sexuada ... células-mãe de esporos
- (D) assexuada ... células-mãe de esporos

(...)

2.6. Selecione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correta.

No ciclo de vida esquematizado na Figura 2, a letra X representa o processo em que a entidade que se obtém apresenta _____ número de cromossomas do esporófito, e a letra _____ representa o processo que assegura a variabilidade genética através do crossing-over.

- (A) o mesmo ... Y
- (B) o mesmo ... Z
- (C) metade do ... Y
- (D) metade do ... Z

(...)

Figura 50 (continuação) - Questões 2.3., 2.4. e 2.6., retiradas da 3.^a prova de avaliação sumativa de Biologia do 11^o ano de escolaridade. As questões relativas aos eventos da meiose (2.2.) e darwinismo (2.5.) não foram consideradas.

(...)

Grupo IV

Uma rã-castanha (*Rana temporária*) ergue o nariz de um manto de lentilhas-d'água a fim de poder respirar. Os olhos salientes, com as suas límpidas pupilas negras e as belas íris douradas, empoeiram-se bem no alto da fronte da rã. Ao contrário dos lagartos ou das cobras, as rãs possuem pálpebras. Contudo, e à semelhança das aves, elas também possuem uma membrana nictitante – uma pálpebra protetora transparente. A mancha circular castanha por debaixo e por detrás do olho é a membrana do tímpano da rã.

Tal como a maioria dos anfíbios em todo o mundo, as rãs estão seriamente ameaçadas de extinção devido aos efeitos do aquecimento global e também por causa do aumento prejudicial dos raios ultravioleta através da destruição da camada de ozono.

Adaptado de "Mundos secretos" de Stephen Dalton - Círculo de Leitores

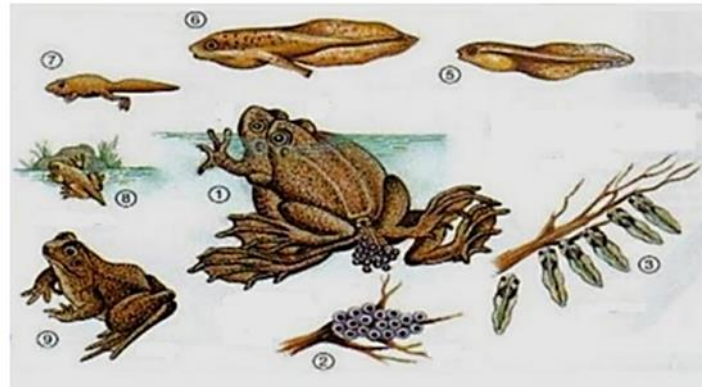


Figura 2 – Representação esquemática do ciclo de vida da rã-castanha

(...)

4. O ciclo de vida representado é...

- (A) diplonte com meiose pós-zigótica, sendo o indivíduo 9 uma entidade haploide.
- (B) diplonte com meiose pré-gamética, sendo o indivíduo 9 uma entidade diploide.
- (C) haplodiplonte com meiose pós-zigótica, sendo o indivíduo 9 uma entidade diploide.
- (D) haplodiplonte com meiose pré-gamética, sendo o indivíduo 9 uma entidade haploide.

5. Relativamente ao ciclo de vida da rã, verifica-se que...

- (A) a entidade 8 é uma entidade cuja ploidia é diferente da dos ovos.
- (B) o processo que ocorre em 1 envolve fenómenos de recombinação génica.
- (C) as entidades 3 resultantes do desenvolvimento dos ovos são geneticamente iguais.
- (D) o desenvolvimento dos ovos é responsável pela alternância de fases nucleares.

6. O ovo das rãs divide-se por _____, originando um juvenil que, em relação aos seus progenitores, apresenta um cariótipo _____.

- (A) meiose ... igual
- (B) meiose ... diferente
- (C) mitose ... diferente
- (D) mitose ... igual

(...)

Figura 51 – Texto de introdução e questões 4, 5 e 6, do grupo IV, retirados da 5.^a prova de avaliação sumativa de Biologia do 11.^o ano de escolaridade. As questões 1, 2 e 3 não foram consideradas por se relacionarem com conhecimentos no âmbito da evolução biológica, sistemática e ecologia.

(...)

Grupo I

O património geomorfológico do Maciço de Sicó está, como não podia deixar de ser, intimamente relacionado com os processos cársicos de construção da paisagem. Consequentemente, podemos encontrar formas bastante interessantes, das quais se podem destacar as inúmeras grutas, muitas vezes com significativo interesse arqueológico; as exurgências, principalmente as que pelos caudais ou pela qualidade da água que proporcionam têm interesse público; algumas dolinas e outras formas isoladas de pequenas dimensões; os espetaculares canhões fluvio-cársicos dos Poios e das Buracas, cuja grandiosidade paisagística é valorizada pelas "buracas" que se abrem nas vertentes escarpadas e cujo interesse científico aumenta com a presença de depósitos correlativos; são também os inúmeros campos de lapíás, imagem sugestiva do "deserto de pedras" que é o carso...

Uma referência especial merece o afloramento de tufo calcários de Condeixa pelo seu funcionamento cársico próprio, pelo significado de que se reveste para o entendimento da evolução quaternária do Maciço de Sicó e, também, pelos modos de utilização social e económica, atual e passada.

Texto adaptado de " Património geomorfológico – de conceito a projeto. O Maciço de Sicó" Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Vol. 3, APGeom, 2006, pp. 147-153

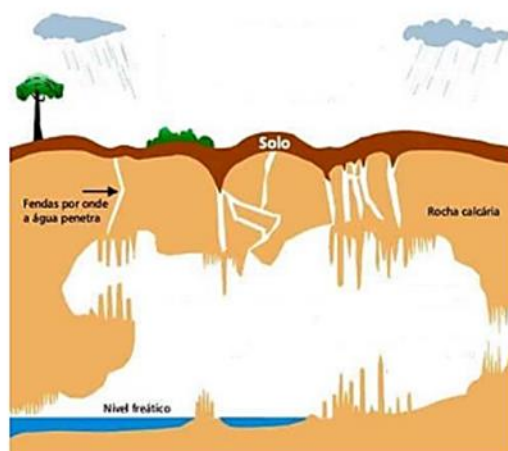


Figura 1 – Representação esquemática de uma paisagem cársica

Na resposta a cada um dos itens de **1.** a **3.**, selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta.

Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

1. A formação das grutas calcárias deve-se...

- (A) ao aumento de acidez das águas pluviais, devido à presença de CO_2 .
- (B) à meteorização física efetuada pela água.
- (C) à reação da água com o calcário.
- (D) à ação dos rios subterrâneos.

2. O calcário de origem quimiogénica é uma rocha que resulta diretamente da...

- (A) sedimentação de areias quartzíticas.
- (B) evaporação de água rica em sulfatos.
- (C) deposição de carbonato de cálcio.
- (D) dissolução de carbonato de cálcio.

Figura 52 - Texto de introdução e questões 1 e 2, do Grupo I, retirados da 6.^a prova de avaliação sumativa de Geologia do 11.^o ano de escolaridade.

3. Terra rossa é a designação atribuída aos depósitos _____ de cor vermelha, resultantes da acumulação de resíduos _____ presentes nas rochas carbonatadas.

- (A) argilosos (...) solúveis
- (B) argilosos (...) insolúveis
- (C) calcários (...) solúveis
- (D) calcários (...) insolúveis

4. Ordene as letras de A a E de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos relacionados com os processos de formação de rochas sedimentares detríticas.

Escreva, na folha de respostas, apenas a sequência de letras.

- A. Meteorização
- B. Diagénese
- C. Deposição
- D. Erosão
- E. Transporte

5. Explique a formação das grutas da serra do Sicó, tendo em conta a natureza das rochas encaixantes.

Grupo II

As rochas que se encontram nas serras de Valongo datam da Era Paleozóica, mais precisamente entre os períodos Pré-câmbrico, Câmbrico e Carbonífero.

O local que hoje é conhecido por Parque Paleozóico de Valongo já se encontrou submerso por um mar de profundidade considerável e, há cerca de 540 milhões de anos, começaram a depositar-se, no fundo do mar, os primeiros sedimentos que deram origem ao "Complexo Xisto-Grauváquico", de idade Câmbrica e também Pré-câmbrico e que deram origem aos xistos e aos grauvaques que conhecemos hoje. Simultaneamente depositaram-se outros sedimentos, em locais menos profundos, que culminaram na formação dos quartzitos e conglomerados.

Há 500 milhões de anos, ainda no período Câmbrico, o mar recuou, deixando emersas essas rochas, sobre as quais, a tectónica foi provocando dobras e fraturas. Porém, a ação dos agentes erosivos, originou uma superfície mais ou menos plana.

Mais tarde, há cerca de 488 milhões de anos, o mar volta a aproximar-se da linha da costa. Inicia-se a deposição de sedimentos grosseiros, tipicamente associados a praias, particularmente, seixos e areias, que mais tarde viriam a originar quartzitos e conglomerados. É possível observar marcas da ondulação nalguns destes quartzitos expostos, designadas de *ripple marks*.

À medida que a profundidade do mar foi aumentando, os sedimentos cada vez mais finos, originaram as ardósias e xistos, nas quais estão gravados diversos fósseis. No início do Silúrico, há 444 milhões de anos, surgiram depósitos com características glaciárias.

O mar volta a recuar e, desta vez, definitivamente sendo que, os últimos sedimentos depositados em ambiente marinho, datam no Devónico. É nesta altura que forças tectónicas dão origem a uma mega dobra com vários quilómetros de extensão, designada por anticlinal de Valongo...

Um dos últimos acontecimentos ocorridos nesta área foi a formação de uma bacia sedimentar, continental, (300 M.a.) a sudoeste do anticlinal, na qual ocorreu deposição de sedimentos durante Carbonífero que geraram xistos, arenitos, conglomerados e intercalações de leitos de carvão resultantes da vegetação luxuriante existente na época.

Adaptado de "À descoberta do Parque Paleozóico de Valongo – Enquadramento Geológico Regional"

Na resposta a cada um dos itens de 1. a 8., seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correta.

Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

(...)

Figura 52 (continuação) - Questões 3, 4 e 5, do Grupo I, e texto de introdução às questões do Grupo II, retirados da 6.ª prova de avaliação sumativa de Geologia do 11º ano de escolaridade.

(...)

3. Os arenitos formaram-se a partir das areias, devido a processos de...

- (A) erosão, seguida de transporte.
- (B) desidratação, seguida de cimentação.
- (C) meteorização, seguida de deposição.
- (D) transporte, seguido de sedimentação.

(...)

5. Foi possível reconstituir o paleoambiente do Paleozóico na serra de Valongo, devido à...

- (A) ocorrência de rochas sedimentares.
- (B) existência de fósseis de idade na região.
- (C) ocorrência de fenómenos de metamorfismo.
- (D) existência de fósseis de fácies na região.

6. As trilobites de Valongo são fósseis de idade, pois esta espécie viveu num período de tempo relativamente...

- (A) curto e apresenta grande distribuição estratigráfica.
- (B) longo e apresenta reduzida distribuição estratigráfica.
- (C) curto e apresenta grande dispersão geográfica.
- (D) longo e apresenta reduzida dispersão geográfica.

7. Os depósitos gerados em ambiente glacial são _____ calibrados, sendo os efeitos da meteorização química _____.

- (A) bem ... preponderantes
- (B) mal ... preponderantes
- (C) mal ... insignificantes
- (D) bem ... insignificantes

(...)

11. A abertura de bacias oceânicas está associada à génese de plataformas continentais, por vezes de grande extensão.

Explique de que modo a abertura das bacias oceânicas e o aparecimento de formas de vida possuidoras de exosqueletos rígidos contribuíram para a relativa abundância do registo fóssil em rochas do período Câmbrico.

Figura 52 (continuação) - Questões 3, 5, 6, 7 e 11 do Grupo II, retiradas da 6.^a prova de avaliação sumativa de Geologia do 11^o ano de escolaridade. As questões (1, 2, 4, 8, 9, 10) deste grupo relacionadas com o metamorfismo e/ou a tectónica foram excluídas.

Grupo III

O carvão constitui uma das principais fontes de energia para a nossa sociedade. Enquanto combustível, o carvão possibilitou a Revolução Industrial e o desenvolvimento rápido das sociedades.

A queima do carvão e de outros combustíveis tem originado um aumento da libertação de dióxido de carbono para a atmosfera, cujos impactos ainda não são totalmente conhecidos.

O carvão é muito rico em energia e pode conter vestígios de minerais, tais como a caulinite, a pirite, o quartzo, a calcopirite e a galena.

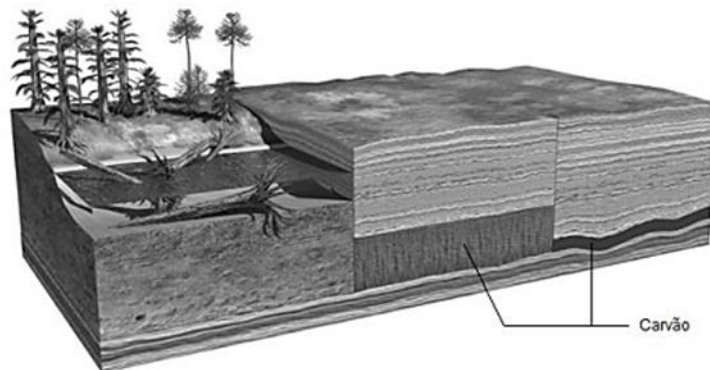


Figura 2 – Representação esquemática da sequência de formação de uma série de estratos, contendo carvão.

Na resposta a cada um dos itens de **1.** a **4.**, selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta.

Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

1. O processo de incarbonização caracteriza-se pelo...

- (A) aumento do teor de oxigénio e da densidade com diminuição do teor de carbono.
- (B) aumento do teor de carbono com diminuição do teor de oxigénio e da densidade.
- (C) aumento do teor de oxigénio com diminuição do teor de carbono e da densidade.
- (D) aumento do teor de carbono e da densidade com diminuição do teor de oxigénio.

2. Os carvões encontram-se frequentemente sob a forma de um estrato, que pode ser definido como uma camada distinta...

- (A) resultante da deposição, na posição horizontal, de rochas magmáticas intrusivas.
- (B) resultante da deposição, na posição horizontal, de rochas provenientes do metamorfismo de contacto.
- (C) de sedimentos que se depositam na posição horizontal mantendo a sua horizontalidade sempre inalterada ao longo do tempo, sob ação de forças tectónicas.
- (D) de sedimentos que se depositam na posição horizontal, podendo sofrer alterações na sua posição ao longo do tempo, sob ação de forças tectónicas.

Figura 52 (continuação) – Texto de introdução e questões 1 e 2, do Grupo III, retirados da 6.^a prova de avaliação sumativa de Geologia do 11.^o ano de escolaridade.

3. O grau de incarbonização do carvão aumenta segundo a sequência...

- (A) hulha, lenhite, antracite.
- (B) lenhite, hulha, antracite.
- (C) hulha, antracite, lenhite.
- (D) antracite, hulha, lenhite.

4. O petróleo tem origem...

- (A) na preservação de microrganismos aquáticos, de águas pouco profundas, pouco agitadas e pobres em oxigénio.
- (B) na preservação de microrganismos aquáticos, de águas profundas, pouco agitadas e ricas em oxigénio.
- (C) na preservação de material vegetal em bacias de sedimentação anaeróbias e pouco profundas.
- (D) na preservação de material vegetal em bacias de sedimentação aeróbias e de águas paradas.

5. Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos relacionados com a formação da lenhite.

Escreva, na folha de respostas, apenas a sequência de letras.

- (A) Atuação de microrganismos fermentadores.
- (B) Deposição abundante de detritos ricos em celulose em bacias lagunares.
- (C) Atuação da pressão e temperatura no processo de incarbonização.
- (D) Subsidência e formação de um ambiente redutos.
- (E) Rápida cobertura por sedimentos terrígenos.

6. Explique a importância da presença de água no ambiente de formação dos carvões.

(...)

Figura 52 (continuação) – Questões 3, 4, 5 e 6, do Grupo III, retiradas da 6.^a prova de avaliação sumativa de Geologia do 11.º ano de escolaridade. Todas as questões deste grupo foram consideradas, uma vez que se enquadravam na temática lecionada (rochas sedimentares).

Questionário

Estratégias e atividades de ensino e aprendizagem

Temas lecionados: Reprodução assexuada; Ciclos de vida; Minerais;
Cristalização fracionada; Rochas sedimentares

Este questionário é anónimo e destina-se a analisar a eficácia das estratégias e atividades de ensino e de aprendizagem utilizadas pelas professoras estagiárias, Anabela Morgado e Cristina Ferreira, nas aulas de Biologia e Geologia. Para melhorar as práticas letivas no Ensino Secundário, a tua opinião é fundamental, pelo que te agradecemos que preenchas o presente questionário.

1. Atribui a cada estratégia/atividade uma cotação, de 1 a 4, em que: “1” = “nada eficaz”, “2” = “pouco eficaz”, “3” = “eficaz” e “4” = “muito eficaz”.

Assinala a tua opção para cada item, colocando um X na coluna correspondente.

Estratégias e atividades	1	2	3	4
1. Transmissão oral de conhecimentos (método expositivo)				
1.1. Explicação dos conceitos e processos pela professora				
1.2. Esclarecimento de dúvidas pela professora				
2. Inquérito e discussão orientada				
2.1. Perguntas da professora				
2.2. Perguntas do aluno				
3. Utilização de recursos audiovisuais				
3.1. Projeção de diapositivos (apresentações eletrónicas em PowerPoint)				
3.1.1. Observação de organismos, estruturas, minerais e rochas (fotografia)				
3.1.2. Interpretação de paisagens (fotografia)				
3.1.3. Interpretação de desenhos e diagramas				
3.2. Visualização de vídeos				
3.2.1. Vídeos tutoriais (motivar e consolidar conhecimentos)				
3.2.2. Vídeos musicais (sensibilizar, motivar e descontraír)				
3.3. Utilização do quadro (interativo e/ou branco)				
3.3.1. Desenvolvimento do raciocínio, construção de ideias e conceitos				
3.3.2. Escrita de termos técnicos				
4. Elaboração de esquemas				
4.1. Construção gradual do conhecimento				
4.2. Relação entre diferentes tópicos				
4.3. Síntese de conteúdos				
4.4. Revisão dos conteúdos				
5. Resolução de exercícios				
5.1. Fichas de avaliação diagnóstica				
5.2. Fichas de trabalho formativas				
5.3. Exercícios de aplicação				
5.4. Exercícios de revisão				

Figura 53 - Questionário “Estratégias e atividades de ensino e aprendizagem”, relativo aos conteúdos de Biologia e Geologia do 11º ano de escolaridade, lecionados pelas professoras estagiárias.

Questionário

Estratégias e atividades de ensino e aprendizagem

Estratégias e atividades	1	2	3	4
6. Analogias e relação com a vida quotidiana				
6.1. Comparação de estruturas com objetos utilizados no dia-a-dia				
6.2. Comparação de processos com situações observáveis no dia-a-dia				
7. Recurso à História das ideias e Experiências clássicas				
7.1. Referência à obra de cientistas (uso do método experimental, construção de modelos e teorias)				
8. Manuseamento de organismos e amostras				
8.1. Observação e contacto direto com exemplares vivos				
8.2. Observação e contacto direto com rochas, minerais e fósseis em amostras de mão				
9. Trabalho laboratorial				
9.1. Realização e observação de preparações temporárias ao microscópio estereoscópico (lupa binocular) e ao microscópio ótico				
9.2. Identificação de minerais através das suas propriedades físicas				
9.3. Trabalho em grupo ("hands-on" e "minds-on")				
9.4. Elaboração individual do relatório em "V de Gowin"				
10. Utilização de mapas de conceitos				
10.1. Estabelecimento de relações entre os conceitos				
10.2. Resumo dos conteúdos lecionados				
11. Participação no Congresso dos Jovens Geocientistas				
11.1. Colaboração e aprendizagem em grupo				
11.2. Elaboração do resumo				
11.3. Elaboração da comunicação em painel e/ou oral				

2. Refere as estratégias que consideras mais eficazes para a tua aprendizagem.

3. Sugere outros exemplos de estratégias e atividades escolares que, na tua opinião, poderão ser úteis para a aprendizagem dos alunos.

Figura 53 (continuação) - Questionário "Estratégias e atividades de ensino e aprendizagem", relativo aos conteúdos de Biologia e Geologia do 11º ano de escolaridade, lecionados pelas professoras estagiárias.



Figura 54 – Questionário, submetido em formato digital, “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias” de Biologia e Geologia no ano letivo 2014/2015. Reproduzem-se os conteúdos conforme visualizados pelos alunos na plataforma *online*. Na imagem de fundo observa-se o laboratório de ciências, onde decorreram a maior parte das aulas.

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScR9oosgK_a9B_ejZ8L7g1I5NFV-o3kXAarO3yI_X2dPxrJTA/formResponse ☆ ✉ 📷 ☰

Ceste Coimbra
Agrupamento de Escolas

Escola Secundária D. Duarte
Ano letivo 2014/2015
Biologia e Geologia 11ª A

EDITAR ESTE FORMULÁRIO

Avaliação de desempenho das professoras estagiárias

*Obrigatório

Avaliação do desempenho da estagiária Cristina Ferreira

Estratégia "Inquérito e discussão orientada" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar se as questões colocadas aos alunos permitiram guiar o raciocínio, construir novos conhecimentos, detetar dúvidas e falhas de aprendizagem.

Estratégia "Transmissão oral de conhecimentos" (método expositivo) - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar se as temáticas foram transmitidas e explicadas aos alunos de forma clara.

Estratégia "Construção do conhecimento através da elaboração de esquemas" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar se os esquemas elaborados contribuíram para a construção gradual dos conhecimentos, síntese e revisão de conteúdos.




Figura 54 (continuação) - Questionário, submetido em formato digital, “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias” de Biologia e Geologia no ano letivo 2014/2015. Reproduzem-se os conteúdos conforme visualizados pelos alunos na plataforma *online*. Na imagem de fundo observa-se o laboratório de ciências, onde decorreram a maior parte das aulas.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScR9oosgK_a9B_eJZ8L7g115NFV-o3kXAarO3yl_X2dPxrJTA/formResponse

Estratégia "Utilização de imagens" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar a escolha e qualidade das imagens (fotografias, desenhos esquemáticos e diagramas 3D).

Estratégia "Utilização de vídeos" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar a escolha, qualidade e originalidade dos vídeos mostrados aos alunos.

Estratégia "Utilização do quadro interativo" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar a forma de utilização do quadro interativo para a exploração e análise dos conteúdos descritos e ilustrados.

Estratégia "Analogias e relação com a vida cotidiana" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar se as analogias utilizadas facilitaram a compreensão de estruturas e processos.

Estratégia "História das Ideias e Experiências Clássicas" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar se a referência às ideias de autores como James Hutton (Ciclo das Rochas, Uniformitarismo), Charles Lyell (Atualismo) e William Smith (Princípios da Identidade Paleontológica e da Sucessão Faunística) contribuíram para uma melhor compreensão de modelos, teorias e princípios da Geologia.

Estratégia "Atividades de papel e lápis" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. *
Pretende-se avaliar o rigor, clareza e correção linguística dos documentos fornecidos aos alunos.

Figura 54 (continuação) - Questionário, submetido em formato digital, “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias” de Biologia e Geologia no ano letivo 2014/2015. Reproduzem-se os conteúdos conforme visualizados pelos alunos na plataforma *online*. Na imagem de fundo observam-se as bancadas do laboratório de ciências, onde decorreram a maior parte das aulas.

The image shows a digital survey form displayed in a web browser. The browser's address bar shows the URL: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScR9oosgK_a9B_ejZ8L7g1I5NFV-o3kXAarO3yI_X2dPxrJTA/formResponse. The form contains four questions, each with a dropdown menu for response options. The questions are:

- Estratégia "Trabalho de laboratório" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. ***
Pretende-se avaliar se a atividade laboratorial foi bem conseguida.
- Estratégia "Utilização de mapas de conceitos" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. ***
Pretende-se avaliar se os mapas de conceitos apresentados aos alunos foram eficazes para a compreensão de relações entre conceitos e síntese dos conteúdos.
- Estratégia "Participação no Congresso dos Jovens Geocientistas" - seleciona a opção que melhor define o desempenho da professora. ***
Pretende-se avaliar o incentivo, disponibilidade, apoio, orientação e esclarecimentos prestados pela professora durante a realização dos trabalhos.
- Tendo em conta as diferentes estratégias, que aspetos consideras que podem ser melhorados no desempenho da professora Cristina? ***
Por exemplo: dicção, tom e volume de voz, entoação e ritmo do discurso; encadeamento lógico de ideias; eficácia no esclarecimento de dúvidas; objetividade e capacidade de síntese; gestão de tempo; correção linguística oral e/ou escrita; caligrafia; elaboração de esquemas.

At the bottom of the form, there is a text area for additional comments, a "« Anterior" button, an "Enviar" button, a progress bar showing "100%: terminou.", and the text "Nunca envie palavras-passe através dos Formulários do Google." The background of the form is a photograph of a laboratory bench with a wooden stool.

Figura 54 (conclusão) - Questionário, submetido em formato digital, “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias” de Biologia e Geologia no ano letivo 2014/2015. Reproduzem-se os conteúdos conforme visualizados pelos alunos na plataforma *online*. Na imagem de fundo observam-se as bancadas do laboratório de ciências, onde decorreram a maior parte das aulas.

5.6. Atividades de enriquecimento curricular

Para enriquecer os conhecimentos dos alunos e melhor contribuir para a sua literacia científica, é fundamental que o ensino das ciências não se restrinja ao ambiente da sala da aula, mas saia dela, para se concretizar por meio de visitas de estudo, aulas de campo e atividades lúdico-didáticas em espaços como os museus de ciências naturais, ou os centros de ciência viva. Embora os cientistas visitem cada vez mais as escolas e dêem a conhecer o trabalho que desenvolvem, através de projetos como os de “ciência cidadã”, entre outros, sair da escola proporciona aos alunos oportunidades únicas de contactar a Natureza, de visitar laboratórios em que se desenrolam pesquisas reais, e até mesmo de assistir à divulgação de resultados através de apresentações científicas.

A oferta de atividades práticas fora dos tempos letivos, nos chamados clubes escolares de ciências, também permite que os alunos explorem e experimentem atividades laboratoriais sob orientação e supervisão dos professores. No sentido de motivar os alunos para o estudo das Ciências da Vida e da Terra, contribuir para consolidar conhecimentos e construir novas ideias, estabelecendo ligações entre a escola, a sociedade civil e a comunidades científica local, foram realizadas algumas atividades extracurriculares, dentro e fora da Escola, como o X-CJG, e outras, em baixo descritas.

5.6.1. Clube das Ciências

O “Clube das Ciências” foi um projeto em que, desde o início do ano letivo, se desenvolveram algumas atividades práticas laboratoriais, dentro dos recursos materiais e logísticos disponíveis, como contributo para estimular a curiosidade dos alunos sobre os fenómenos naturais e complementar os conhecimentos desenvolvidos durante as aulas. Funcionou em regime de frequência opcional/facultativa, com periodicidade semanal, às sextas-feiras de tarde, com a duração de sensivelmente 1 hora, à exceção do 3º Período, uma vez que os alunos tiveram de se preparar para o “Exame Final Nacional do Ensino Secundário - Prova Escrita de Biologia e Geologia”.

As atividades práticas acabaram por se concretizar apenas no domínio da Biologia, uma lacuna a melhorar futuramente e a requerer uma análise e planificação atempadas de atividades práticas de Geologia exequíveis no laboratório de uma escola, tendo em consideração o estado das coleções didáticas existentes (rochas, minerais e fósseis) e a sua organização. É de referir que na biblioteca do Núcleo de Estágio existiam muitas mais atividades propostas, editadas em livro, para as Ciências da Vida, do que para as Ciências

da Terra, o que, juntamente com a clara preferência dos alunos pela Biologia, acabou por ditar as escolhas que fizeram (Fig. 58, p. 233).

5.6.2. Visita ao Museu de História Natural de Sintra

A visita ao [Museu de História Natural de Sintra \(MHNS\)](#) ocorreu a 9 de abril de 2015, na primeira semana de aulas do 3º Período, durante a qual se iniciou a leção do subtema “rochas sedimentares”, e enquadrou-se numa das sugestões metodológicas do Programa de Geologia, que propõe visitas de estudo a Museus de História Natural com salas de Paleontologia. Apesar de se tratar de um museu recente, inaugurado em 2009, sob tutela da Câmara Municipal de Sintra, o seu acervo integra uma notável coleção paleontológica (9416 fósseis), uma coleção de mineralogia (900 minerais), uma coleção de malacologia (1347 conchas), uma coleção de petrografia (544 amostras de rochas) e uma pequena biblioteca especializada. A coleção de fósseis, doados pelo colecionador Miguel Barbosa e esposa, Fernanda Barbosa, constitui um legado de grande valor cultural e científico, único no país ([MHNS, 2017](#)) (Figs 55 e 56).



Figura 55 – Alguns exemplares da coleção de fósseis de invertebrados e de minerais da exposição permanente do MHNS. As imagens não se encontram à escala. Fotografias de Anabela Morgado e Cristina Seabra.



Figura 56 - Alguns exemplares da coleção de fósseis de vertebrados e modelos (reconstituição), patentes na exposição permanente do MHNS. Em baixo, o holótipo de *Barbosania gracilirostris*, (Pterosauria, Pterodactyloidea) do Cretácico inferior (Aptiano-Albiano, ca. 100 Ma). Esta paleoespécie, nova para a ciência, foi descrita em 2011, por Elgin e Frey, a partir dos restos esqueléticos preservados na placa do espólio paleontológico de Miguel Barbosa, proveniente do nordeste do Brasil. O nome genérico da espécie é uma homenagem ao colecionador. As imagens não se encontram à escala. Fotografias de Anabela Morgado e Cristina Seabra.

Os alunos acederam à exposição permanente e ainda à exposição “*O Triunfo das Plantas – Além das Novas Fronteiras do Mesozoico*”, que à data se encontrava patente ao público na Sala de Exposições Temporárias, uma coincidência oportuna, na sequência da menção feita à evolução das plantas, durante a lecionação das aulas de Biologia, no 1.º período do ano letivo. Esta exposição temporária contribuiu para sensibilizar os alunos para a importância da Botânica e da Paleobotânica, uma vez que apresentava, não só uma reconstituição da composição florística de uma floresta do Mesozoico, com enquadramento científico e identificação taxonómica das espécies, como também uma exposição de fósseis de plantas correspondentes aos grupos mais representativos da história das embriófitas.

Para além de guiar a observação das amostras de rochas, minerais e fósseis, o Serviço Educativo do museu contribuiu, na pessoa da sua Diretora Técnica, Dra. Teresa Marques Alves, para enriquecer os conhecimentos dos alunos sobre a origem do planeta e a evolução da vida na Terra, ao longo de milhões de anos, desde o “Pré-Câmbrico” ao “Quaternário”, com referência a alguns dos eventos mais marcantes do ponto de vista geológico, evolução orgânica e extinções em massa, através dos painéis expostos e das coleções de Paleontologia, Mineralogia, Malacologia e Petrografia.

5.6.3. Visita de estudo do 7º ano de escolaridade

No final do ano letivo, a 13 de maio de 2015, os docentes das disciplinas de História, Geografia e Ciências Naturais levaram a cabo uma visita de estudo, previamente organizada para as turmas do 7.º ano de escolaridade do AECO, na qual se inseriu a única turma daquele nível a frequentar a ESDD. Esta AEC incluiu visitas guiadas a locais de grande relevância histórica e cultural, como o [Museu Monográfico e as Ruínas de Conímbriga](#), no Município de Condeixa, que preservam testemunhos da ocupação humana da região, desde finais do II milénio a.C. ao século VI da era cristã, e o [Complexo Monumental Santiago da Guarda](#), situado na povoação de Santiago da Guarda, concelho de Ansião e distrito de Leiria ([CMC, 2017](#); [PMA-DA, 2017](#)).

No Complexo de Santiago da Guarda visitaram-se a Torre quatrocentista (“Castelo”) e Residência Senhorial (Solar) dos Condes de Castelo Melhor – com exemplos da arquitectura manuelina, bem como os vestígios arqueológicos de uma *Villa* tardo-Romana, dos séculos IV e V d.C., descoberta em 2002 no subsolo desta residência, encerrando pavimentos decorativos que constituem um dos maiores acervos patrimoniais de mosaico romano em território nacional ([Ribeiro, 2015](#)). Depois de conhecerem a oficina de arqueologia e o centro de documentação, os alunos assistiram a um espetáculo de marionetas dirigido às escolas, com o objetivo de recriar e dar a conhecer a evolução histórica daquele lugar.

No espaço museológico da Granja foi possível aceder à vasta coleção de fósseis, recolhidos e doados pelo antigo Pároco de Santiago, repartidos por pequenas habitações típicas da aldeia (Fig. 57, p. 230). A região, tradicionalmente produtora de cereais, possui como ícones numerosos moinhos, situados nas zonas de maior altitude, tendo a visita terminado com a deslocação a um dos [Moinhos de Vento da freguesia de Santiago](#), com características únicas no mundo no que respeita ao seu modo de funcionamento (Fig. 57, p. 230). Foi visível a preocupação dos professores e guias dos museus em contextualizar os

seus ensinamentos, não só à escala do tempo histórico da ocupação humana, mas também à escala do tempo geológico, ao fazer o enquadramento paisagístico dos lugares, valorizando os recursos naturais, biológicos e geológicos, sempre que possível, e sua utilização pelas comunidades locais.

Esta atividade foi bastante útil, no sentido de permitir o contacto com um grupo numeroso de alunos, com idades compreendidas entre os 12/13 e os 13/14 anos, e vários professores experientes, constituindo uma oportunidade de aprender estratégias de gestão disciplinar com os colegas mais velhos e de desenvolver competências de supervisão, colocando limites à liberdade individual face a comportamentos inadequados ou de risco para a segurança e integridade dos alunos.



Figura 57 – Exemplares da coleção de fósseis de invertebrados (à esquerda) e moinho de vento (à direita) que os alunos do 7.º ano visitaram numa serra, em Santiago da Guarda. As imagens não se encontram à escala. Fotografias de Anabela Morgado e Cristina Seabra.

Contudo, apesar do empenho de todos os docentes, acabou por ocorrer, no final desta visita, um episódio súbito de agressão entre dois alunos, que obrigou a medidas especiais e ao transporte, pelo INEM, de um dos alunos para o Hospital Pediátrico de Coimbra, demonstrando que, independentemente da idade e anos de experiência profissional, um professor necessita de múltiplas competências profissionais e é humanamente impossível controlar todos os fatores de risco.

A tarefa de vigilância exigiu, por si só, um esforço redobrado de atenção, por parte de todos os docentes, e deu às professoras estagiárias a clara noção da responsabilidade, desafios e riscos envolvidos quando se organiza uma AEC no exterior, principalmente com alunos desta faixa etária.

5.7. Atividades formativas complementares

5.7.1. Reuniões de Conselho de Turma

A comparência nas reuniões de Conselho de Turma (CT), desde o início do ano letivo, e em momentos-chave ao longo de todo o ano, nomeadamente no final de cada período de avaliação escolar, foi da maior importância, para conhecer melhor a turma (alunos, seu histórico académico e *background* familiar) e desse modo compreender melhor a conduta e desempenho dos alunos, bem como a complexidade da situação da aluna com NEE e o seu impacto no trabalho dos docentes que a acompanharam, tendo o CT contado sempre com a presença das duas docentes do ensino especial que, além de darem apoio direto à aluna, procuraram orientar os colegas.

Na 1.ª reunião de CT, o principal objetivo foi apresentar os alunos e caracterizar a turma, a cargo da Diretora de Turma, que contou com a presença e colaboração de duas alunas, a delegada e a subdelegada da turma, bem como duas encarregadas de educação, tendo-se discutido outras questões como os meios de transporte utilizados pelos alunos, os tempos de deslocação dos que residiam mais longe, e a qualidade das refeições servidas na cantina da escola.

Nas restantes reuniões de 2014/2015 foram analisadas e discutidas as classificações finais a cada disciplina, visitas de estudo e outras AEC, estando sempre presentes as dificuldades sentidas por todos relativamente ao caso da aluna com NEE. O caso desta aluna ocupou grande parte do tempo de discussão de todas as reuniões de CT, devido aos muitos desafios que se foram colocando aos docentes, no que respeita à forma de motivar a aluna, às estratégias de ensino a utilizar, aos meios técnicos disponíveis de apoio à aprendizagem, e à difícil relação da escola com a encarregada de educação desta aluna, tendo em conta as suas expectativas irreais e comportamento por vezes conflituoso, entre outras questões.

5.7.2. Ações de formação

No 1.º período do ano letivo, a 28 de novembro de 2014, o Centro de Formação “Nova Ágora”, promoveu uma ação de formação destinada aos docentes de Biologia e Geologia, intitulada: “Microalgas como ferramenta pedagógica”, da responsabilidade das formadoras, Dra Maria de Fátima Santos, investigadora reformada do Departamento de Ciências da Vida da FCTUC, com vasta experiência no estudo das microalgas, e Dra. Isabel Paiva, professora reformada do ensino secundário, com experiência no ensino superior, ao nível da lecionação da unidade curricular “Plantas Não Vasculares”, no âmbito

da antiga licenciatura, pré-Bolonha, de Biologia. As formadoras integram a empresa [Alga₂O](#) que conduz investigação no domínio das microalgas e promove sua divulgação, através de acções de formação, consultadoria, comercialização e prestação de serviços, procurando contribuir para a utilização destes microorganismos no sector alimentar, da saúde, cosmética, energias alternativas e biorremediação ambiental.

Partindo da distinção entre macroalgas e microalgas, foram referidos, entre outros tópicos, a diversidade de habitats das microalgas e o seu potencial enquanto ferramenta pedagógica nas aulas de Biologia, para diferentes níveis de ensino. Na sequência do enquadramento taxonómico, fez-se uma caracterização sumária dos principais grupos (Divisões) de microalgas, com referência aos processos de identificação mais comuns e às características diagnósticas utilizadas nessa identificação.

A componente prática incluiu a execução/montagem de preparações temporárias e definitivas para observação ao microscópio ótico composto, a aplicação de técnicas de coloração e contraste, a visualização de características diagnósticas ao nível das células, filamentos e colónias, a utilização de uma chave dicotómica e apresentação do *kit* de apoio experimental (*e.g.* amostras em cultura, reagentes) concebido para escolas, com demonstração de técnicas simples de cultivo de microalgas.

5.7.3. Assistência às aulas do 7.º ano e do 12.º ano de escolaridade

Por iniciativa das alunas estagiárias foi solicitada permissão para assistir a algumas aulas dos restantes níveis de escolaridade atribuídos ao orientador cooperante naquele ano: 7.º e 12.º anos. A finalidade foi aprender, por meio da observação direta, estratégias pedagógicas utilizadas, com êxito, com crianças e pré-adolescentes do ensino básico, e com alunos pré-universitários, tendo em conta que o desempenho profissional de um professor experiente contém vários elementos de ensino eficaz, amadurecidos ao longo dos anos de serviço, que não se substituem por outras vias de formação.

A experiência revelou-se muito enriquecedora, sendo evidente, como seria de esperar, o contraste nos comportamentos, capacidades de atenção e concentração dos alunos, em função das respetivas faixas etárias, notório mesmo entre os alunos do 11.º e 12.º anos, estes últimos revelando já alguma maturidade e seriedade na forma de estar e trabalhar, assim como uma maior motivação e autonomia. Nas turmas do 12.º ano, o orientador pedagógico pediu a colaboração das alunas estagiárias, integrando-as na apreciação crítica dos trabalhos de fim de ano, elaborados e apresentados oralmente por vários grupos de alunos, com suporte digital em PowerPoint, atividade letiva que ocupou

2-3 aulas. Este contributo foi muito bem aceite pelos alunos, e resultou numa atitude construtiva, na medida em que havia falhas comuns aos diferentes grupos, que ao reconhecerem a pertinência das observações, incorporaram as sugestões de melhoria, quer ao nível do desempenho físico/oral, quer ao nível da elaboração de diapositivos, nos trabalhos apresentados posteriormente à 1.ª aula.



Figura 58 – Dispositivo montado para uma atividade prática laboratorial sobre transpiração das plantas (à esquerda), no âmbito do “Clube das Ciências”, e modelo de simulação de tratamento da água de consumo doméstico numa ETAR, concebido e apresentado por uma aluna do 12.º ano para complementar a sua apresentação oral. Fotografias de Anabela Morgado.

5.8. Atividades colaborativas com a Escola Secundária D. Duarte

5.8.1. Receção aos alunos do Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste

No 2.º período, nos dias 19 e 20 de março de 2015, a ESDD, recebeu os alunos, mais novos, das restantes escolas do agrupamento, para dar a conhecer a sua oferta formativa, nomeadamente ao nível das vias de ensino secundário e dos cursos de formação profissional, possibilitando o acesso às instalações de toda a escola, incluindo os recintos desportivos e restantes espaços no exterior. Foram também divulgadas as atividades extracurriculares de natureza científica, cultural e desportiva, promovidas pelos vários clubes e projetos da escola, bem como alguns trabalhos realizados pelos alunos e docentes da ESDD.

O núcleo de estágio de Biologia e Geologia participou nestes 2 dias abertos da escola, contribuindo com uma exposição e visita guiada aos trabalhos realizados pelos alunos do 11.º A, por ocasião do X-CJG: 7 painéis, acompanhados dos respetivos resumos, e ainda duas comunicações orais: “*Darwin, o geólogo*” e “*Formação de minerais e degradação de edifícios da UC*”, baseadas nos painéis com o mesmo título. Estas comunicações foram apresentadas pelos seus autores, alunos do 11.º A, com recurso a diapositivos em PowerPoint. (Fig. 59).

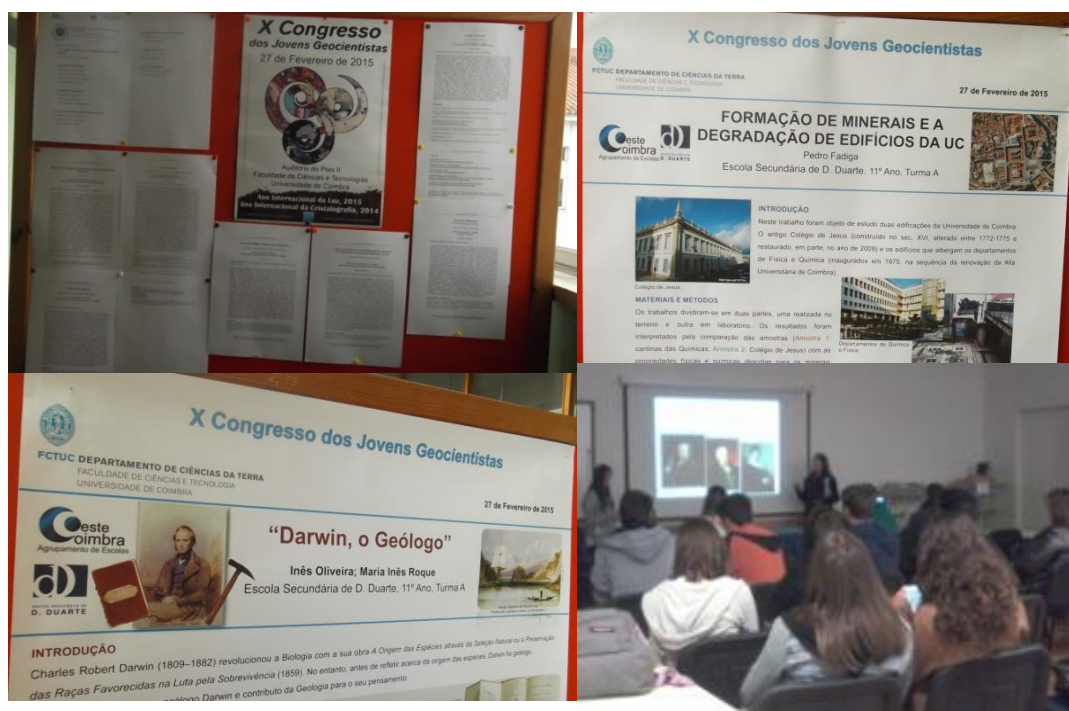


Figura 59 – Atividades do “Dia Aberto” da Escola Secundária D. Duarte: exposição dos resumos e painéis construídos para o X-Congresso dos Jovens Geocientistas, e apresentação oral de “*Darwin, o geólogo*” pelas alunas. Fotografias de Anabela Morgado e Cristina Seabra.

5.8.2. Comemoração do Aniversário da Escola

Após o “25 de Abril”, de 1974, o dia 17 de abril foi consagrado o “Dia da Escola”, evocando a sua inauguração em 17/04/1969 e os eventos académicos que marcaram a cidade naquele dia. O aniversário da escola comemora-se anualmente com diversas iniciativas na comunidade escolar.

Para assinalar o 46.º aniversário da ESDD, em 17/04/2015, foi exposto na Biblioteca da escola um Painel, apresentado em Outubro de 2014 no “*II Colóquio - História das Ciências para o Ensino*”, da autoria de Carla Marques, Carlos Barata, Anabela Morgado, Paulo Magalhães, Isabel Abrantes e Celeste Gomes.

Foram também realizadas duas palestras; uma de divulgação e sensibilização para a problemática das plantas invasoras em território nacional, que contou com a colaboração da Doutora Elizabete Marchante, do [Centro de Ecologia Funcional](#) - [Departamento de Ciências da Vida da Universidade de Coimbra](#) (Fig. 60), e outra sobre o lince-ibérico, (*Lynx pardinus*, Temminck 1827), concebida e apresentada pela professora estagiária (Fig. 61).

Os alunos observaram amostras de material biológico (ramos de árvores e outras espécies arbustivas e herbáceas) em sala. Estava prevista uma atividade prática no exterior da escola, onde é fácil encontrar espécies invasoras comuns (e.g. “mimosas”, “canas”,

“penachos”, “espanta-lobos”, “azedas”; “bons-dias”), com colheita de amostras de material vegetal para observação detalhada e identificação no laboratório, mas o tempo limitado não permitiu que a mesma se concretizasse.

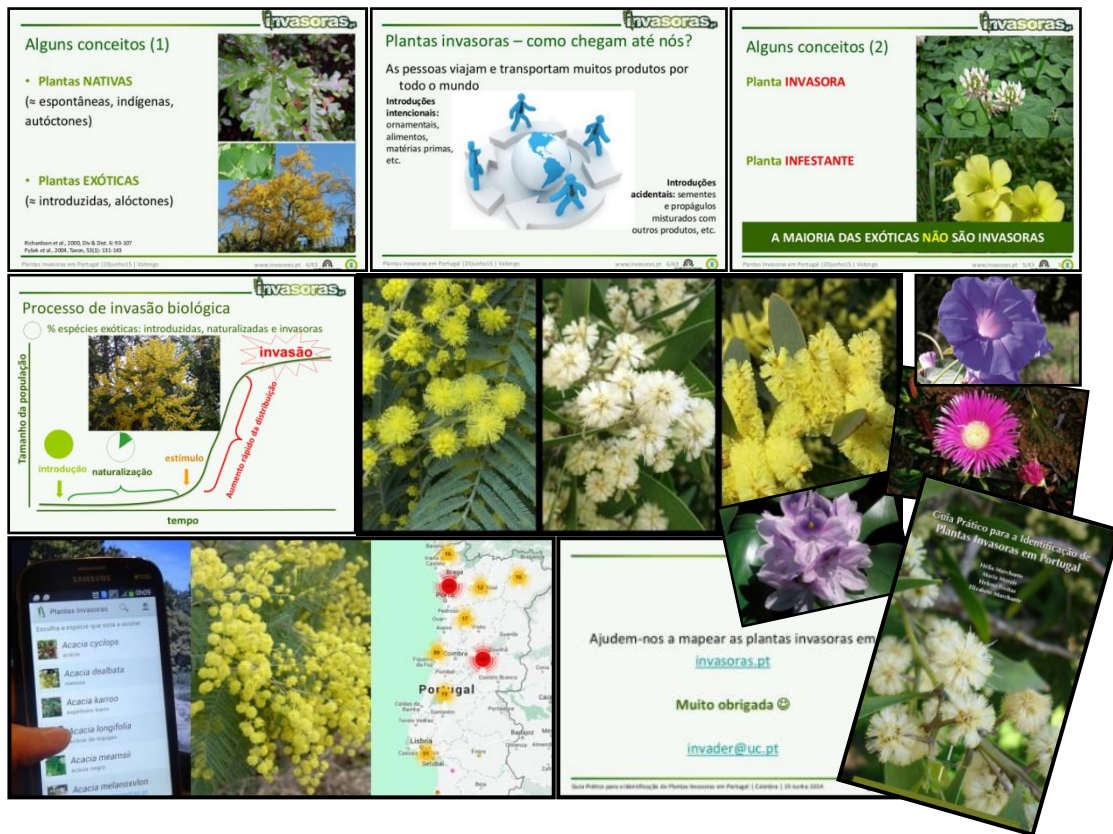


Figura 60 – Diapositivos e imagens projetadas durante a palestra sobre plantas invasoras. Fotografias de Elisabete Marchante. As imagens não se encontram à escala, estando disponíveis em invasoras.pt.

Apelou-se ao envolvimento de professores e alunos na plataforma de ciência-cidadã para mapeamento de plantas invasoras em Portugal, através de registos no “Mapa de avistamentos”, disponível *online*, no site invasoras.pt e aplicação android para telemóvel, divulgando também o guia prático de campo (livro) de identificação de espécies vegetais invasoras, doado à biblioteca da escola (Fig. 60).

Durante a sessão sobre o linco-ibérico foram projetados vídeos didáticos e focados vários aspetos, entre os quais, a morfologia/anatomia, biogeografia, habitat, dieta, genética, filogenia, ameaças, estatuto de conservação, legislação de proteção e perspetivas futuras, no âmbito do programa de cria em cativeiro e reintrodução em habitat natural nacional (Fig. 61).



Figura 61 – Alguns dos diapositivos construídos para a palestra sobre o lince-ibérico, (*Lynx pardinus*, Temminck 1827). Seleção de Cristina Seabra. Créditos das fontes de imagem assinalados nos diapositivos.

5.8.3. Festa de encerramento do ano letivo 2014/2015

As atividades que assinalaram o fecho do ano escolar tiveram lugar no dia 5 de junho de 2015, e envolveram a conceção, organização e montagem de uma exposição temática de Ciências Naturais - “Mostra BioGeo”, preparada pelas professoras estagiárias de Biologia e Geologia, que esteve patente ao ar livre, numa tenda especialmente destinada ao efeito, num dos recintos exteriores da ESDD, conjuntamente com outras tendas temáticas de diferentes escolas do Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste (AECO). A “Mostra BioGeo” (Fig. 62) foi projetada especialmente para as crianças e jovens do

AECO, mas também para os seus familiares e amigos, tendo em consideração alguns dos temas mais relevantes dos programas do ensino básico e secundário, procurando informar e sensibilizar as comunidades escolar e local para temas como a gestão dos recursos naturais, biodiversidade e geodiversidade do país, iniciativas de conservação da natureza (fauna e flora autóctones, *e.g.* reintrodução do linco- ibérico em habitat natural e combate às plantas invasoras no território nacional), proteção do ambiente e riscos naturais.

A exposição permitiu divulgar atividades realizadas, durante o ano letivo, com alunos da ESDD, como o acompanhamento de visitas de estudo (7.º ano - Ciências Naturais, e 11.º ano – Biologia e Geologia), participação no X-CJG, trabalhos do Clube de Ciências, acompanhamento dos alunos do 10.º e 11.º anos no “Mini Congresso de Ciência por Jovens”, realizado no [Exploratório](#), em colaboração com a diretora de turma, docente de Físico-Química, Dra. Rosa Lourenço, e com a docente de Biologia e Geologia do 10.º ano, Dra. Maria de Jesus Bento. Foram expostos os painéis realizados e apresentados pelos alunos no CJG e as apresentações digitais dos alunos de Biologia do 12.º ano.

Houve ainda espaço para dinamização de algumas atividades práticas, como a simulação de etapas de filtração e purificação de água para consumo doméstico numa ETAR, através de um modelo concebido por uma aluna do 12.º ano, observação a olho nu de amostras de mão de rochas (incluindo rochas sedimentares com fósseis), observação ao microscópio estereoscópico da anatomia de um inseto e observação ao MOC de preparações definitivas de tecidos animais e vegetais. Foram usados vários tipos de materiais e recursos didáticos, como filmes e animações, projetados em tela e em 3 computadores portáteis, apresentações digitais, fotografias, folhetos, livros, painéis, preparações definitivas para MOC, amostras de mão de rochas, minerais e de organismos, aproveitando corpos de invertebrados já mortos.



Figura 62 – Perspetivas do exterior e interior da tenda (entrada e fundo, ângulos direito e esquerdo) que albergou a “Mostra BioGeo”, patente à comunidade escolar do Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste, na Escola Secundária D. Duarte, na festa de encerramento do ano letivo 2014/2015.

6. Resultados e discussão

Nas páginas seguintes apresentam-se e discutem-se os dados obtidos através da aplicação dos instrumentos de recolha de informação para avaliação dos recursos didáticos, dos métodos e estratégias de ensino e aprendizagem, e do desempenho da professora estagiária na lecionação dos conteúdos de Biologia (“Ciclos de vida”) e de Geologia (“Rochas sedimentares”). Tanto na componente de Biologia, como na componente de Geologia, a avaliação da lecionação baseou-se principalmente na análise das respostas dos alunos às questões das provas de avaliação sumativa e na análise dos 2 questionários de *feedback*. A avaliação da lecionação do subtema “Ciclos de vida” baseou-se também nas classificações obtidas no relatório da atividade prática laboratorial de Biologia, realizado segundo o modelo “V de Gowin”.

A avaliação da participação dos alunos no X-CJG não contribuiu para avaliar a lecionação do subtema “Rochas sedimentares”, uma vez que o congresso se realizou em Fevereiro (2.º período) e o tema só foi lecionado posteriormente, no 3.º período, além de apenas dois dos temas escolhidos pelos alunos se enquadrarem na geologia sedimentar (alteração de rochas em edifícios e contributo da paleontologia na obra de Darwin). No entanto, este evento foi importante para desenvolver novos conhecimentos/interesses e consolidar alguns aspetos das temáticas já lecionadas, no âmbito dos conteúdos do programa bienal (10.º e 11.º anos) de Geologia.

6.1. Provas de avaliação sumativa

6.1.1. Biologia

Selecionaram-se um total de 11 questões sobre ciclos de vida, a partir do 3.º e 5.º testes de avaliação sumativa, 8 itens retirados do 3.º teste, e 3 itens do 5.º teste. Apresentam-se as percentagens de respostas corretas para cada uma das questões extraídas do 3.º teste de avaliação sumativa, realizado no início do 2.º período (19/01/2015) pelos 25 alunos (Fig. 63). Quando os alunos realizaram o 3.º teste, o professor já tinha lecionado a unidade temática “Evolução biológica”, mas ainda não tinha lecionado a unidade “Sistemática de seres vivos”. Quando se submeteram ao 5.º teste de avaliação sumativa já tinham estudado aqueles conteúdos, pelo que os enunciados apresentam algumas diferenças no que se refere ao modo de identificar/escrever o nome das espécies, simplificado no 3.º teste, i.e., não obedecendo ainda às regras de nomenclatura binomial em itálico, já observadas no enunciado do 5.º teste.

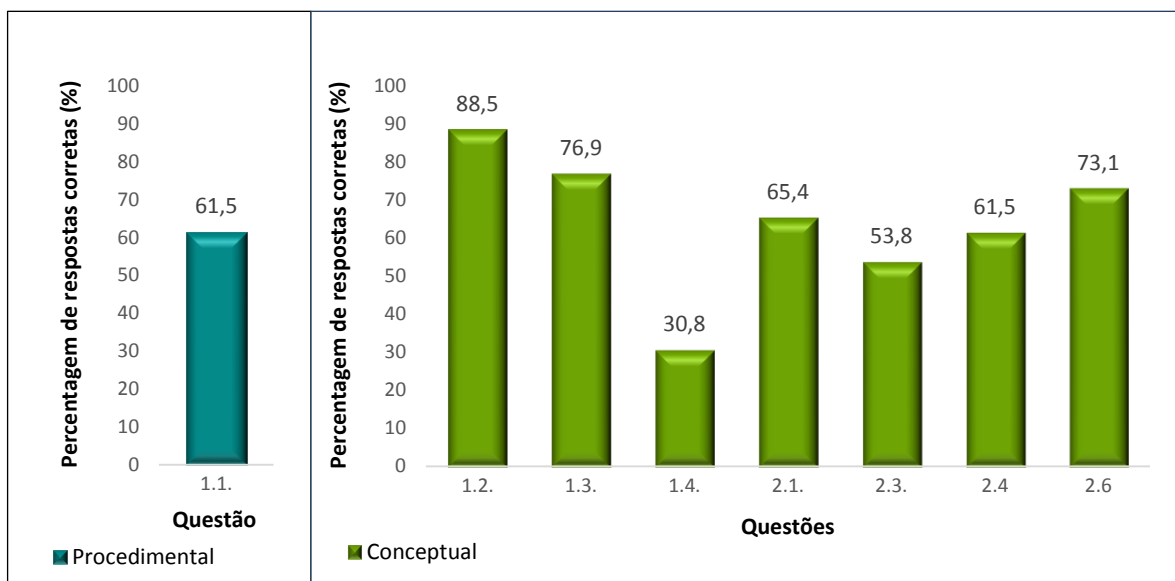


Figura 63 – Valor percentual (0-100) de respostas corretas para cada uma das 8 questões sobre ciclos de vida no 3.º teste de avaliação sumativa de Biologia do 11.º ano de escolaridade, de acordo com a sua natureza, procedimental ou conceptual ($8_t = 1_p + 7_c$).

Na 3.ª prova, que incidia maioritariamente sobre ciclos de vida, foram apresentados 2 exemplos de reprodução sexuada, o de uma alga-verde unicelular clorófita, com ciclo haplonte (*Chlamydomonas* sp.), e o de uma macroalga castanha feófito, com ciclo haplodipolonte (*Macrocystis* sp.). Houve uma questão relacionada com a reprodução sexuada das angiospérmicas, mas não diretamente relacionada com o seu ciclo de vida. Essa questão procurava avaliar conteúdos procedimentais, em contexto de aplicação de conhecimentos sobre outra unidade temática (Evolução biológica) não lecionada pela estagiária, que, por esse motivo, não foi considerada nesta análise.

O número total (n_t) de itens no 3.º teste foi de 24, sendo 18 de domínio conceptual (c) e 6 de domínio procedimental (p): $24_t = 18_c + 6_p$. Das 8 perguntas relativas a ciclos de vida, apenas a alínea 1.1. pertencia à componente procedimental da prova, sendo as restantes (1.2., 1.3. e 1.4., 2.1., 2.3., 2.4 e 2.6.) de natureza conceptual. A média das percentagens de respostas corretas nos 18 itens sobre conteúdos conceptuais foi de 64%, um valor idêntico ao obtido para os 7 itens que avaliaram conteúdos conceptuais sobre “ciclos de vida” - 64,3%. A percentagem de respostas certas no item 1.1., o único que avaliou conteúdos procedimentais sobre ciclos de vida, foi de 61,5 %, um valor superior à média dos 6 itens da prova - 50% e também o mais elevado de todos os valores individuais, que variaram entre 40,4 e 61,5%.

A avaliação individual das 8 questões selecionadas foi positiva, à exceção do item 1.4., em que apenas 30,8% dos alunos acertaram. O número de alíneas da pergunta 1 é

igual ao da pergunta 2, dado que ambas contêm 4 itens sobre o tema em análise. A média das percentagens de respostas corretas nas alíneas da pergunta 1 foi de 64,4 %, um número que, apesar do baixo valor individual da alínea 1.4., foi superior, em quase 1 ponto percentual, à média de resultados da pergunta 2, de 63,45%. Estes dados poderiam sugerir um melhor desempenho dos alunos no conjunto de alíneas da pergunta 1. No entanto, a diferença nos números não é significativa, além de se verificar uma grande variação individual na questão 1, entre 30,8 e 88,5%, o que não sucede na questão 2, com uma certa uniformidade nos valores das diferentes alíneas, que variam entre 53,8 e 73,1%, sempre acima de 50% de respostas corretas. Pode assim dizer-se que a avaliação global dos alunos no 3.º teste, e sobre os conteúdos lecionados, foi positiva (Fig. 63).

A alínea 1.1. era um item de construção, do domínio procedimental, em que se pedia para explicar de que modo o processo de reprodução sexuada poderia conferir vantagem evolutiva à microalga unicelular *Chlamydomonas* em determinadas condições ambientais. Para responderem corretamente, os alunos tinham de conhecer e estabelecer a relação entre a formação do zigoto, ou seja a fecundação, e a ocorrência da reprodução sexuada, assim como compreender e recordar as vantagens adaptativas da variabilidade genética introduzida na descendência, em consequência da ocorrência da meiose e da união aleatória dos gâmetas no momento da fecundação.

Durante o estudo de vários subtemas de Biologia, como as etapas da meiose, a reprodução sexuada, os ciclos de vida e, posteriormente, a evolução das espécies, tinham sido várias vezes referidos os elementos necessários para responder de forma correta e completa a este item. Na discussão orientada com o professor, os alunos pareciam ter compreendido a relação entre reprodução sexuada, diversidade biológica (variabilidade de características), capacidade de resistência a mudanças nas condições ambientais, e consequências (vantagens) para a sobrevivência e adaptação das populações de organismos.

Mais de 60% dos alunos acertaram, mas esperava-se um valor superior, sobretudo pelo facto de ter sido explorada uma situação idêntica nas aulas, durante a leção do ciclo de vida de *Spirogyra* sp., também algas-verdes, ainda que morfológicamente distintas (pluricelulares filamentosas), e pertencentes a outro grupo taxonómico. Durante o estudo do ciclo de vida da espirogira tinham sido explicadas as condições ambientais em que os indivíduos se multiplicavam assexuadamente (a forma de reprodução mais comum, graças às divisões mitóticas) e aquelas em que ocorria a formação de uma estrutura de resistência a condições adversas, o zigósporo, graças à ocorrência da fecundação e ao espessamento,

endurecimento e impermeabilização da parede do zigoto. Estas características foram relacionando com o facto de o zigósporo permanecer em estado de latência até que as condições ambientais fossem novamente favoráveis ao crescimento vegetativo (e reprodução assexuada).

Tal como nas espirogiras, em *Chlamydomonas*, a única célula diplóide é o zigoto, uma vez que a meiose é pós-zigótica, sendo os indivíduos resultantes células haploides. Os gâmetas formam-se por mitose, mas se forem provenientes de populações de células geneticamente diferentes, a sua união contribuirá para a variabilidade genética dos zigotos e, conseqüentemente, para o aumento da diversidade biológica das populações de células descendentes.

Os resultados neste item, ainda que satisfatórios, mostram que perto de 40% dos alunos não compreendeu e/ou não soube relacionar estes conteúdos com as situações analisadas e discutidas nas aulas, falhando na aplicação de conhecimentos, na articulação de diferentes tipos de informação e no raciocínio que liga conceitos/eventos e processos. Se os alunos tivessem reconhecido as analogias/semelhanças entre o ciclo de vida de *Chlamydomonas* sp. e o de *Spirogyra* sp., teriam tido maior facilidade em responder à pergunta 1. No entanto, há que reconhecer que o desempenho neste item foi superior ao observado nos restantes (5) itens da componente procedimental da prova, o que é positivo.

A segunda alínea da pergunta 1 foi a que registou a maior percentagem de respostas corretas, tendo 88,5% dos alunos acertado (Fig. 63). Este item, de resposta fechada e escolha múltipla, implicava a seleção da única opção contendo 2 termos em falta numa frase, para obter uma afirmação correta. Exigia a integração da informação escrita no texto com a informação gráfica da figura, mas sobretudo a observação da representação esquemática do ciclo de vida de *Chlamydomonas*, de modo a reconhecer que os gâmetas possuem 2 flagelos, ocorrendo duplicação desse número quando se dá a união de gâmetas biflagelados, ou seja, a fecundação, e conseqüente formação de um zigoto tetraflagelado (= célula provida de 4 flagelos). Os bons resultados obtidos sugerem que a maioria dos alunos conhecia o prefixo “tetra” e soube interpretar os elementos do esquema, identificando/relacionando a formação do zigoto com a reprodução sexuada.

Cerca de 77% dos alunos acertaram na alínea 1.3., de natureza idêntica à alínea 1.2., selecionando a única alternativa correta que completava a afirmação, identificando o ciclo de vida de *Chlamydomonas* como haplonte, pelo facto de a meiose ser pós-zigótica. As alternativas erradas propunham combinações do ciclo diplonte com meiose pré-gamética ou pós-zigótica, e ciclo haplonte com meiose pré-gamética. Pode concluir-se que

mais de 3/4 dos alunos soube classificar este ciclo de vida e estabelecer a relação causal entre o momento de ocorrência da meiose e o tipo de ciclo de vida.

A alínea 1.4., foi a que resultou num desempenho mais fraco. Neste item, os alunos tinham de selecionar a única opção que continha os termos que preenchiam, sequencialmente, os espaços em branco na frase: “*O zigoto da Chlamydomonas divide-se por _____, originando seres que, em relação aos seus progenitores, apresentam um cariótipo _____.*” de modo a obter uma afirmação correta. Cerca de 69% dos alunos não soube responder, o que significa que, esses, erraram no 2.º termo, já que a maioria dos alunos tinha reconhecido, no item anterior (1.3.) a meiose como sendo pós-zigótica.

Pensa-se que os alunos associaram corretamente a divisão do zigoto, diploide ($2n$), à meiose, e não à mitose, mas devem ter confundido o conceito de cariótipo (conjunto de todos os cromossomas de uma célula somática, cujo número e forma são constantes e característicos da espécie) com o conceito de variabilidade genética dos cromossomas, que associam à meiose. A opção correta era a combinação dos termos “meiose ... igual”, já que o número de cromossomas dos seres “descendentes”, i.e., das células haploides (n), resultantes da divisão do zigoto por meiose, é exatamente o mesmo (n) que existia nas células somáticas haploides – os “progenitores”, e nos gâmetas produzidos por mitose. Estas ideias são reforçadas no texto, onde pode ler-se: “*Com exceção dos zigos, as células destes organismos são haplóides...*” e “*Em Chlamydomonas (...) as células vegetativas têm capacidade reprodutora e podem formar gâmetas morfológicamente idênticos às células vegetativas.*”

Na pergunta 2, subordinada ao ciclo de vida das macroalgas-castanhas do género *Macrocystis*, todas as alíneas eram itens de seleção/escolha múltipla para completar frases com termos/expressões em falta, de modo a obter afirmações completas e corretas, e todas revelaram percentagens satisfatórias de respostas corretas.

Mais de 65% dos alunos acertaram na primeira alínea, 2.1. Os erros nesta resposta poderão ser devidos ao facto de os alunos terem selecionado a opção “...uma célula diplóide”, menos precisa/rigorosa que a opção válida “...um zigoto”, já que “a entidade multicelular adulta”, ou seja, a macroalga, um ser pluricelular diplonte, se desenvolve, efetivamente, a partir de uma célula $2n$, mas não uma qualquer, dado que também as células vegetativas do indivíduo adulto são diploides e não originam diretamente descendência. Era necessário ter presente a distinção entre reprodução sexuada, que implica a meiose e fecundação, e a reprodução assexuada, que envolve apenas a mitose.

A menor percentagem de respostas certas, 53,8%, registou-se na alínea 2.3., na qual se esperava que os alunos soubessem justificar a razão, selecionada entre as opções apresentadas, pela qual o ciclo de vida de *Macrocystis* é considerado haplodiplonte. Uma vez que o fator que determina o tipo de ciclo de vida dos organismos é sempre o momento de ocorrência da meiose, o facto de a meiose ser pré-espórica em *Macrocystis* define um ciclo haplodiplonte, pelo que a opção correta era a referente à ocorrência de meiose “nas estruturas produtoras de zoósporos” – estruturas estas identificadas no texto como os esporângios. As restantes opções não permitiam identificar o ciclo de vida, dado que a alternância de fases nucleares ocorre sempre na reprodução sexuada, os gâmetas são sempre entidades haploides, independentemente de serem formados por mitose ou meiose, e a existência de “uma entidade unicelular resultante de cariogamia”, ou seja, o zigoto, é comum a todos os seres que se reproduzem sexuadamente.

Os alunos tinham de recordar os conhecimentos previamente construídos e integrar a informação do texto com a informação representada esquematicamente na figura do ciclo de vida da alga. Em função dos exemplos estudados nas aulas, bastaria prestar atenção aos dados fornecidos, incluindo a informação de se tratar de um ciclo haplodiplonte, para compreender que a meiose precedia a formação dos esporos, e existia uma alternância de gerações heteromórficas, tal como alude o texto “*No ciclo de vida da Macrocystis (...), as fases haplóide e diplóide são perfeitamente distintas. A alga é o esporófito e, na sua superfície, desenvolvem-se esporângios, produtores de esporos (zoósporos). Estes originam gametófitos microscópicos, que produzem gâmetas, oosferas e anterozoides.*”

Apesar de os ciclos de vida haplodiplontes analisados durante a lecionação corresponderem a plantas terrestres, produtoras de esporos desprovidos de flagelos, esperava-se que os alunos estabelecessem uma analogia entre os meiosporos das plantas e os destas algas. Embora o texto não mencione explicitamente o momento de ocorrência da meiose, é referido no último parágrafo, acima transcrito, que os zoósporos de *Macrocystis* são esporos produzidos em esporângios, e que, tal como nas embriófitas, esses esporos originam gametófitos, por sua vez produtores de gâmetas ♂ e ♀. Através da observação atenta da figura, que complementava a informação escrita, os alunos poderiam ter localizado estruturas, como os soros e esporângios, eventos e processos como a formação de zoósporos por meiose (letra Z), a formação de gametófitos por mitose (letra Y) e a fecundação (letra X), seguida do crescimento de um jovem esporófito pluricelular e do seu desenvolvimento até ao estágio adulto. Os resultados deste item parecem evidenciar a dificuldade de parte dos alunos em identificar/discernir e retirar informação relevante do

texto, assim como em interpretar esquemas de um ciclo de vida, e integrar os dois tipos de informação.

Na alínea 2.4. o desempenho dos alunos foi um pouco melhor, pois registou-se uma percentagem de 61,5% de respostas corretas. As falhas observadas poderão atribuir-se à existência de 2 opções aparentemente aceitáveis para completar a frase: “*Macrocystis* apresenta reprodução _____, com formação de esporos flagelados em _____ diplóides.” Todos os alunos deveriam ter selecionado a combinação de termos “sexuada/esporângios”, já que o texto explicitamente referia a produção dos zoósporos (= esporos flagelados) em esporângios, mas é possível que parte dos alunos tenha escolhido a combinação “sexuada /células-mãe de esporos”.

Entre as 4 alíneas analisadas da pergunta 2, a 2.6. foi aquela em que se observou o maior valor percentual de respostas certas, 73,1%, sendo um dos itens mais bem cotados da prova. Para acertar, era necessário identificar a letra X com o processo da fecundação, conhecer a entidade resultante, i.e., um zigoto diploide ($2n$), e compreender que o seu número de cromossomas era igual ao do esporófito (a alga adulta diplonte), constituído por células diploides. Era ainda necessário identificar a letra Z com a ocorrência da meiose, e associar este processo de divisão celular à variabilidade genética das células-filhas, devida ao “crossing-over”, tal como ensinado pelo professor durante o estudo da meiose, antes do início do estudo dos ciclos de vida. Pode concluir-se que a maioria dos alunos aprendeu e soube aplicar os conhecimentos teóricos sobre a reprodução sexuada nesta questão.

No 5.º teste de avaliação sumativa, realizado no 3.º período (20/04/2015), só 3 questões eram selecionáveis, todas elas parte da componente conceptual da prova, os itens 4, 5 e 6 do Grupo IV. Apresentam-se as percentagens de respostas corretas nas questões do 5.º teste (Fig. 64), que avaliou 24 alunos, uma vez que a aluna com NEE tinha já deixado de ser avaliada neste tipo de provas.

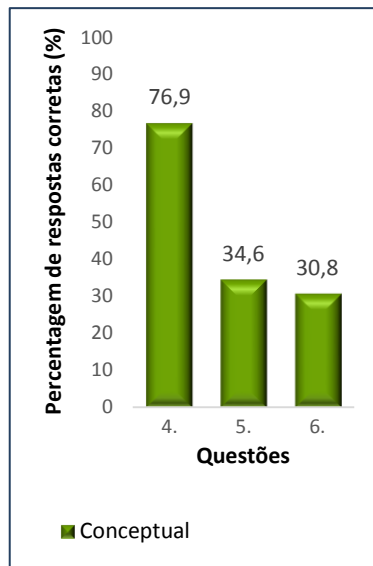


Figura 64 – Valor percentual (0-100) de respostas corretas para cada uma das questões sobre ciclos de vida ($n_t = 3 = n_c$) do 5.º teste de avaliação sumativa de Biologia do 11.º de escolaridade (Grupo IV, questões 4, 5, 6).

O número total (n_t) de itens neste teste, organizado em 4 grupos, foi de 28, sendo 24 de domínio conceptual (c) e 4 de domínio procedimental (p): $28_t = 24_c + 4_p$. A média das percentagens de respostas corretas nos 24 itens sobre conteúdos conceptuais foi de 51,5%, um valor ligeiramente superior ao da média dos 3 itens analisados, que foi de apenas 47,4 %, refletindo um fraco desempenho nestas perguntas. Quando se analisam individualmente as percentagens de acerto nestas 3 questões, verifica-se que apenas a questão IV-4. apresentou um valor francamente satisfatório, já que ca. de 77% dos alunos acertaram (Fig. 64). Nas questões IV-5. e IV-6., os números foram inferiores a metade daquele valor, 34,6 e 30,8%, respetivamente.

O texto do IV grupo referia-se, de modo muito sintético, à morfologia e ecologia da *Rana temporaria*, mencionando alguns fatores que ameaçam, à escala global, a sobrevivência e continuidade desta e de muitas outras espécies de anfíbios. O suporte textual não continha informação específica sobre a reprodução de *R. temporaria*, mas vinha acompanhado de uma figura, representando esquematicamente o seu ciclo de vida, com desenhos, numerados, dos diversos estádios de desenvolvimento da rã, incluindo os indivíduos adultos, ovos, e girinos, ilustrando ainda o processo da metamorfose dos girinos.

Na questão 4., os alunos deveriam selecionar a opção correta que identificava o ciclo de vida da rã como diplonte, com meiose pré-gamética, e o indivíduo adulto,

representado na figura, como uma entidade diploide. Como foi já referido foi esta a questão a que mais alunos souberam responder, o que não é de surpreender, já que tratando-se da reprodução sexuada de um vertebrado, os alunos deveriam lembrar que o seu ciclo de vida era diplonte, tal como acontece noutros exemplos, discutidos nas aulas.

Nas questões seguintes, 5. e 6., mais de metade dos alunos, 65,4 e 69,2%, respetivamente, erraram na resposta. Para responderem acertadamente a estas questões, deveriam primeiramente ter identificado as entidades (adultos, ovos, larvas) e eventos (meiose/produção de gâmetas e fecundação) numerados no esquema, relacionando-os depois com a ploidia das células e com os fenómenos implicados na introdução de variabilidade genética na descendência, conforme solicitado nas perguntas.

Na questão 5., de seleção, a única afirmação correta identificava a ocorrência da reprodução sexuada e associava-a à recombinação génica. Observando, na figura, o algarismo (1) mencionado na frase, verifica-se que corresponde ao desenho esquemático que ilustra o acasalamento e a postura dos ovos pela fêmea, pelo que os alunos poderiam ter interpretado o processo em causa como a gametogénese e/ou a fecundação e é possível que isso os tenha confundido. Todavia, mesmo hesitando entre a meiose (o processo que precede a formação dos óvulos) e a fecundação (fertilização desses óvulos pelo esperma do macho), tratava-se de um caso de reprodução sexuada, e portanto incluía a recombinação genética, na sequência do crossing-over na profase I (divisão reducional da meiose), além de que as restantes opções não eram verdadeiras, uma vez que descreviam: *i*) a entidade 8 (= tetrápode juvenil, ainda provido de cauda) como possuindo um número de cromossomas $[2n]$ diferente dos ovos ($= 2n$); *ii*) as entidades 3 (= população de girinos/larvas aquáticas) como sendo geneticamente iguais [o que só ocorreria num clone, resultante de reprodução assexuada] e *iii*) o desenvolvimento dos ovos [mitose/diferenciação celular] como o processo responsável pela alternância de fases nucleares (devida à ocorrência alternada dos fenómenos complementares de meiose e fecundação). Deste modo, nem que fosse por exclusão das afirmações falsas, poderiam ter acertado.

O elevado número de respostas erradas leva a supor que os alunos não identificaram corretamente as entidades assinaladas e/ou não compreenderam a sua relação com os processos que lhes estão associados. É possível, também, que tenham confundido os termos “ovos” (= zigotos/óvulos fecundados) com “óvulos”, o que teria levado a considerar que os juvenis não tinham a mesma ploidia que os gâmetas femininos.

O ciclo de vida de um vertebrado ovíparo que sofre metamorfose, típico dos anfíbios, não tinha sido explorado nas aulas, mas tinham sido descritos ciclos de vida de

insetos, i.e., animais invertebrados que passam por metamorfoses distintas, como os lepidópteros e as libélulas, tendo sido referidos de exemplos de outros vertebrados, como os peixes migratórios (e.g. lampreia-marinha e enguia-europeia, mencionada no manual). Estes resultados parecem refletir dificuldades na aplicação de conhecimentos sobre conceitos e processos em contextos novos e também dificuldades na interpretação de esquemas.

A questão 6., “*O ovo das rãs divide-se por _____, originando um juvenil que, em relação aos seus progenitores, apresenta um cariótipo _____.*” era muito semelhante, no tipo de operações cognitivas mobilizadas, ao item 1.4., do 3.º teste de avaliação sumativa: “*O zigoto da Chlamydomonas divide-se por _____, originando seres que, em relação aos seus progenitores, apresentam um cariótipo _____*”. À semelhança do que se verificou no item 1.4./teste 3, ca. de 69% dos alunos falharam 3 meses depois, na resposta ao item 6., da 5.ª prova – donde, é de admitir que poderão ter sido os mesmos que sentiram dificuldades na pergunta do teste 3, e não tendo compreendido o motivo pelo qual erraram, após a entrega e correção do 3.º teste, voltaram a manifestar as mesmas dificuldades.

A opção válida de resposta à questão 6., era a combinação “mitose/igual”, uma vez que o ovo da rã (= zigoto), tal como noutros seres diplontes, se divide por mitose, originando um juvenil com a mesma ploidia dos progenitores, i.e formado por células diploides. É possível que os alunos tenham confundido as noções de cariótipo (= número de cromossomas, típico da espécie) e de variabilidade genética, tal como já sugerido, relativamente ao item do 3.º teste, podendo, também, ter confundido a entidade “ovo” com o gâmeta feminino, o que levaria à escolha da combinação “meiose/diferente”. Se assim aconteceu, é preocupante que não conhecessem o conceito de cariótipo, lecionado no 1.º período pelo professor, e não tivessem presente que, quando uma espécie se reproduz, a ploidia das suas células se mantém, de geração em geração, sendo a fecundação o processo que repõe o número de cromossomas da espécie, reduzido para metade na formação dos gâmetas, no caso dos seres diplontes que se reproduzem sexualmente .

É um facto que esta prova, realizada no 3.º período, após a leção de todos os conteúdos do programa de Biologia, ocorreu muito depois do momento de leção dos ciclos de vida, no 1.º período, o que deve ter contribuído para algum esquecimento dos conteúdos. No entanto, sendo importante avaliar conhecimentos do programa bienal de Biologia e Geologia, de modo a estimular a preparação dos alunos para a situação de exame, também as unidades temáticas estudadas no 10.º ano deveriam estar mais presentes

no mês de Abril, quando teve lugar a realização do 5.º, e penúltimo, teste de avaliação sumativa.

Parecem existir aqui lacunas na compreensão de assuntos que deveriam ter aprendido quando estudaram os processos de divisão celular, sobretudo a meiose, e alguma incapacidade em aplicar esses conhecimentos na análise dos ciclos de vida. Embora os alunos disponham de um caderno de atividades, podendo praticar, em casa, a resolução de exercícios, que disponibilizam as soluções, estas matérias podem ser mais trabalhadas e aprofundadas por meio de fichas formativas, e perguntas de exame. Estes exercícios adicionais poderão ser resolvidos em casa e corrigidos presencialmente nas aulas, de modo a permitir a discussão dos assuntos e esclarecimento de dúvidas de forma mais eficaz.

Pode, eventualmente, recorrer-se mais às TIC, através de plataformas criadas especificamente para esse efeito, já que, sendo o programa extenso, existem sempre limitações ao número/duração de tempos letivos que é possível reservar para a resolução/correção de questões de exame em sala. Apesar da responsabilidade individual dos alunos não depender do docente, é porventura desejável inculcar, cada vez mais, esse sentido de responsabilidade nos jovens, questionando-os permanentemente, principalmente sobre os tópicos em que mais erram, de modo a poder detetar o que não foi aprendido, já que se constatou que a maioria dos alunos que sente mais dificuldades não tem por hábito procurar o docente fora dos tempos letivos, para esclarecimento de dúvidas.

6.1.2. Geologia

Os conteúdos do subtema “rochas sedimentares” foram avaliados na 6.ª prova de avaliação sumativa, realizada no final do 3.º período (15/05/2015), que, embora incidisse exclusivamente sobre conteúdos de Geologia, foi concebida em formato de exame, de acordo com as regras do IAVE ([Instituto de Avaliação Educativa, I.P.](#)), com a finalidade de treinar os alunos, confrontando-os com uma tipologia de exame final nacional do ensino secundário, obedecendo à estrutura e critérios de correção de uma “Prova escrita de Biologia e Geologia” do 11.º ano de escolaridade”. Segundo o relatório do IAVE (2017), entre 2010 e 2016 “...as provas de Biologia e Geologia têm mantido relativa estabilidade, quer quanto ao objeto da avaliação, quer quanto à sua estrutura. (...). Todas as provas se apresentam organizadas em quatro grupos, com recurso muito frequente a suportes textuais e de imagem. (...) são constituídas predominantemente por itens de seleção, dos quais a grande maioria é de escolha múltipla. Os itens de construção são maioritariamente de

resposta restrita. Pontualmente, as provas incluem itens de resposta curta.” O mesmo relatório menciona ainda que “A avaliação dos conteúdos programáticos é feita mediante a operacionalização dos conteúdos conceptuais e procedimentais enunciados nos diferentes temas/unidades dos currículos em vigor.” (IAVE, 2017, p. 50).

De acordo com este modelo de prova, o número total (n_t) de itens neste teste, organizado em 4 grupos, foi de 26, sendo 22 de domínio conceptual (c) e 4 de domínio procedimental (p): $26_t = 22_c + 4_p$. Identificaram-se 16 questões sobre rochas sedimentares, repartidas pelos grupos I, II e III., sendo 13 da componente conceptual (I-1., I-2., I-3., I-4., II-3., II-5., II-6., II-7., III-1., III-2., III-3., III-4., III-5.) e 3 da componente procedimental (I-5., II-11., III-6.). Apresentam-se as percentagens de respostas corretas para cada uma destas questões (Fig. 65).

A média das percentagens de acerto nos 22 itens que tiveram como objeto de avaliação conteúdos conceptuais foi de 61%, um valor idêntico, ainda que ligeiramente superior, ao obtido para os 13 itens que avaliaram os conteúdos conceptuais do subtema “rochas sedimentares”- 60,3%, contrariamente ao que se verificou nos itens sobre conteúdos procedimentais, em que a média das percentagens de respostas corretas caiu quase para metade daqueles valores, apenas 32,5% nos 4 itens da prova, um valor que também não diferiu muito da média dos 3 itens sobre rochas sedimentares, ligeiramente inferior, de 31,2 %. Conclui-se, deste modo, que o desempenho nesta prova foi positivo nas questões de domínio conceptual, que mobilizaram a memorização, o conhecimento de conceitos, princípios e a identificação de processos, mas a maioria dos alunos não soube responder às questões do foro procedimental, que exigiam compreensão clara dos processos e dos conceitos no seu contexto, assim como o estabelecimento de relações entre conteúdos e aplicação de conhecimentos.

Apesar do desempenho médio global ser positivo, quando se analisam individualmente as percentagens de respostas corretas nas 13 questões da componente conceptual, verifica-se que há uma grande variabilidade nos valores, sendo no grupo III que se observa a maior discrepância, entre 12 e 96%. Menos de 50% dos alunos responderam acertadamente em 4 destas questões: I-1. (44%), II-7. (48%), III-4. (36%), III-5. (12%), sendo os itens 4. e 5.do grupo III, relativo à génese de rochas orgânicas carbonosas, aqueles em que mais alunos revelaram dificuldades (Fig. 65).

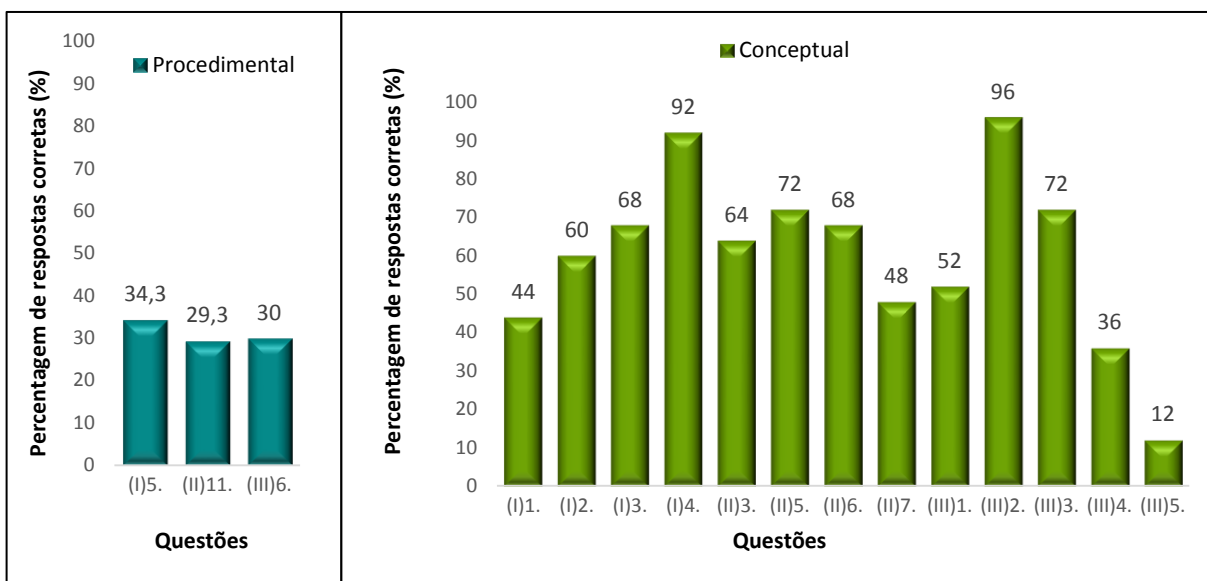


Figura 65 – Valor percentual (0-100) de respostas corretas para cada uma das 16 questões sobre rochas sedimentares no 6.º teste de avaliação sumativa de Geologia do 11.º ano de escolaridade, de acordo com a sua natureza, procedimental ou conceptual ($16_t = 3_p. + 13_c.$).

O grupo I, referente ao carso do Maciço calcário de Sicó, com características geomorfológicas e hidrológicas muito particulares, revelou duas perguntas com uma percentagem insatisfatória de respostas corretas, um item da componente conceptual, I-1. e o item da componente procedimental, I-5. No primeiro, pedia-se que os alunos seleccionassem a única opção correta que explicava a formação das grutas calcárias. Apesar do texto introdutório ser acompanhado de uma imagem ilustrando a infiltração da água, em profundidade, no subsolo, através de fraturas/descontinuidades, o contacto com a litologia e a cavidade subterrânea, resultante da dissolução da rocha carbonatada, apenas 44% dos alunos acertaram, i.e., mais de metade dos alunos não terá sabido interpretar esta imagem, que os poderia ter auxiliado a responder corretamente, recordando os conhecimentos construídos durante o estudo dos processos de meteorização química das rochas calcárias.

A meteorização química promovida pela água foi muito enfatizada nas aulas e foram dados vários exemplos de formas da paisagem cársica, inclusive do Maciço de Sicó, É possível que os alunos tenham selecionado a opção “aumento de acidez das águas pluviais, devido à presença de CO_2 ” em vez da opção correta, mais simples “reação da água com o calcário”. Outra hipótese é que tenham selecionado a opção “meteorização física efetuada pela água”, confundindo a ação da água no estado líquido e sólido, e/ou confundindo a génese das cavidades subterrâneas (= grutas) com a génese das cavidades presentes nas vertentes do Vale das Buracas (aldeia de Casmilo), que também observaram

nas aulas em fotografias, uma vez que a origem destas “buracas” foi relacionada com processos de meteorização física pelo gelo, nos períodos frios quaternários.

Constata-se que o manual adotado não explora convenientemente os processos cárnicos que explicam os diversos tipos de geoformas resultantes da meteorização e erosão das rochas carbonatadas, e que este tópico tem surgido em questões de exame. Parece ser, assim, conveniente preparar um documento suplementar de estudo para os alunos e/ou, pelo menos, uma ficha de avaliação formativa sobre o assunto, de modo a que o professor se possa assegurar de que os alunos compreendem os distintos processos de forma clara. É de salientar, contudo, que o subtema “rochas sedimentares” abrange um extenso e diversificado leque de conhecimentos, de diferentes domínios científicos (Sedimentologia, Petrologia, Geomorfologia, Estratigrafia e Paleontologia), o que não facilita, quer o ensino rigoroso, quer a aprendizagem dos alunos, contribuindo para alguma dispersão e certamente para as muitas lacunas e alguns erros que se detetam nos manuais escolares.

Na questão 2, também de escolha múltipla, pedia-se que seleccionassem a opção correta para identificar a origem do calcário quimiogénico a partir da precipitação de carbonato de cálcio, tendo mais de metade (60%) dos alunos acertado. Esperava-se, no entanto, uma maior percentagem de respostas corretas, uma vez que, tanto a meteorização como a quimiogénese das rochas carbonatadas foram amplamente discutidas nas aulas. Supõe-se que os alunos que erraram terão optado pela “dissolução do carbonato de cálcio” o que, a ser verdade, sugere que podem ter confundido as reações químicas (inversas) de precipitação e de dissolução do calcário.

A pergunta 3. implicava o conhecimento do significado da expressão italiana “*terra rossa*”, uma argila residual ferruginosa insolúvel, resultante da dissolução dos calcários, mediante seleção de dois termos em falta para completar a frase, “argilosos (...) insolúveis”. Esta informação tinha sido dada pelo professor quando a estagiária lecionou o relevo das regiões calcárias, o qual utilizou mesmo uma pergunta de exame sobre o modelado cárnico, que incluía esta expressão, para alertar os alunos, de modo a que estudassem a matéria. Uma vez que esta informação não consta do manual, 68% de respostas corretas pode considerar-se um valor aceitável, ainda que aquém das expectativas, indicando talvez falha de atenção por parte dos alunos, que não terão anotado/compreendido a informação dada.

O item I-4., de resposta fechada, pedia, através de uma formulação simples e direta, a ordenação sequencial dos acontecimentos relacionados com os processos de formação de rochas detríticas (sedimentogénese e diagénese). Dado que 92% dos alunos acertaram pode

considerar-se que a aprendizagem da designação e sequência das principais etapas de formação das rochas sedimentares siliciclásticas, Meteorização, Erosão, Transporte, Deposição e Diagérese, várias vezes repetida nas aulas, foi conseguida.

Na 5.^a e última questão do grupo I, de domínio procedimental, somente 34,3% dos alunos responderam focando os tópicos necessários. Era pedido que explicassem a formação das grutas da serra do Sicó, tendo em conta a natureza das rochas encaixantes. Atendendo a que mais de metade dos alunos não soube responder à 1.^a questão deste grupo, que era elementar, não é de surpreender que num item de construção, que requer elaboração de um raciocínio lógico para reconstituição de um processo, a maioria não tenha conseguido aplicar conhecimentos que não compreendeu na totalidade, ou não relacionou com o mesmo tipo de situação discutida nas aulas.

O grupo II, com suporte textual e de imagem, sobre o Parque Paleozoico de Valongo, revelou, tal como o grupo I, duas perguntas com uma percentagem de respostas corretas inferior a 50%, o item II-7., da componente conceptual, em que 48% dos alunos acertaram, e o item II-11., da componente procedimental, com apenas 29,3% de respostas válidas, completas ou incompletas.

A questão 7 era um item de seleção dos 2 termos corretos, necessários para completar uma afirmação sobre depósitos sedimentares gerados em ambiente deposicional glaciário. Os alunos tinham de lembrar a heterogeneidade de dimensões da população de partículas detríticas e as condições ambientais vigentes (baixas temperaturas e ausência ou escassez de água no estado líquido), identificando o tipo de meteorização dominante. Dado que era fundamental compreender a diferença entre meteorização química e meteorização física, é possível que os alunos que erraram não tenham identificado corretamente a meteorização mecânica por ação do gelo e movimentação dos glaciares, mas o mais provável é que não tenham sabido estabelecer a relação entre os processos e os produtos finais (depósitos de clastos mal calibrados). Este tipo de falhas no desempenho dos alunos estará mais relacionado com o tipo de competências cognitivas mobilizadas (compreensão de fenómenos, relação entre processos e fácies sedimentar, capacidade de estabelecer ligações entre as diferentes partes da informação num dado domínio) do que com o conhecimento dos conteúdos conceptuais.

No que respeita à questão 11, os alunos tinham de mencionar 2 tópicos, *i*) o alargamento das bacias oceânicas, relacionando-o com a transgressão marinha e com a formação de ambientes deposicionais pouco profundos, com condições favoráveis à fossilização e *ii*) o aparecimento, no Câmbrico, de organismos com estruturas esqueléticas

duras, mineralizadas e resistentes, facilitadoras da fossilização, e sua relação com a maior abundância do registo fóssil desse período da história geológica da Terra. Este item de construção, adaptado de um exame nacional de 2012, incide sobre conhecimentos construídos no 10.º ano, apresentando um grau de dificuldade superior, visto que não envolvia apenas os últimos conteúdos lecionados sobre rochas sedimentares.

Era necessário relembrar e mobilizar conhecimentos, já desenvolvidos no ano anterior, ligados à Tectónica de Placas e ciclos tectónicos (= ciclos de Wilson), relacionando a abertura dos oceanos e formação de bacias sedimentares com a subida do nível médio do mar e deposição de grandes quantidades de sedimentos finos nas margens continentais. Por fim, tinham de relacionar a chamada “explosão câmbrica”, ou seja, o aparecimento e a grande diversificação evolutiva dos animais, incluindo grupos com numerosas espécies e populações abundantes, como as trilobites, cujas características anatómicas (carapaças rígidas) permitiram a preservação das partes esqueléticas nas rochas do Câmbrico, contribuindo para o aumento da riqueza do registo fóssil a partir do início da Era Paleozoica. Estes resultados vão de encontro à conclusão do IAVE, quando analisa a prestação de alunos a nível nacional, de que “a explicação de fenómenos/processos, sobretudo quando se avalia a aplicação de conhecimentos em situação, parece revestir-se de um grau de dificuldade especialmente elevado.” (IAVE, *op. cit.*, p.51). Estas matérias são lecionadas com maior detalhe e profundidade no 12.º ano de escolaridade, na disciplina opcional de Geologia, onde certamente as condições de ensino e aprendizagem serão melhores e a própria motivação dos alunos será maior.

Na pergunta 3, os alunos tinham de compreender a relação entre as areias (partículas detríticas/rochas não consolidadas) e os arenitos (rochas consolidadas), ou seja, entender os segundos como produto da transformação das primeiras, após sofrerem litificação/diagéneze (compactação/expulsão da água e cimentação). Embora 64% dos alunos tenha selecionado a opção correta (“desidratação, seguida de cimentação.”) esperava-se um resultado melhor. Este valor poderá atribuir-se ao facto de não terem identificado a “desidratação” (= perda de água dos sedimentos) com o processo de compactação na diagénese, ou então, a uma falha de objetividade, por seleção da opção que aqui não se aplicava, “transporte, seguido de sedimentação.”

A análise do item II-5. revelou 72% de respostas certas, o que é bastante positivo. Para acertarem nesta pergunta era preciso conhecer o conceito de “fóssil de ambiente” (= de fácies), distingui-lo claramente do conceito de “fóssil estratigráfico” (= de idade), e, aplicando o princípio do atualismo, serem capazes de associar os fósseis de fácies à

reconstituição de paleoambientes, ou seja dos antigos ambientes deposicionais em que se formaram as rochas onde ficaram preservados.

O valor de respostas corretas baixou para 68% no item seguinte, II-6., embora a diferença não seja significativa. Esta pergunta permitia verificar se os alunos tinham realmente compreendido, ou não, o conceito de “fóssil de idade”. A maioria dos alunos mostra conhecer os conceitos de fósseis de idade e de ambiente, embora se esperasse uma percentagem superior de respostas corretas em ambos os itens, II-5. e II-6., já que, para além das trilobites, dadas como exemplos típicos, desde o 7.º ano de escolaridade, foram apresentados nas aulas vários outros exemplos de fósseis estratigráficos, pertencentes a outros grupos de organismos do Paleozoico e Mesozoico, e vários exemplos de fósseis de ambiente (*e.g.* invertebrados, plantas, algas e microrganismos), tendo sido salientadas as diferenças entre ambos os conceitos, e suas implicações para o conhecimento geológico.

Todas as perguntas do grupo III se enquadravam no subtema lecionado, uma vez que diziam respeito às rochas sedimentares carbonosas. Os itens 1 a 5 eram do domínio conceptual e o item 6 de domínio procedimental (Fig. 65).

Na primeira questão, 52% dos alunos identificaram corretamente o processo de fossilização conducente à formação de carvões minerais (= incarbonização) com o “aumento do teor de carbono e da densidade e diminuição do teor de oxigénio”. Para acertarem nesta questão, os alunos tinham de compreender o processo de incarbonização como um enriquecimento progressivo dos materiais orgânicos (predominantemente restos de plantas vasculares) em carbono e uma perda de oxigénio e hidrogénio, a partir dos hidratos de carbono constituintes dos tecidos vegetais (nomeadamente a lenhina e a celulose) à medida que se dá o enterramento destes materiais na crosta.

Esperava-se, contudo, uma maior percentagem de respostas corretas, uma vez que a génese dos carvões minerais se apresentou como um caso particular de diagénese, e portanto seria de prever que mais facilmente recordassem as transformações biológicas, físicas e químicas sofridas pelos sedimentos, dentro das condições termodinâmicas e geoquímicas próprias do ambiente intermédio entre aquele em que ocorre a sedimentogénese e o ambiente de metamorfismo.

No item III-2., relativo à génese de leitos de carvão, quase todos os alunos (96%) selecionaram a opção correta, mostrando reconhecer os carvões como rochas sedimentares, compreender o processo de formação de um estrato e distingui-lo de uma intrusão magmática ou dos efeitos do metamorfismo de contacto. Para além de ter sido detalhado e revisto o processo de deposição, etapa final da sedimentogénese, que resulta na

estratificação típica das rochas sedimentares, a presença de uma imagem de suporte, ilustrando a sequência de formação de uma série de estratos, terá certamente contribuído para este bom desempenho. Pode depreender-se que os alunos conhecem o conceito de estrato e distinguem o ambiente petrogenético sedimentar dos ambientes magmático e metamórfico. Mostram ainda conhecer os princípios fundamentais da Estratigrafia (princípio da horizontalidade original e princípio da sobreposição) tendo noção de que as camadas, originalmente horizontais, podem mudar de posição, por ação de forças tectónicas.

Na questão 3, os alunos tinham de conhecer a série de carvões minerais, consoante o seu grau, crescente, de incarbonização, à medida que os depósitos de detritos vegetais e restantes sedimentos a eles associados, sofrem compactação e aquecimento, transformados pelas reações químicas da diagénese e, em graus mais acentuados, pelo metamorfismo (caso do antracito, que rigorosamente deveria vir mencionado como metantracito). Tinham ainda de compreender que o grau de incarbonização reflete o estado natural da evolução do carvão, em função dos processos geológicos sofridos e do tempo, uma vez que é por incarbonização crescente que os resíduos herbáceos se transformam em turfa, que os restos lenho-celulósicos evoluem para lignito (o carvão mais imaturo, com elevado teor de água e fraco poder combustível) ou para carvões betuminosos (identificados no manual como “hulha”) e antracito. A percentagem de respostas corretas foi de 72%, um valor razoável, que sugere terem, pelo menos, memorizado a sequência correta.

As falhas nos itens III-4. e III-5. indiciam que os alunos não compreenderam bem os processos envolvidos na génese dos combustíveis fósseis (carvões minerais e petróleo). No item III-4. era pedido que seleccionassem a opção que relacionava a origem do petróleo com a “preservação de microrganismos aquáticos, de águas pouco profundas, pouco agitadas e pobres em oxigénio”, em alternativa às afirmações erradas que associavam essa origem à acumulação de material vegetal ou a bacias de sedimentação com águas bem oxigenadas. Dado que 64% dos alunos erraram, pensa-se que confundiram a natureza da matéria orgânica (MO) fossilizada nos hidrocarbonetos com a dos carvões e/ou desconheciam as condições ambientais necessárias à sua formação.

A pergunta 5. foi o item a que menos alunos souberam responder, já que 88% erraram. Era necessário ordenar numa sequência cronológica, os eventos principais conducentes à formação da lenhite (termo usado no manual, correspondente ao lignito), lembrando as etapas iniciais da génese dos carvões minerais, um processo explicado nas aulas, também descrito e ilustrado no manual escolar, ainda que de forma sucinta.

Detetam-se falhas na aprendizagem da diagénese dos carvões, mas o facto de a cotação total dos itens de ordenação só ser atribuída às respostas em que a sequência está integralmente correta e completa, deve ter contribuído, também, para a baixa percentagem de respostas válidas.

Note-se que durante aulas foi várias vezes sublinhada a origem dos carvões minerais a partir da acumulação da MO de origem vegetal (herbácea e arbórea), em ambiente deposicional continental - bacias de sedimentação interiores, pantanosas e/ou lacustres, ou bacias costeiras, lagunares e pantanosas, localizadas em regiões, parcialmente alagadas, que há muitos milhões de anos apresentavam um clima muito húmido e quente, com vegetação abundante, como sucedeu no final do Paleozoico (Carbónico em particular). De igual modo se salientou a origem, diferenciada, do petróleo a partir de microrganismos do fitoplâncton e zooplâncton marinhos, também referida no manual. Em ambos os casos, foi vincada a necessidade de existência de um meio anóxico, anaeróbio e redutor, de modo a preservar a MO ao abrigo do ar, e assim impedir a sua rápida destruição por oxidação. Como o manual continha a informação elementar necessária para responder a estes itens, III-4. e III-5, pensa-se que os alunos não terão dado a devida importância ao estudo das rochas biogénicas.

Tendo em conta os resultados das perguntas 4 e 5, não é de estranhar que na questão procedimental do mesmo grupo, III-6., apenas 30% dos alunos tenham acertado. Tratava-se de uma questão de resposta aberta, em que era pedido que explicassem a importância da presença da água no ambiente deposicional em que ocorre a formação dos carvões. Este dado parece confirmar que a aprendizagem dos processos e das condições necessárias à génese dos carvões não foi totalmente concretizada.

O manual apresenta uma perspectiva simplista dos processos, em que não é dada a devida ênfase à atividade fisiológica dos microrganismos anaeróbios, e outros seres vivos aquáticos, na fase inicial da diagénese, logo após a sedimentação, na interface sedimento-água, a baixa profundidade. Talvez isso ajude a explicar a dificuldade dos alunos em compreender a importância da água. Também não são dados exemplos da Paleobotânica como ferramenta de estudo dos depósitos de carvão, nem é referida a Micropaleontologia e a importância dos microfósseis e nanofósseis de organismos aquáticos de água doce e suas estruturas (*e.g.* ostracodos e oogónios de carófitas) ou do plâncton marinho, que constituem excelentes fósseis de idade e de fácies, sendo por isso fundamentais, a nível mundial, nos estudos biostratigráficos e paleoecológicos de prospeção de petróleo e de reconstituição de ambientes lacustres ou marinhos.

No entanto, estas informações foram dadas nas aulas, oralmente, por escrito e ilustradas com várias imagens nos diapositivos, tendo os alunos sido aconselhados a tomar notas. Além de algumas definições de conceitos que não se encontravam no manual, ou que estavam incompletas, explicaram-se, por meio de esquemas, as etapas de formação dos carvões fósseis, com o cuidado de as relacionar com o fator tempo, à escala geológica de milhares a milhões de anos, e com os fatores e condições ambientais que permitiam a incarbonização.

Neste nível de ensino não se descrevem as reações químicas diagenéticas, mas foi referido que em condições de anoxia ocorria remoção do oxigénio, assim como da água, com progressivo aumento do teor de carbono nos sedimentos orgânicos. Não foram referidas a catagénese e a metagénese, que ocorrem, tanto na formação dos carvões, como na formação de hidrocarbonetos, mas a transformação da matéria orgânica em carvão (incarbonização) foi relacionada com as condições de profundidade, temperatura e pressão, sendo o lignito e o carvão betuminoso apresentados como produtos finais da diagénese. Referiu-se várias vezes a razão pela qual estas rochas são designadas por “combustíveis fósseis”, e, para complementar o estudo foram ainda observadas/manuseadas amostras de mão dos 3 tipos de carvão, lignito, carvão betuminoso e metantracito.

Para explicar a origem dos hidrocarbonetos foram mostrados, em fotografia, vários exemplos de grupos distintos de organismos planctónicos marinhos, como os foraminíferos, radiolários, diatomáceas e coccolitoforídeos, salientando o seu papel na datação e correlação de camadas sedimentares e na prospeção de petróleo, dado se encontrarem abundantemente preservados, quer em rochas-mãe (= rochas-geradoras), quer em rochas-reservatório. Deram-se exemplos de hidrocarbonetos sólidos, líquidos e gasosos (*e.g.* petróleo bruto, gás natural, asfalto e outros produtos afins), extraídos do interior da crosta por meio de furos/sondagens, explicando a sua génese, em função de fatores, como a profundidade, pressão e temperatura. Foi também referida a necessidade de combinação e sincronismo de várias causas e condições para que, uma vez gerados os recursos, eles possam ficar preservados e serem extraídos do interior da crosta.

Apesar das opções tomadas, em aprofundar o ensino destes conteúdos além das descrições do manual escolar, os alunos parecem não ter compreendido que os combustíveis fósseis são materiais que transitaram da biosfera para a litosfera, resultando, tal como outras rochas sedimentares, da diagénese e, nalguns casos, de metamorfismo de baixo grau. É de admitir que alguns alunos não registaram apontamentos nas aulas, nem os solicitaram posteriormente aos colegas.

Sendo o manual o principal recurso didático usado pelos alunos na preparação para os testes de avaliação, é expectável que, não encontrando a informação necessária no livro, não a anotando nas aulas, não tendo acesso aos diapositivos e não esclarecendo dúvidas com o professor, não procurem outra fonte bibliográfica. Nestes casos, também é desejável que se reforcem os materiais didáticos em suporte de papel, construindo documentos de estudo para os alunos. É importante avaliar o progresso dos conhecimentos por meio de fichas de trabalho formativas, de modo a identificar as dificuldades dos alunos e aumentar a probabilidade do sucesso na aprendizagem.

Considerando o conjunto dos 3 grupos e a totalidade das questões (n = 16), constata-se que a percentagem de respostas corretas foi inferior a 50% em 7 itens, 4 dos 13 itens de domínio conceptual e todos os itens (3) de domínio procedimental (Fig. 65). Quando se olha para os resultados de cada um dos grupos, isoladamente; e se calculam médias de percentagens de respostas corretas, verifica-se que, embora as diferenças sejam pouco significativas, houve um melhor desempenho no Grupo I, com um valor médio de 66% nos itens conceptuais e um valor médio geral inferior, de 59,7%, quando se inclui o item procedimental. Segue-se o Grupo II, com uma média de 63 % no domínio conceptual e uma média geral de 56,3 % e, por fim, o Grupo III, com uma média de 53,6 % no domínio conceptual e uma média geral de apenas 49,66 %.

Estes dados, ainda que pouco expressivos, dada a reduzida amostra de questões, sugerem que as dificuldades dos alunos cresceram ao longo da prova, sendo o grupo III aquele em que foram menos bem-sucedidos. Para além das possíveis razões, já enumeradas, para explicar estes resultados, é de admitir que os alunos tenham estranhado e sentido mais dificuldades no estudo das rochas carbonosas, relativamente às rochas detríticas e rochas quimiogénicas.

Pode concluir-se que a avaliação foi positiva no que respeita aos conteúdos conceptuais globais deste teste, e aos conteúdos conceptuais específicos lecionados pela professora estagiária, mas mais de metade dos alunos falhou na operacionalização dos conteúdos procedimentais. Nas 3 questões de domínio procedimental, as percentagens de respostas corretas foram claramente insatisfatórias, variando entre 34,3% (item I-5.) e 29,3% (item II-11.) (Fig. 65). Foi evidente a dificuldade da maioria dos alunos em explicar e relacionar processos e produtos finais, sobretudo em perguntas de respostas aberta, que exigiam a mobilização de conhecimentos e a demonstração de diferentes tipos de capacidades além da memória, nomeadamente o raciocínio baseado na informação fornecida para resolução das questões sobre conteúdos procedimentais.

É de ter em conta, também, as dificuldades sentidas pelos alunos na descodificação da informação escrita da prova, já que, durante a sua realização, vários deles solicitaram ajuda para interpretar os textos e perguntas, não tendo recebido qualquer apoio verbal (informação adicional) dos professores, a fim de reproduzir fielmente o ambiente das provas de exame nacional. Houve alunos que estranharam este comportamento mais formal do professor e das estagiárias, tendo ficado bastante perturbados e mais ansiosos do que habitualmente.

A dificuldade na mobilização/aplicação de conhecimentos em novas situações é uma tendência que se tem verificado a nível nacional, nos últimos anos (2010-2016) ao nível das provas de Biologia e Geologia, conforme mencionado no relatório do IAVE do corrente ano (IAVE, *op. cit.*), tal como as dificuldades de interpretação da língua portuguesa e de textos técnicos que contêm uma linguagem mais específica, a que os alunos não estão habituados. Na verdade, parece existir uma forte discrepância entre o tipo de linguagem que, em termos pedagógicos, se recomenda utilizar nesta faixa etária e neste nível de ensino, com simplificação das formas de expressão verbal e escrita, esta última patente nos manuais, e o tipo de linguagem escrita com a qual os alunos são confrontados nos textos de exame.

É oportuno recordar que a média das notas dos exames nacionais de Biologia e Geologia na 1.^a fase de 2015, foi de apenas 8,4 valores e de 8,9 valores, quando se consideram apenas os alunos internos (os que frequentaram a disciplina ao longo do ano letivo 2014/2015) ([DN, 13-07-2016](#); [JNE, 2015](#);). Apesar dos números serem baixos, a disciplina de Biologia e Geologia foi a que registou melhores resultados na 2.^a fase de exames de 2015 ([Observador, 04-08-2015](#)). Mais de metade (52%) dos alunos que realizaram esta prova na 1.^a fase, repetiram o exame na 2.^a fase, para aprovação ou melhoria de classificação, tendo a média subido para 9,9 valores, no universo de alunos internos e autopropostos, e 10,5 valores entre os alunos internos. A taxa de reprovação em 2015 foi de 11% na 1.^a fase, e de 10% na 2.^a fase ([Observador, 04-08-2015](#); [Observador, 05-08-2016](#); [TVi24, 13-07-2016](#)). No distrito de Coimbra, a média global de classificações nesta prova na 1.^a e 2.^a fases de 2015 foi de 8,8 e de 10,2 valores, respetivamente (JNE, *op. cit.*).

Em 2016, na 1.^a fase, a média subiu para 10,1 valores, entre os alunos internos, atingindo um valor positivo, e na 2.^a fase subiu para 11 valores. Em 2016, só 8% dos alunos internos reprovaram no exame, tanto na 1.^a como na 2.^a fase ([Observador, 05-08-2016](#); [TVi24, 13-07-2016](#);). Ainda no que respeita ao desempenho dos alunos internos, na

1.^a fase de 2017 registou-se uma ligeira subida na média, em relação à 1.^a fase do ano anterior, de 10,1 para 10,3 valores, mantendo-se a taxa de reprovação de 8 % ([Expresso, 13-07-2017](#); [Público, 13-07-2017](#)). Apesar de se observar uma tendência positiva na evolução destes valores, as classificações médias nos exames nacionais da disciplina de Biologia e Geologia são preocupantemente baixas, num quadro que se pretende alcançar, de franca melhoria do desempenho e da literacia científica dos mais novos, sobretudo tendo em conta os desafios que enfrentam no contexto europeu e internacional, assim como o trabalho que tem vindo a ser desenvolvido em muitas escolas do país, pelos docentes deste grupo disciplinar.

Perante estes dados, e não sendo previsível uma alteração, a curto prazo, na estrutura das provas escritas nacionais de Biologia e Geologia, apesar das sugestões e críticas de vários docentes, parece ser fundamental repensar as estratégias de ensino e aprendizagem e os próprios objetivos do currículo em vigor, no sentido de planificar o desenvolvimento das capacidades e competências necessárias a um desempenho mais equilibrado dos alunos, e a uma melhoria global dos resultados. Uma das questões levantadas por alguns alunos, no final do ano letivo, foi o desejo de se utilizarem mais tempos letivos na resolução de provas de exame, o que, sendo compreensível do ponto de vista dos discentes, não é necessariamente uma opção viável e desejável do ponto de vista dos docentes.

Tendo em conta os bons resultados alcançados em escolas privadas, noutros formatos de ensino das ciências, nomeadamente os que são utilizados em currículos internacionais, como o da Universidade de Cambridge, baseados num ensino prático e teórico-prático, desde o 1.^o ciclo do ensino básico, ao nível pré-universitário, sugere-se um reforço tendencial da componente procedimental, experimental e não experimental, nas aulas de Biologia e Geologia. Este reforço deve ser feito num contexto de observação permanente de *feedback* dos alunos, que possibilite a melhoria gradual da qualidade e eficiência do ensino e da aprendizagem, em estreita colaboração com metodólogos, especialistas das ciências exatas e das ciências da educação, de modo a que esta meta se torne progressivamente uma realidade a médio/longo prazo, começando por trabalhar com as crianças. nos níveis de ensino elementar.

6.2. Relatório da atividade prática laboratorial de Biologia

Nesta aula teórico-prática, estiveram presentes 23 alunos, uma vez que 2 faltaram, distribuídos por 2 turnos de 135 min, incluindo a aluna com NEE, que fez questão de

participar na atividade laboratorial, embora não reunisse condições para elaborar o relatório e não fosse avaliada. Num total de 22 alunos, aptos a realizar a tarefa, apenas 18 entregaram o relatório, apesar dos sucessivos alargamentos de prazo.

A classificação média foi de 14 valores, com um desvio padrão de 3,7. Em 18 relatórios individuais avaliados, 5 obtiveram uma classificação final de “Muito Bom”: 19,3; 18,7 (2 alunos); 18,1 e 17,7 valores; 4 obtiveram a classificação de “Bom”: 15,7; 15,6 (2 alunos) e 15,2 valores; 8 obtiveram a classificação “Suficiente”, com resultados entre os 9,6 e os 13,3 valores, sendo a classificação mais baixa, “Medíocre” (5,4 valores), o único resultado negativo (Fig. 66).

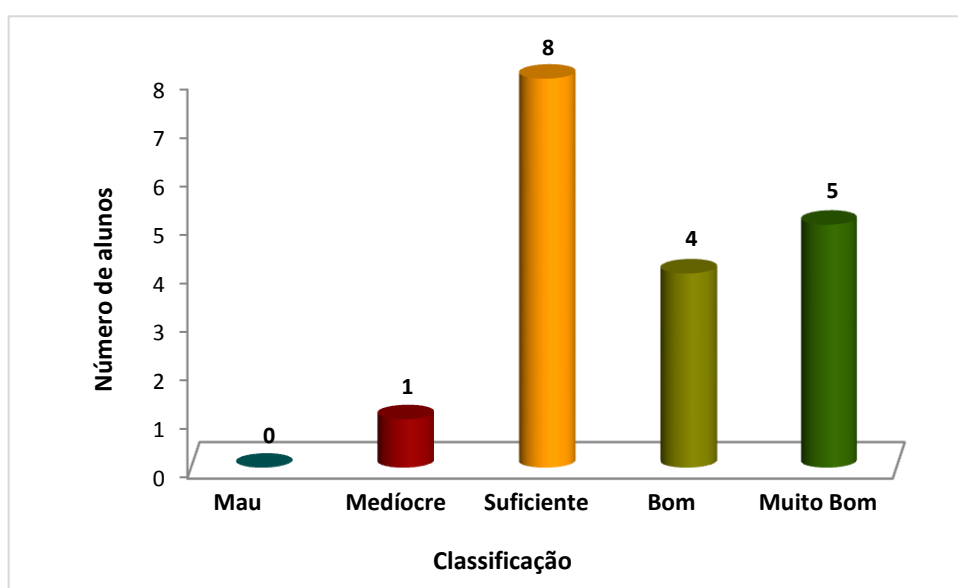


Figura 66 – Avaliação qualitativa dos relatórios (n = 18) da atividade prática laboratorial de Biologia do 11.º ano de escolaridade, realizados segundo o modelo “V de Gowin”. Mau [0,0-4,4 valores]; Medíocre [4,5-9,4 valores]; Suficiente [9,5-13,4 valores]; Bom [13,5-17,4 valores]; Muito Bom [17,5-20 valores].

O intervalo de classificação “Suficiente” foi o que registou maior número de alunos, seguido de “Muito Bom”, “Bom” e “Medíocre” (Fig. 66 e Tabela I). A classificação mais baixa foi atribuída a uma aluna com nível “Bom” na disciplina, mas que durante aquela aula esteve a maior parte do tempo distraída, conversando com os colegas, um comportamento que tendia a adotar noutras aulas, mesmo com o orientador cooperante. Apesar de ter sido várias vezes chamada à atenção, bem como os restantes colegas do grupo, quase todos persistiram no mesmo tipo de atitude; à exceção de um aluno, que optou por sair do grupo, para fazer observações noutros microscópios.

Durante a aula constatou-se que o empenho e esforço dentro dos grupos e entre os grupos foram desiguais, na medida em que apenas uma parte dos alunos registou os resultados. Embora não tenha sido aplicada uma grelha de observação, que seria pertinente para analisar e compreender melhor estes resultados, foi notória a maior motivação e entusiasmo de alguns grupos, contrastando com o desinteresse e alheamento do grupo de alunos onde os resultados foram piores, o que acabou por não surpreender. Todavia, nem todas as atividades práticas se prestam a um registo individual, objetivo e completo de observações, uma vez que muitos alunos, de grupos diferentes, interpelam frequentemente os professores, em simultâneo, solicitando apoio (*e.g.* para focar uma imagem no microscópio) e “reclamando” por terem de esperar que o(a) professor(a) fique disponível, depois de auxiliar outros colegas.

Numa situação ideal, com mais recursos humanos nas escolas, e uma distribuição de carga horária mais equilibrada, talvez se conseguissem melhores resultados de aprendizagem se os professores de Biologia e Geologia pudessem planear e coordenar atividades conjuntas, sobretudo aulas de campo e aulas laboratoriais, de modo a criar mais oportunidades de realização de atividades práticas, contribuindo para reforçar o treino de observação, interpretação e desenvolvimento de competências procedimentais.

Embora a distribuição de classificações dos relatórios reflita um padrão algo semelhante ao dos resultados dos testes de avaliação sumativa, parte dos alunos que obtiveram classificações mais baixas, estavam habituados a melhores resultados. Houve um grupo de alunas que demonstrou descontentamento com a classificação (“Suficiente”), pois esperavam “Bom” ou mesmo “Muito Bom”. Apesar das correções e observações terem sido devidamente assinaladas nos relatórios pela professora estagiária, o orientador cooperante apontou às alunas as falhas que justificavam as notas obtidas, chamando a atenção para as correções, e esclarecendo que nenhum aluno foi prejudicado pela nota deste relatório, não deixando, contudo, de os responsabilizar e de os alertar para a oportunidade de aprenderem com os erros.

A aluna que obteve a pior classificação também questionou o professor, após a correção e entrega dos relatórios, o qual explicou as razões daquela classificação (assinaladas por escrito no relatório), uma vez que a aluna tinha elaborado um trabalho sobre outra atividade prática, relacionada com a reprodução assexuada do bolor-do-pão, em vez de apresentar as observações (esquemas e/ou fotografias) das estruturas reprodutoras do polipódio (que não tinha registado na aula) e de descrever a atividade

realizada. O orientador cooperante procurou ainda consciencializar a aluna para as consequências da sua atitude, responsabilizando-a pelo resultado final.

É de ter em conta que, além da aluna com NEE, 4 dos alunos presentes na aula prática não chegaram a entregar o relatório, o que obriga a uma reflexão (Tabela I). Para prevenir este tipo de situações, sugere-se uma estratégia de intervenção/avaliação diferente. Para além da supervisão mais próxima do professor, a exigência de entrega de trabalhos no final da aula, obrigaria possivelmente a uma maior concentração e envolvimento nas tarefas. A entrega do registo individual das observações efetuadas, nomeadamente os desenhos esquemáticos legendados, que poderiam ser corrigidos e devolvidos na aula seguinte para melhoria da qualidade do relatório, reforço positivo e esclarecimento de dúvidas, ou a entrega do relatório completo (incluindo apenas conteúdos teóricos essenciais), concedendo aos alunos o tempo necessário, poderia resultar numa maior participação geral e num melhor desempenho e aprendizagem dos conteúdos. A manter a elaboração posterior do documento, fora da aula, o prazo de entrega deve ser bem definido *a priori*, não o prolongado para além da correção da prova de avaliação sumativa que contempla os mesmos conteúdos.

O sistemático atraso na realização e entrega, e o conseqüente alargamento de prazo por parte dos docentes revelou-se, neste caso, contraproducente, pois muitos alunos teriam esquecido dados essenciais, tendo por isso confundido esta atividade prática com aquela em que estudaram a reprodução assexuada do “bolor-do-pão”. Por outro lado, não houve, da parte da maioria dos alunos, o cuidado de procurar a professora para esclarecer dúvidas, durante o longo intervalo de tempo que mediou entre a aula prática e a entrega. Tampouco houve a preocupação de rever os conteúdos teóricos lecionados, pormenorizadamente descritos no manual e analisados durante as aulas.

Um dos problemas discutidos com o orientador cooperante foi a cópia integral ou parcial do texto e outros conteúdos, entre colegas, evidente quando se comparavam os relatórios de alguns alunos, do mesmo grupo ou de grupos diferentes. Apesar do balanço ser positivo, há que estimular o sentido de responsabilidade pessoal, lembrando aos alunos que, por exemplo, na situação de exame nacional, dependem exclusivamente deles próprios e das aprendizagens que conseguirem concretizar, que, por sua vez, estão dependentes do seu esforço e empenho individuais. Eventualmente poderia ponderar-se, também, a possibilidade de realizarem alguns relatórios em grupo.

Outro aspeto sobre o qual valeria a pena refletir é o grau de exigência dos critérios de correção e a distribuição das respetivas cotações (Tabela I, p. 266), de modo a

compreender se foram os mais adequados, mas só a continuidade deste tipo de atividades e da interação professor-alunos, ao longo do tempo, resultariam num registo de observações mais completo e num maior conhecimento do perfil dos estudantes, os quais certamente contribuiriam para o sucessivo melhoramento de desempenho, quer da professora estagiária, quer dos alunos e das suas aprendizagens.

Tabela I - Grelha de correção do relatório da atividade prática laboratorial de Biologia do 11.º ano de escolaridade. NE - Não Entregou; NEE - Necessidades Educativas Especiais; NA – Não Avaliado; F – Faltou; ARi – Aluno Reinscrito na disciplina, para melhoria de classificação no exame nacional.

Nº	Princípios teóricos (30%)			Conceitos (10%)	Procedimentos (15%)	Registo dos resultados (60%)				Conclusão (65%)		Desempenho individual (20%)			Nota (200%)	Nota Final para 20 valores	
	Conteúdo (13%)	Rigor científico (12%)	Questão-problema (5%)			Rigor científico	Legenda	Escala (ampliação)	Imagem	Conteúdos	Rigor científico	Comportamento no laboratório	Execução técnica	Empenho			Bónus
13	12	5	10	15	15	20	10	15	35	30	7	6	7		200	20	
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	NE	
2	12	12	5	10	12	14	20	10	15	30	28	7	6	7	5	193	19,3
3	10	6	4	7	13	13	15	0	15	10	20	7	6	7		133	13,3
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	NE	
5	8	10	2,5	7	13	5	10	10	7	10	20	7	6	4		119,5	11,95
6	6	11	0	5	13	13	17	10	10	10	15	7	6	4		127	12,7
7	12	12	3	9	13	14	18	10	10	10	20	7	6	7	5	156	15,6
8	10	12	3	5	12	12	13	0	15	30	20	7	6	7		152	15,2
9	11	12	5	9	13	14	16	10	15	30	27	7	6	7	5	187	18,7
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	NEE	NA
11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	F	
12	12	12	5	10	14	14	16	0	14	27	28	7	6	7	5	177	17,7
13	10	11	4	3	13	14	17	0	15	30	20	7	6	7		157	15,7
14	12	12	4	8	12	0	0	0	0	0	0	3	0	3		54	5,4
15	11	10	4	6	10	5	10	10	7	10	20	7	6	6		122	12,2
16	10	6	3	3	13	5	5	0	7	10	20	7	6	6		101	10,1
17	11	12	5	9	13	14	16	10	15	30	27	7	6	7	5	187	18,7
18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	ARi	NA
19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	F	
20	11	11	0	7	12	10	10	0	8	10	20	7	6	6		118	11,8
21	11	6	4	9	12	10	15	0	15	30	25	7	6	6		156	15,6
22	13	12	4	9	12	14	18	10	14	30	25	7	6	7		181	18,1
23	8	5	3	6	12	12	7	0	7	10	20	3	0	3		96	9,6
24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	ARi	NE
25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	ARi	NA
26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	NE	
27	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	ARi	NA
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	ARi	NA
29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	ARi	NA
30	11	12	1	8	13	12	10	0	15	10	20	7	6	6	–	131	13,1

6.3. Desempenho no X Congresso dos Jovens Geocientistas

A avaliação de desempenho dos alunos no X-CJG foi bastante positiva, conforme se pode constatar através da observação da grelha de avaliação dos 7 grupos participantes no congresso (Tabela II). Dos 24 alunos elegíveis, apenas 17 participaram. Foram estabelecidos, pelas professoras estagiárias, 8 critérios para atribuição de uma classificação quantitativa, numa escala de 0 a 20 valores: *i*) Originalidade na escolha do título/tema; *ii*) Organização geral dos conteúdos (composição gráfica: disposição do texto, imagens, gráficos e tabelas); *iii*) Encadeamento de ideias; *iv*) Clareza e adequação das formas de apresentação dos resultados (*e.g.* gráficos, tabelas, imagens); *v*) Rigor científico e linguístico; *vi*) Autonomia na execução de resumos e comunicações (pesquisa bibliográfica, utilização de imagens próprias, realização de trabalho laboratorial, construção do painel e apresentação oral do tema); *vii*) Seleção e adequação da informação utilizada e, *viii*) Interesse, empenho, dedicação e iniciativa (Tabela II).

Tabela II - Grelha de avaliação dos 7 grupos de alunos do 11.º ano de escolaridade que participaram no X Congresso dos Jovens Geocientistas (X-CJG), em Fevereiro de 2015.

Critério de avaliação	Cotação (0-200%)	Grupos						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Originalidade (escolha do título/tema)	10	10	10	10	10	10	10	10
Organização geral dos conteúdos (composição gráfica/disposição do texto, imagens, gráficos, tabelas, etc.)	20	18	17	16	19	19	17	19
Encadeamento de ideias	25	25	23	21	23	25	25	24
Clareza e adequação das formas de apresentação dos resultados (gráficos, tabelas, imagens)	20	18	19	17	20	18	18	18
Correção científica e linguística	45	44	43	30	42	43	45	45
Autonomia (pesquisa bibliográfica, utilização de imagens próprias, trabalho laboratorial e apresentação oral do tema)	30	30	26	15	30	27	30	30
Seleção e adequação da informação utilizada	30	30	27	26	28	28	30	29
Interesse, empenho, dedicação e iniciativa	20	20	20	10	20	20	20	20
Pontuação total	200	195	185	145	192	190	195	195

As notas atribuídas aos grupos variaram entre 19,5 e 14,5 valores, tendo 6 grupos (I, II, IV, V; VI e VII) alcançado classificações de “Muito Bom”, com classificações entre 18,5 e 19,5 valores. Os grupos I, VI e VII, autores dos trabalhos: “*Impacto da formação de minerais na degradação de edifícios*”; “*Rochas e Minerais*” e “*Darwin, o geólogo*”, respetivamente, foram os mais bem classificados, com 19,5 valores. O Grupo III foi o que obteve a classificação mais baixa, 14,5 valores. Todos os números foram depois arredondados pelo orientador cooperante, para efeitos de bonificação na nota final do 2.º período, tendo os valores finais variado entre os 15 e os 20 valores (Tabela II, Fig. 67).

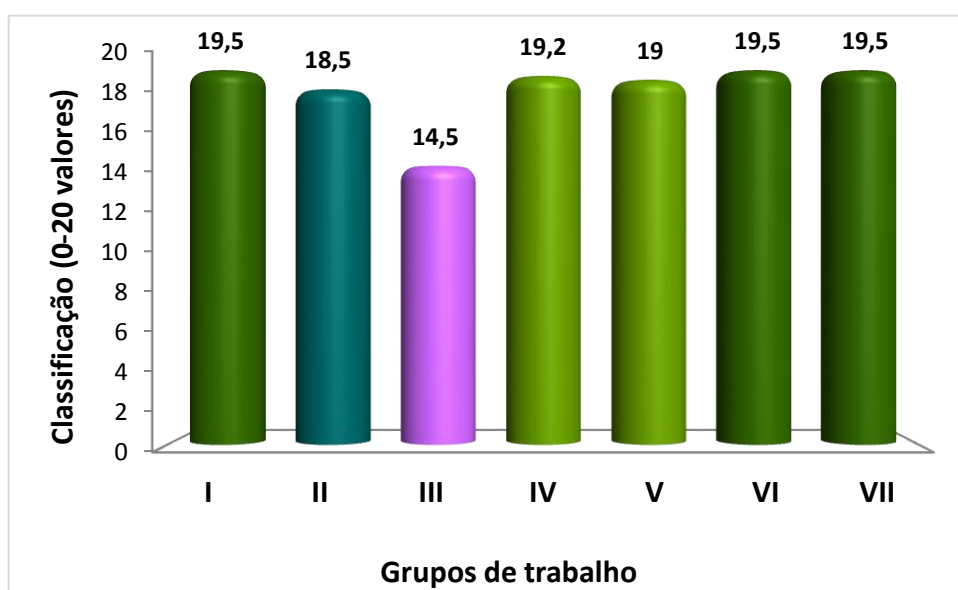


Figura 67 – Classificações finais dos grupos (I a VII) de alunos do 11.º ano de escolaridade que participaram no X Congresso dos Jovens Geocientistas, em Fevereiro de 2015.

Tendo em conta que a nota final atribuída a cada grupo coincidiu com a nota individual de cada um dos elementos desse grupo, as classificações finais dos 17 participantes repartiram-se do seguinte modo, por ordem crescente: 15 valores (3 alunos do grupo III); 19 valores (9 alunos, dos grupos II, IV e V) e 20 valores (5 alunos, dos grupos I, VI e VII).

O grupo III foi o que menos empenho e interesse demonstrou ao longo de todo o processo de preparação e construção dos resumos e painéis. Só após grande insistência e graças à longa paciência, especialmente da colega estagiária, as alunas iniciaram, tardiamente, os trabalhos, revelando muitas dificuldades na aproximação ao tema escolhido. Foi necessária uma monitorização permanente das professoras estagiárias, perto da data de realização do congresso, para que os trabalhos chegassem a termo e em condições de serem aceites para submissão. Curiosamente os alunos que integraram este grupo estiveram entre aqueles que, ao longo do ano letivo, mais vezes foram interpelados,

tanto pelas professoras estagiárias, como pelo orientador cooperante, pelo facto de não prestarem atenção nas aulas, e também os que obtiveram os piores resultados no relatório da atividade prática laboratorial de Biologia (entre 5,4 e 9,6 valores).

Há que reconhecer, porém, que, ao contrário de outros colegas, que optaram por não participar no congresso, estes alunos fizeram um esforço para estarem presentes e ensinaram às professoras estagiárias a necessidade de, regularmente, dedicarem especial atenção aos alunos menos motivados, já que são esses que colocam os maiores desafios profissionais aos docentes e os que mais podem progredir nas suas aprendizagens, se oportunamente receberem a atenção, o estímulo e o apoio adequados nos momentos críticos, de modo a contrariar a tendência, que muitas vezes revelam, de desistência e ausência em eventos escolares de enriquecimento curricular.

As dificuldades e a desmotivação não são permanentes e nem sempre explicam as baixas classificações, uma vez que alguns destes alunos estudam e obtêm boas classificações nos testes de avaliação sumativa, revelando mais imaturidade e falta de hábitos e disciplina de trabalho, do que propriamente desinteresse e ausência de conhecimentos, apesar de estarem a frequentar o 11.º ano e saberem que serão avaliados em exame nacional, no final do ano letivo.

6.4. Questionários

Analisa-se as respostas aos 2 questionários, “Estratégias e atividades de ensino e aprendizagem” e “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias”, no sentido de conhecer a perceção dos alunos relativamente à eficiência das práticas letivas e à atuação das professoras estagiárias na implementação dessas práticas.

6.4.1. “Estratégias e atividades de ensino e aprendizagem”

A análise deste questionário sugere que os recursos didáticos e estratégias pedagógicas utilizados foram, de um modo geral, bem aceites pelos alunos e facilitadores da aprendizagem. Após contabilização das avaliações aos 33 itens do inquérito, organizados em 11 tópicos, verificou-se que, entre as 4 opções/categorias possíveis, 1. “Nada eficaz”; 2. Pouco eficaz”; 3. “Eficaz” e 4. “Muito eficaz”, aquela que registou o maior número de seleções foi “Eficaz”, assinalada 447 vezes (n= 447), seguida da opção “Muito eficaz” (n = 211), “ Pouco eficaz” (n= 151) e por último, “Nada eficaz”(n= 8) (Tabela III).

Tabela III – Resultados globais do questionário “Estratégias e atividades de ensino e aprendizagem” após análise das respostas aos 33 itens deste inquérito, preenchido por 25 alunos. 1. Nada eficaz; 2. Pouco eficaz; 3. Eficaz e 4. Muito eficaz.

Estratégias e atividades	1	2	3	4
1. Transmissão oral de conhecimentos (método expositivo)				
1.1. Explicação dos conceitos e processos pela professora	0	5	18	2
1.2. Esclarecimento de dúvidas pela professora	0	9	13	3
2. Inquérito e discussão orientada				
2.1. Perguntas da professora	0	5	17	3
2.2. Perguntas do aluno	0	7	16	2
3. Utilização de recursos audiovisuais				
3.1. Projeção de diapositivos (apresentações eletrónicas em power point)				
3.1.1. Observação de organismos, estruturas, minerais e rochas (fotografia)	0	4	17	4
3.1.2. Interpretação de paisagens (fotografia)	0	1	20	4
3.1.3. Interpretação de desenhos e diagramas	0	5	15	5
3.2. Visualização de vídeos				
3.2.1. Vídeos tutoriais (motivar e consolidar conhecimentos)	0	8	13	3
3.2.2. Vídeos musicais (para sensibilizar, motivar e descontrair)	1	8	12	3
3.3. Utilização do quadro (interativo e/ou branco)				
3.3.1. Desenvolvimento do raciocínio, construção de ideias e conceitos	0	8	11	6
3.3.2. Escrita de termos técnicos	0	3	11	11
4. Elaboração de esquemas				
4.1. Construção gradual do conhecimento	0	6	11	8
4.2. Relação entre diferentes tópicos	0	6	12	7
4.3. Síntese de conteúdos	0	8	5	12
4.4. Revisão dos conteúdos	0	3	9	13
5. Resolução de exercícios				
5.1. Fichas de avaliação diagnóstica	3	6	13	3
5.2. Fichas de trabalho formativas	0	5	16	4
5.3. Exercícios de aplicação	0	7	12	6
5.4. Exercícios de revisão	0	6	13	6
6. Analogias e relação com a vida quotidiana				
6.1. Comparação de estruturas com objetos utilizados no dia-a-dia	0	1	20	4
6.2. Comparação de processos com situações observáveis no dia-a-dia	0	3	18	4
7. Recurso à História das ideias e Experiências clássicas				
7.1. Referência à obra de cientistas (uso do método experimental, construção de modelos e teorias)	2	4	15	4
8. Manuseamento de organismos e amostras				
8.1. Observação e contacto direto com exemplares vivos	0	6	13	6
8.2. Observação e contacto direto com rochas, minerais e fósseis em amostras de mão	0	4	10	11
9. Trabalho laboratorial				
9.1. Realização e observação de preparações temporárias ao microscópio estereoscópico (lupa binocular e ao microscópio ótico)	0	1	19	5
9.2. Identificação de minerais através das suas propriedades físicas	0	1	14	10
9.3. Trabalho em grupo (“hands-on” e “minds-on”)	1	3	15	6
9.4. Elaboração individual do relatório em “V de Going”	0	0	14	11
10. Utilização de mapas de conceitos				
10.1. Estabelecimento de relações entre os conceitos	0	5	9	11
10.2. Resumo dos conteúdos lecionados	0	6	9	10
11. Participação no Congresso dos Jovens Geocientistas				
11.1. Colaboração e aprendizagem em grupo	0	1	12	9
11.2. Elaboração do resumo	0	3	14	7
11.3. Elaboração da comunicação em painel e/ou oral	1	3	11	8

6.4.1.1. Avaliação das estratégias

1. Transmissão oral de conhecimentos

Nenhum aluno classificou como nula a eficácia do recurso a esta estratégia de ensino, tendo-se contabilizado 31 seleções da opção “Eficaz”, 14 da opção “Pouco eficaz” e 5 da opção “Muito eficaz”, considerando a soma do número de seleções nos 2 itens avaliados, 1.1. e 1.2., em cada uma das 3 categorias, “Pouco eficaz”, “Eficaz” e “Muito

eficaz” (Tabela III, Fig. 68). A maioria dos estudantes, 72% (= 18 em 25) classificou como “Eficaz” a utilização desta estratégia de ensino, sobretudo na explicação dos conceitos e processos, relativamente ao esclarecimento de dúvidas, selecionado por 52% (= 13/25) dos alunos.

Entre os que consideraram o método “Pouco eficaz”, verificou-se a mesma tendência, já que um maior número de alunos, 36% (= 9/25) assinalou o item 1.2., face a 20% (= 5/25) que assinalaram o item 1.1. reforçando a ideia de que o ensino por transmissão (EPT) foi menos esclarecedor quando foi necessário responder às perguntas dos alunos (Tabela III e Fig. 68).

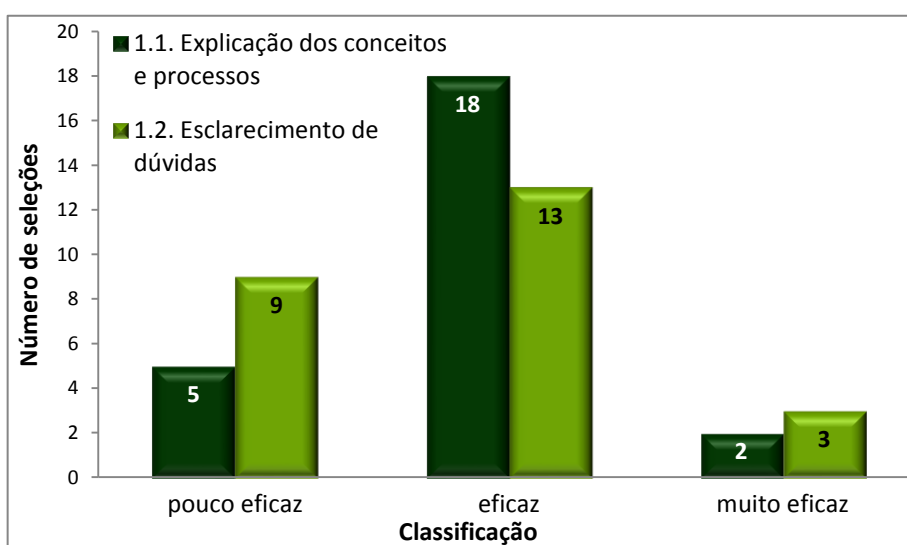


Figura 68 – Avaliação dos itens, 1.1. e 1.2., da estratégia 1., “Transmissão oral de conhecimentos”. Não houve seleções da opção “nada eficaz” em nenhum dos itens.

2. Inquérito e discussão orientada

Relativamente às perguntas e ao diálogo orientado, registaram-se 33 seleções da opção “Eficaz”, 12 da opção “Pouco eficaz” e 5 da opção “Muito eficaz”, considerando a soma dos itens 2.1. e 2.2. (= perguntas da professora + perguntas do aluno), dentro de cada categoria (Tabela III e Fig. 69). Tal como no tópico anterior, os alunos selecionaram mais vezes a classificação “Pouco eficaz” do que a classificação “Muito eficaz” (Figs 68 e 69).

Mais de metade, 68% (= 17/25) e 64% (= 16/25) dos alunos consideraram “eficazes” as perguntas da professora e as perguntas do aluno, respetivamente, valorizando ligeiramente mais as perguntas da docente, quando se comparam também o número de seleções (n) dentro da categoria “Pouco eficaz” (item 2.1./n= 5; item 2.2./n= 7) e o número

de seleções dentro da categoria “Muito eficaz” (item 2.1./n= 3; item 2.2./n= 2), ainda que as diferenças sejam mínimas (Tabela III, Fig. 69).

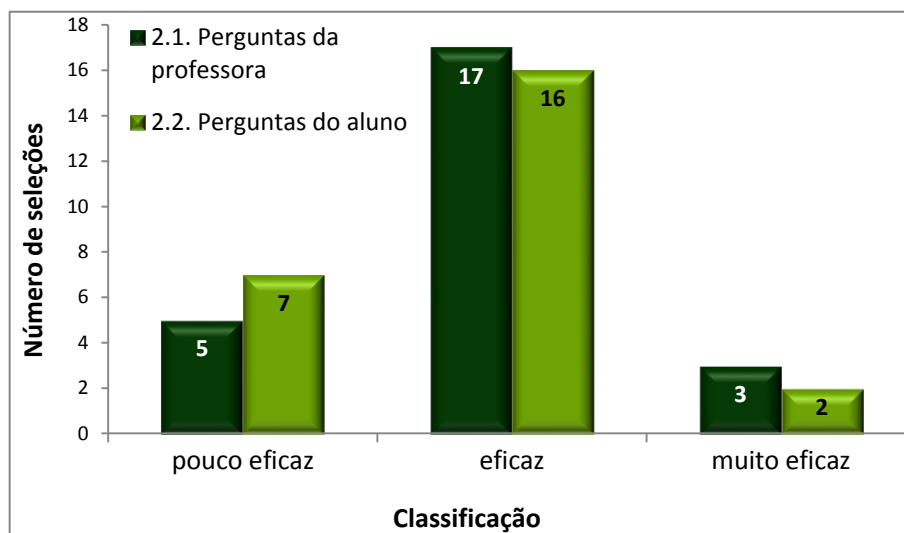


Figura 69 – Avaliação dos itens, 2.1. e 2.2. da estratégia 2., “Inquérito e discussão orientada”. Não houve seleções da opção “nada eficaz” em nenhum dos itens.

3. Utilização de recursos audiovisuais

Esta estratégia foi sujeita a uma avaliação em 3 vertentes, relativas à utilização de diapositivos em PowerPoint, vídeos e quadros (interativo e branco), que no seu conjunto incluíram 7 itens com uma avaliação global positiva, dado que a maioria dos alunos os classificou favoravelmente, com um total de 99 seleções para a opção “Eficaz”. Curiosamente, o número de seleções para “Pouco eficaz” (n= 37) e para “Muito eficaz” (n= 36) foi idêntico depois de somados os valores individuais dos 7 itens (Tabela III).

3.1. Projeção de diapositivos em PowerPoint

O uso de diapositivos foi claramente a estratégia/recurso preferidos dos alunos, registando-se 52 seleções da opção “Eficaz”, 13 da opção “Muito eficaz” e 10 da opção “Pouco eficaz” na classificação conjunta dos 3 itens deste tópico (Tabela III). Mais de metade, mais precisamente 60% (= 15/25) dos alunos consideraram que os diapositivos foram “eficazes” para interpretação de desenhos e diagramas, e 68% (= 17/25) consideraram o mesmo relativamente à observação de organismos, estruturas, minerais e rochas em fotografia, mas o que mais valorizaram terá sido a interpretação de paisagens, já que 80% (= 20/25) dos estudantes assinalaram esse item como “Eficaz” (Tabela III, Fig. 70).

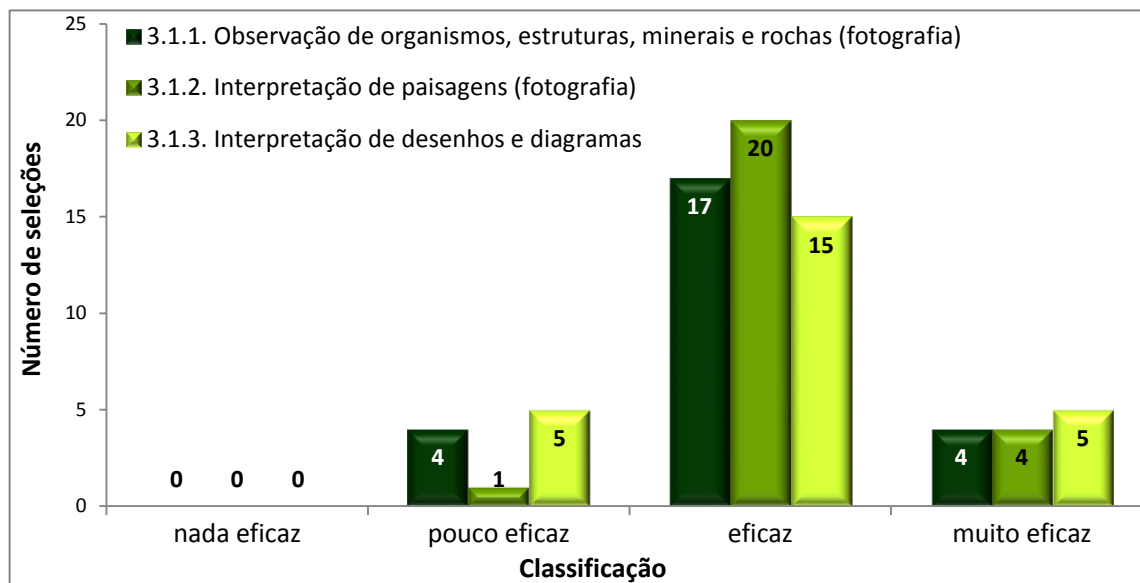


Figura 70 – Avaliação dos itens, 3.1.1., 3.1.2. e 3.1.3., da estratégia 3., “Utilização de recursos audiovisuais”, alínea 3.1. “Projeção de diapositivos”. Não houve seleções da opção “nada eficaz” em nenhum dos itens.

3.2. Visualização de vídeos

No que respeita à utilização de vídeos, a apreciação geral, ainda que positiva, foi menos expressiva, contabilizando-se, na soma dos 2 itens, 25 seleções da opção “Eficaz”, 16 da opção “Pouco eficaz” e 6 da opção “Muito eficaz” (Tabela III, Fig.71).

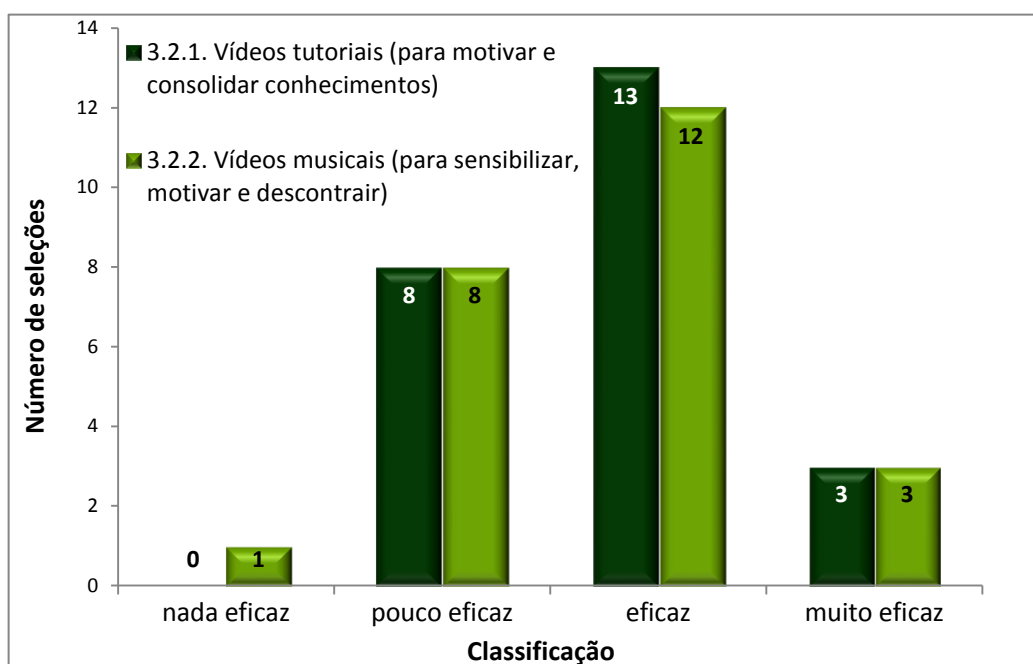


Figura 71 – Avaliação dos itens, 3.2.1. e 3.2.2. da estratégia 3. “Utilização de recursos audiovisuais”, alínea 3.2. “Visualização de vídeos”.

Em cada item, 3.2.1. e 3.2.2., faltou uma resposta, não se sabe se por falha de atenção ou pelo facto de um aluno ter faltado às aulas em que foram mostrados os vídeos. Entre os 25 alunos, 13, ou seja, 52% do total, classificaram como “Eficaz” o recurso a vídeos tutoriais, mas apenas 48%, i.e., menos de metade da turma, consideraram “eficazes” os vídeos musicais.

Estes dados contrariaram as expectativas da professora, uma vez que se observou grande entusiasmo em sala durante o intervalo de uma aula de Geologia de 135 minutos, em que foi projetado o videoclip “*Fossil Rock Anthem*”. Contudo, tendo em conta que a turma estava dividida a meio, em 2 turnos, e nem todos os alunos presentes optaram por permanecer parte do intervalo na sala, como é compreensível, este valor de 48% deverá corresponder aos alunos que estavam presentes, viram e puderam apreciar o clip musical sobre geologia sedimentar (Tabela III; Fig. 71).

3.3. Utilização do quadro interativo e quadro branco

A utilização do quadro branco deveria ter sido avaliada separadamente do quadro interativo, dada a natureza distinta dos suportes e, consequentemente, de algumas das respetivas aplicações, mas para facilitar as respostas aos alunos foram avaliados em conjunto. Assim, 44% (= 11/25) dos alunos destacaram o uso deste recurso como “Eficaz”, tanto para o desenvolvimento do raciocínio, construção de ideias e conceitos, como para a escrita dos termos técnicos (Tabela III; Fig. 72).

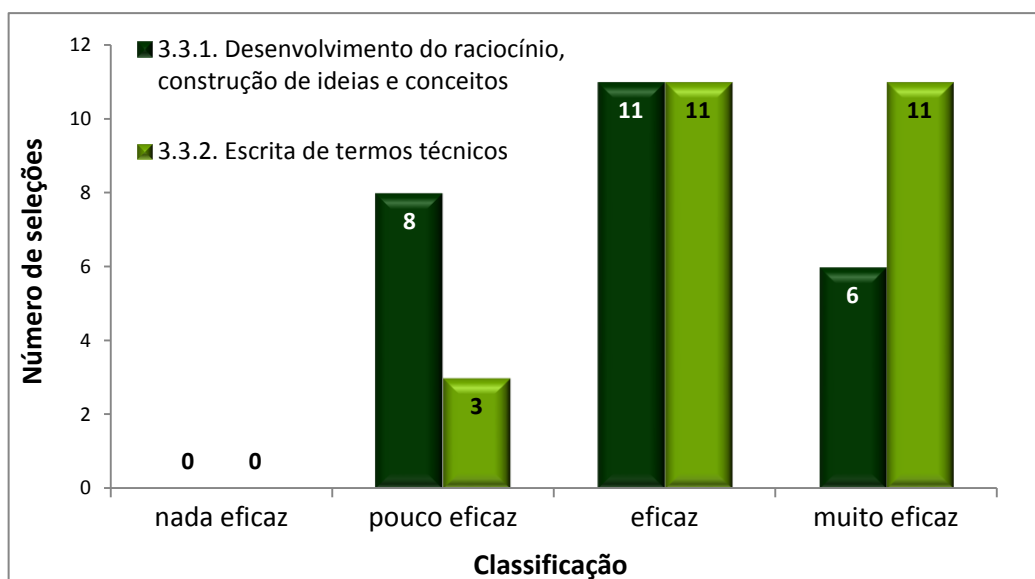


Figura 72 – Avaliação dos itens 3.3.1. e 3.3.2. da estratégia 3. “Utilização de recursos audiovisuais”, alínea 3.3. “Utilização do quadro interativo e/ou branco”. Não houve seleções da opção “nada eficaz” em nenhum dos 2 itens.

O mesmo número de alunos considerou “Muito eficaz” o uso do quadro para a escrita de vocabulário, mas apenas 24% (= 6/25) atribuíram essa classificação à sua aplicação na construção de ideias, tendo 32% (= 8/25) considerado este recurso “Pouco eficaz” para desenvolver o raciocínio, não se podendo afirmar que a maioria dos alunos aprecie a exploração do quadro, como apreciam, por exemplo, a dos diapositivos (Tabela III, Fig. 72).

A melhor classificação do uso do quadro para a escrita dos termos técnicos, relativamente ao desenvolvimento de conhecimentos, poderá atribuir-se à maior facilidade de transcrição desses termos para os cadernos, já que a escrita sequencial de palavras e frases, que normalmente acompanham a descrição e explicação de processos e conceitos, exige um esforço de concentração maior e a mobilização simultânea de um maior número de capacidades cognitivas (*e.g.* escutar, ver, ler, seguir o raciocínio, analisar, compreender, e transcrever).

Pode concluir-se que, entre os 3 recursos audiovisuais analisados, as apresentações em PowerPoint, que registaram mais do dobro (52) de seleções da classificação “Eficaz”, relativamente aos vídeos (25) e ao quadro (22), foram as mais úteis em termos didáticos, segundo a perspectiva dos alunos. O recurso ao quadro foi mais valorizado do que o recurso aos vídeos, já que a avaliação das alíneas [3.2.1. + 3.2.2.], relativas aos vídeos, e das alíneas [3.3.1. + 3.3.2.], relativas ao quadro, revelam que 17 alunos consideraram o uso do quadro “Muito eficaz” e 11 alunos o consideraram “Pouco eficaz”, enquanto apenas 6 alunos consideraram os vídeos “muito eficazes” e 16 alunos os classificaram como “pouco eficazes” (Tabela III, Figs 70, 71 e 72).

4. Elaboração de esquemas

A avaliação da utilização de esquemas mostrou que mais de metade, 52% (= 13/25), dos alunos classificaram esta estratégia como “Muito eficaz” para revisão de conteúdos, não sendo de estranhar que um número semelhante de alunos (= 12/25) a tenha classificado do mesmo modo, para fazer a síntese desses conteúdos. Quase metade dos alunos (= 12/25), 48%, consideraram que os esquemas eram “eficazes” para estabelecer a relação entre diferentes tópicos e 44% (= 11/25) acharam que eram eficazes para a construção gradual de conhecimentos (Tabela III, Fig. 73).

No entanto, alguns alunos assinalaram a estratégia como “Pouco eficaz” relativamente aos 4 itens testados, sobretudo no que respeita aos itens 4.1., construção gradual do conhecimento (6 seleções), 4.2., relação entre diferentes tópicos (6 seleções) e

4.3., síntese de conteúdos (8 seleções), este último em clara oposição aos 12 alunos que o classificaram como “Muito eficaz”, o que sugere 2 subgrupos de alunos com uma perceção distinta/oposta da estratégia, ainda que com maior preponderância das apreciações positivas (Fig. 73).

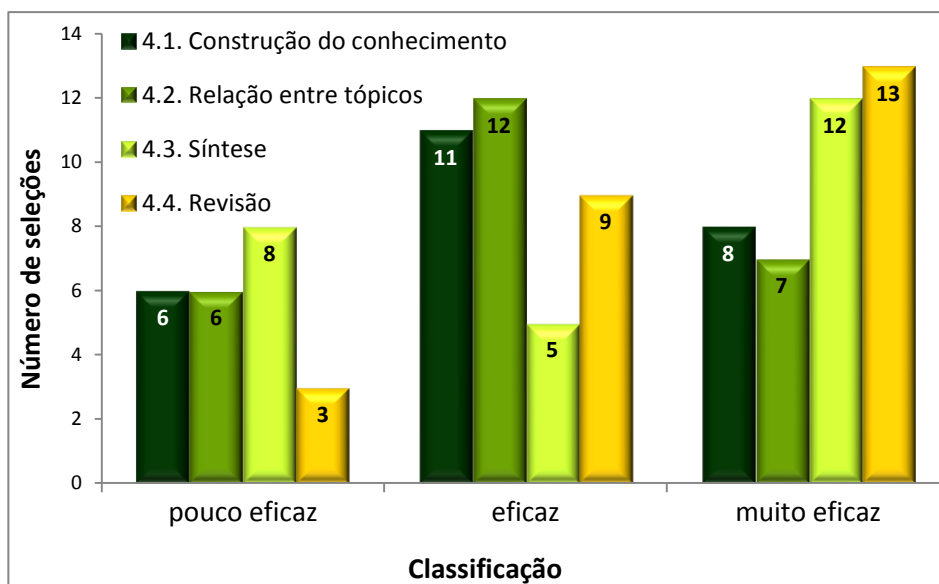


Figura 73 - Avaliação dos itens, 4.1., 4.2., 4.3. e 4.4. da estratégia 4., “Elaboração de esquemas”. Não houve seleções da opção “nada eficaz” em nenhum dos itens.

A mais-valia do recurso à construção de esquemas, segundo a análise destes resultados, terá sido a sua aplicação na revisão de conteúdos, já que, considerando em conjunto o número de seleções de “Eficaz e “Muito eficaz”, 88% dos alunos [(9+13)/25] avaliaram positivamente a estratégia, e apenas 3 alunos (12% do total) a consideraram “Pouco eficaz” (Fig. 73). Os itens 4.1. e 4.2. foram avaliados de forma semelhante, com 76% (= 19/25) dos alunos a atribuir-lhes uma classificação favorável, [(11+8)/25] e [(12+7)/25], respetivamente (Tabela III, Fig. 73).

5. Resolução de exercícios

Esta prática letiva revelou-se uma das mais apreciadas pelos alunos, já que se registaram 54 seleções da opção “Eficaz” no conjunto dos 4 itens, 5.1., 5.2., 5.3., e 5.4., com 64% (= 16/25) dos alunos a considerar a resolução de exercícios “eficaz” em fichas de trabalho formativas, e 52% (= 13/25) a considera-la igualmente eficaz, tanto em fichas de avaliação diagnóstica, como em exercícios de revisão (Tabela III, Fig. 74).

O item 5.1., “fichas de avaliação diagnóstica”, foi incluído neste tópico, apesar destas fichas não terem sido utilizadas como instrumento de avaliação, pelo facto de terem sido realizadas na componente letiva de Biologia, antes do início da lecionação dos

conteúdos. Achou-se oportuno questionar os alunos, uma vez que parte deles tinham solicitado a correção daquelas fichas, de modo a relembrar conteúdos e aprender com os erros.

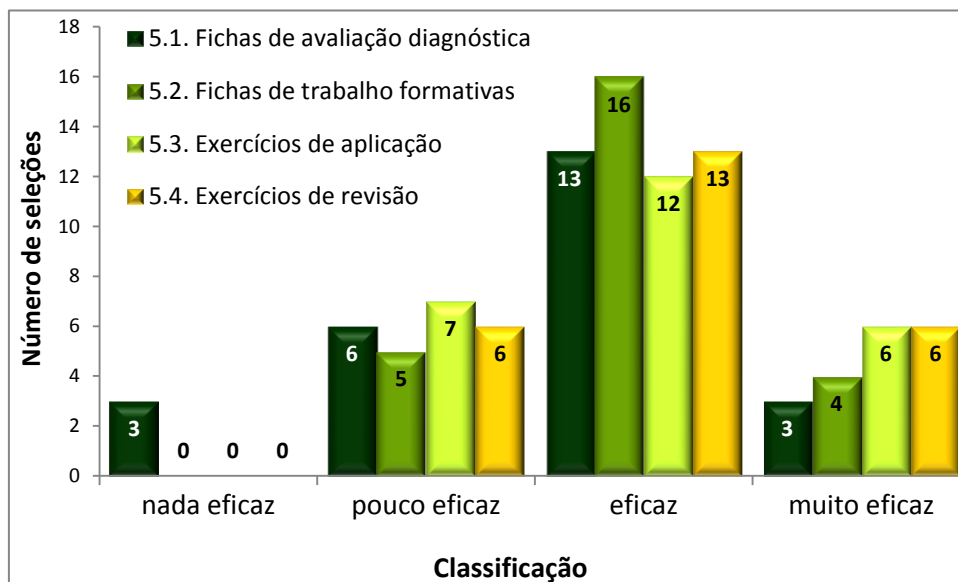


Figura 74 – Avaliação dos itens, 5.1., 5.2., 5.3. e 5.4. da estratégia 5., “Resolução de exercícios”.

Os resultados da classificação deste item sugerem que mais de metade dos alunos valorizou as fichas diagnósticas como um recurso didático que contribuiu para a sua autoavaliação. As fichas formativas foram, contudo, a forma preferida de realização de exercícios, já que o número de seleções [“Eficaz + “Muito eficaz”], corresponde a 80% dos alunos [(16+4)/25] (Tabela III, Fig. 74). Esta preferência é reforçada pela análise dos resultados à pergunta de resposta aberta, em que parte dos alunos sugere a realização de mais fichas de trabalho durante as aulas.

6. Analogias e relação com a vida quotidiana

O recurso a analogias com objetos e situações observáveis no dia-a-dia, revelou-se uma estratégia útil, já que na soma dos 2 itens se contabilizaram 38 seleções para a classificação “Eficaz”, 8 seleções para “Muito eficaz” e apenas 4 para “Pouco eficaz” (Tabela III, Fig. 75). A comparação de estruturas com objetos registou uma classificação melhor, com 80% (= 20/25) dos alunos a avaliar este item como “Eficaz” e 72% (= 18/25) a considerar igualmente “eficaz” a comparação de processos com situações. Considerando a soma das classificações “Eficaz” e “Muito eficaz” em cada item, verifica-se que 24 alunos [(20+4)/25] avaliam positivamente o item 6.1., e 22 alunos [(18+4)/25] avaliam do mesmo modo o item 6.2.

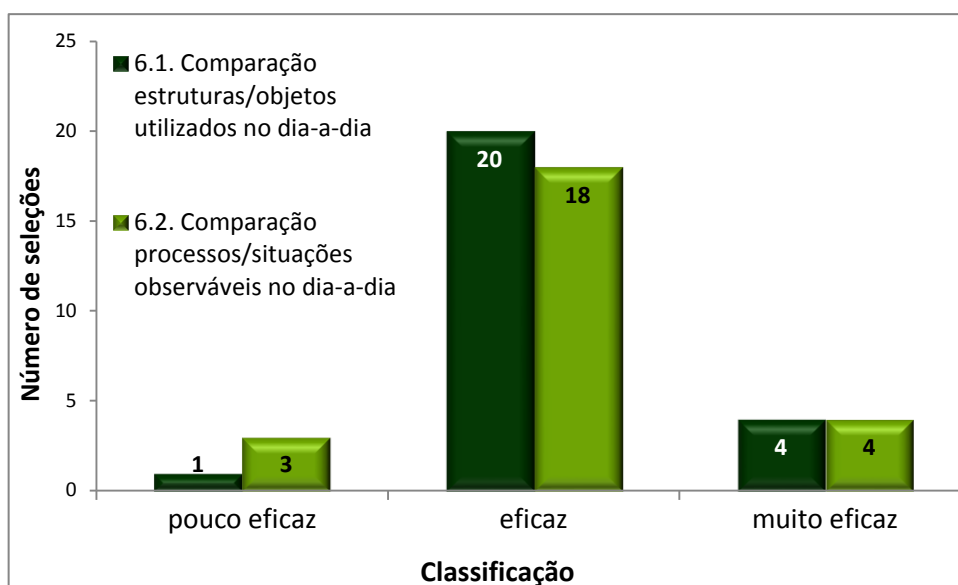


Figura 75 – Avaliação dos itens, 6.1. e 6.2. da estratégia 6., “Analogias e relação com a vida quotidiana”. Não houve seleções da opção “nada eficaz” em nenhum dos itens.

Estes dados apontam para duas possibilidades, uma é a de que a compreensão de processos se reveste de maior complexidade, exigindo assim um maior esforço de abstração e raciocínio por parte dos alunos, relativamente à comparação de estruturas com objetos concretos, que conhecem bem. Outra possibilidade que poderá justificar as ligeiras diferenças, entre os 2 itens, é o facto de ser mais desafiador para o professor encontrar bons exemplos de analogias para processos com as quais os alunos estejam familiarizados e consigam estabelecer uma relação de identificação e similaridade (Tabela III, Fig. 75).

7. Recurso à História das Ideias e Experiências Clássicas

A referência, planeada ou de improviso oportuno, à obra e métodos de trabalho de alguns investigadores/naturalistas, que entre os séculos XVII e XX (*e.g.* Nicolau Steno, James Hutton, William Smith, Georges Cuvier, Charles Lyell, Darwin, Mary Anning, Alfred Wegener, Norman Bowen) marcaram a História da Ciência revelou-se benéfica para a aprendizagem de conteúdos, de acordo com a opinião dos alunos. Mais de metade (60%) dos discentes consideraram “Eficaz” a “Referência à obra de cientistas (uso do método experimental, construção de modelos e teorias)”, tendo 19 alunos $[(15+4)/25]$, ou 76% da amostra dos inquiridos, avaliado a estratégia como “Eficaz” e “Muito eficaz” (Tabela III, Fig. 76). A compreensão do processo de construção do conhecimento científico por seres humanos que viveram em determinados contextos históricos, religiosos e políticos, e os extraordinários avanços que o seu trabalho proporcionou, não só às ciências da terra e da vida, mas também às sociedades humanas, apesar das dificuldades vividas na sua época,

foi provavelmente inspirador para alguns alunos, despertando o interesse em saber mais acerca das observações e experiências que realizaram e o modo como as realizaram.

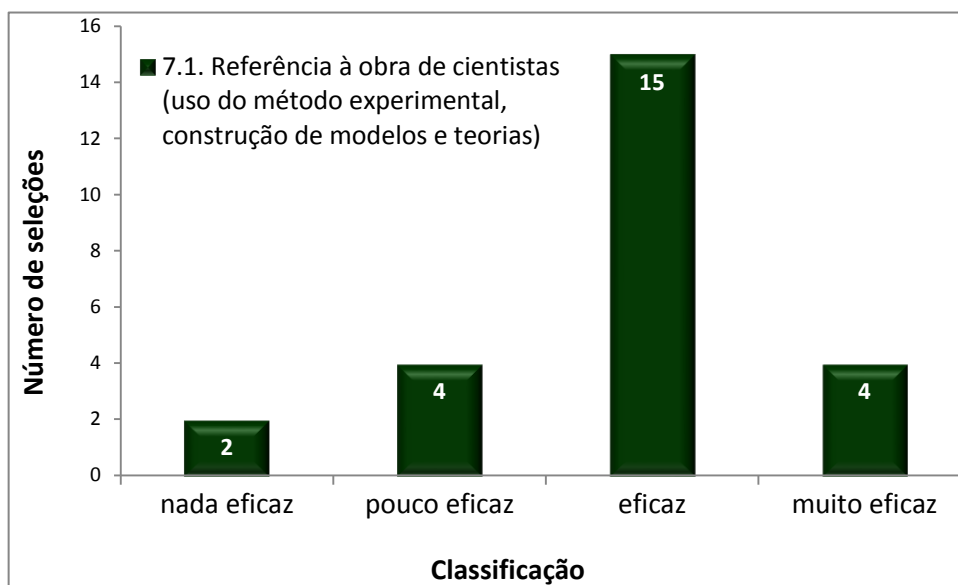


Figura 76 – Avaliação do item, 7.1 da estratégia 7. “Recurso à História das Ideias e Experiências Clássicas”.

Esta é, provavelmente, uma estratégia que merece uma atenção particular e uma preparação mais detalhada, adequando a linguagem à faixa etária destes alunos, mas tirando partido do gosto, que em qualquer idade se tem, de ouvir uma história bem contada, que prende a atenção do ouvinte. Ser um “contador histórias”, baseadas em evidências científicas e factos históricos, cujas personagens foram/são homens e mulheres de ciência, pode ser mais um desafio à criatividade dos docentes, com bons exemplos para as gerações de futuros cientistas.

8. Manuseamento de organismos e amostras de mão

A observação e manuseamento de seres vivos (nomeadamente plantas e fungos), bem como de amostras de mão de rochas (incluindo fósseis) e minerais foram muito bem classificados, registando-se 23 seleções para “Eficaz” e 17 para “Muito eficaz” na soma dos 2 itens, 8.1. e 8.2. (Tabela III, Fig. 77). O número de seleções [“Eficaz + “Muito eficaz”] revelou uma ligeira preferência pelo manuseamento de rochas e minerais, já que 21 alunos [(10+11)/25], ou seja, 84 % dos jovens, avaliaram positivamente a estratégia, e 19 [(13+6)/25], ou 76%, avaliaram positivamente o contacto direto com exemplares vivos, sendo de referir que 11 alunos consideraram mesmo “Muito eficaz” o contacto com rochas/minerais, enquanto apenas 6 atribuíram a mesma classificação à manipulação de organismos (Tabela III, Fig. 77).

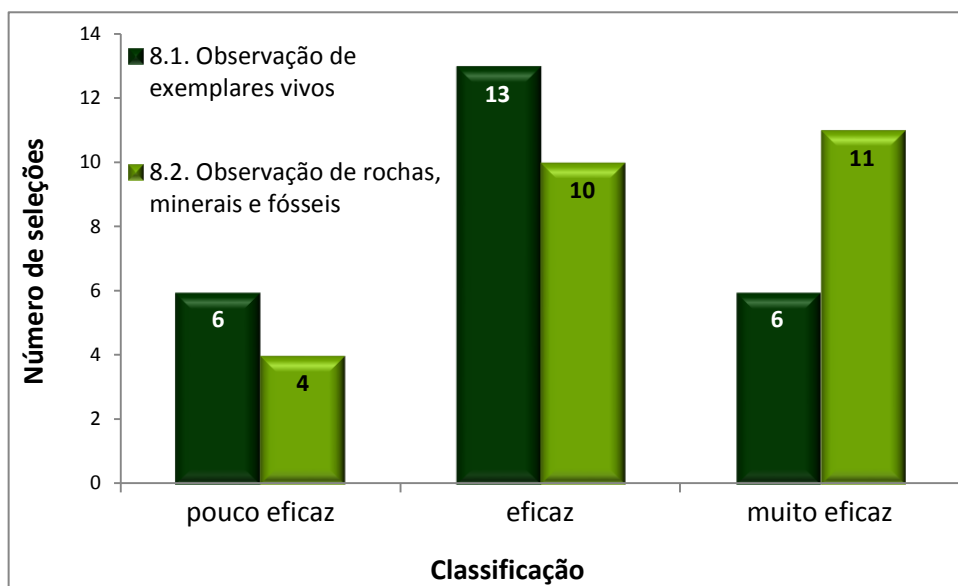


Figura 77 – Avaliação dos itens, 8.1. e 8.2. da estratégia 8., “Manuseamento de organismos e amostras de mão”. Não houve seleções da opção “nada eficaz” em nenhum dos itens.

É possível que, neste nível de ensino, esta preferência esteja associada ao facto de uma observação macroscópica ser muito mais acessível e imediata do que o estudo/observação das estruturas de seres vivos, que implicam um trabalho de preparação/montagem para observação em microscópio estereoscópico e/ou microscópio ótico composto, tarefas em que muitos alunos revelam ainda dificuldades, nomeadamente na seleção de material (amostra) e na focagem das imagens.

9. Trabalho laboratorial

Nesta estratégia, registaram-se 62 seleções para “Eficaz”, 32 para “Muito eficaz”, 5 para “Pouco eficaz” e apenas 1 classificação de “Nada eficaz” na soma dos 4 itens, 9.1. a 9.4. (Tabela III, Fig. 78). A realização de preparações temporárias, para observação ao microscópio, parece ter sido a atividade consensualmente apreciada pela maioria, já que foi o item que mais alunos (19) consideraram “Eficaz” (Fig. 78).

As atividades práticas laboratoriais, e as tarefas com elas relacionadas, obtiveram a melhor classificação, tendo em conta o somatório dos números de seleções [“Eficaz + “Muito eficaz”] para cada item. Assim, o item 9.1., “Realização e observação de preparações temporárias” foi avaliado positivamente por 24 alunos $[(19+5)/25]$, com apenas 1 aluno a considera-lo “Pouco eficaz”, tal como o item 9.2., “Identificação de minerais através das suas propriedades físicas”, embora com uma distribuição diferente das classificações, já que um maior número de alunos o considerou “Muito eficaz” $[(14+10)/25]$. O item 9.3., “Trabalho em grupo” foi apreciado por 21 alunos $[(15+6)/25]$, e

o item 9.4., “Elaboração individual do relatório em “V de Going” foi aprovado por todos os alunos [(14+11)/25]. (Fig. 78).

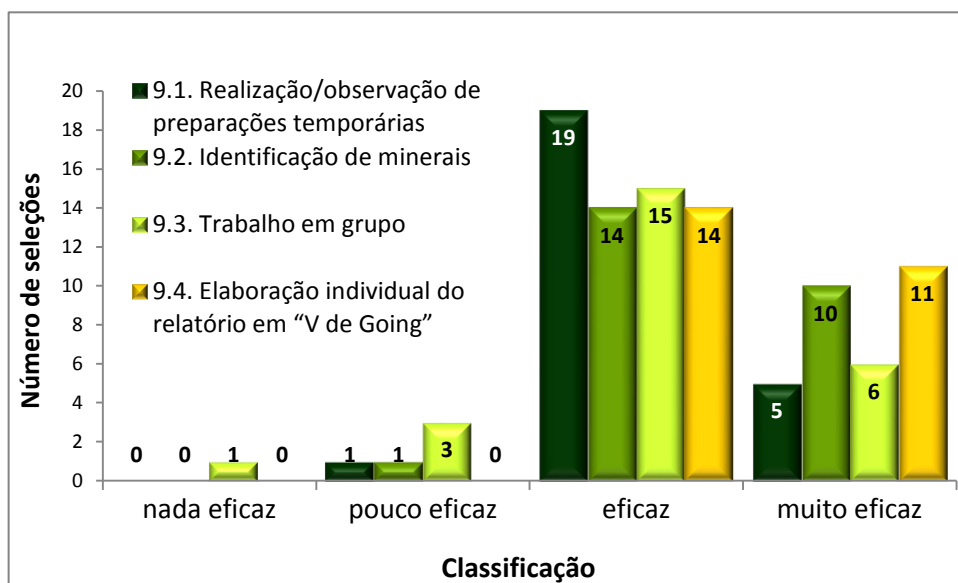


Figura 78 – Avaliação dos itens, 9.1., 9.2., 9.3. e 9.4. da estratégia 9., “Trabalho laboratorial”.

A classificação atribuída à realização do relatório não deixa de ser surpreendente, tendo em conta que aqueles que o fizeram, demoraram muito tempo a entregá-lo, tanto no caso da atividade prática sobre a reprodução assexuada do “bolor-do-pão”, como no caso da reprodução sexuada do polipódio, em relação à qual alguns alunos manifestaram descontentamento face aos resultados obtidos, mais baixos que aqueles que habitualmente recebiam. Contudo, há pelo menos um fator que explica esta aparente discrepância, que é o facto de o questionário ter sido preenchido (e a estratégia avaliada) antes da professora estagiária entregar o relatório aos alunos, o que só aconteceu no final do ano letivo.

O facto de nenhum aluno ter sido prejudicado no 2.º período pelas notas no relatório sobre o polipódio, e terem sido atribuídas as bonificações pelo orientador cooperante, provavelmente reforçou a perceção dos alunos de que a entrega do relatório da atividade laboratorial era uma forma, mais acessível e quase “garantida” de obter bons acerca das suas falhas e resultados finais, dado que o momento oportuno teria sido o final resultados, geralmente superiores aqueles que obtêm nos testes. A entrega tardia da correção foi um erro estratégico-pedagógico que dificultou a discussão com os alunos do 2.º período. Mais uma vez há que reconhecer que protelar sucessivamente os prazos de entrega não é positivo, nem para os discentes, nem para os docentes.

10. Utilização de mapas de conceitos

A avaliação do recurso aos mapas de conceitos resultou em 18 seleções de “Eficaz” e 21 seleções de “Muito eficaz”, considerando o somatório de respostas aos 2 itens, 10.1., “Estabelecimento de relações entre os conceitos”, e 10.2., “Resumo dos conteúdos lecionados”, embora se tenham, também, registado 11 classificações de “Pouco eficaz” (Tabela III, Fig. 79). Na avaliação de cada item, o somatório dos números de seleções “Eficaz” e “Muito eficaz”, mostra que a maioria dos alunos classificou bem a estratégia, sobretudo para estabelecer as relações entre os conceitos, item aprovado por 20 alunos (= 9+11), mas também para resumir os conteúdos, item aprovado por 19 alunos (= 9+10), o que corresponde a 80% e 76%, respetivamente, dos alunos da turma (Fig. 79).

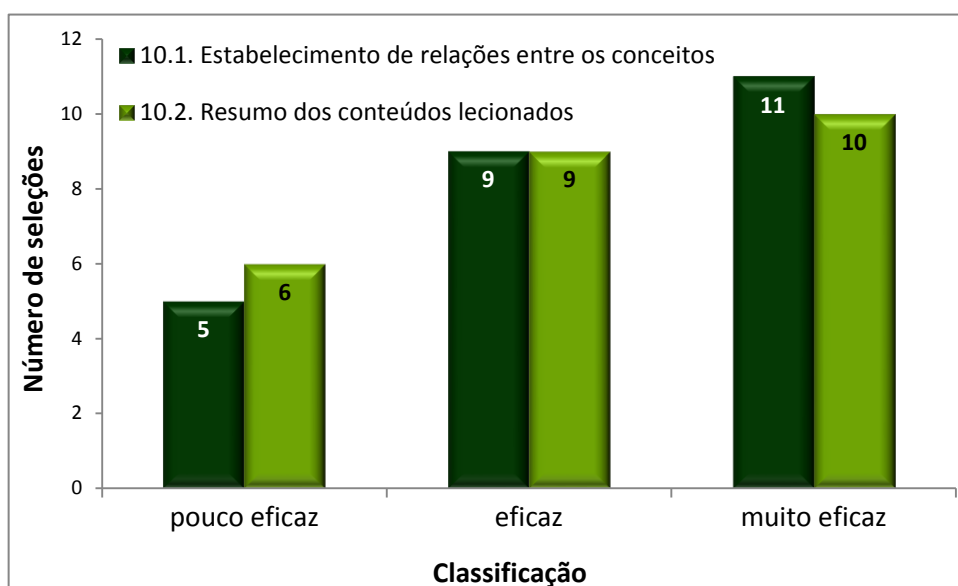


Figura 79 – Avaliação dos itens, 10.1. e 10.2. da estratégia 10., “Utilização de mapas de conceitos”. Não houve seleções da opção “nada eficaz” em nenhum dos itens.

11. Participação no X Congresso dos Jovens Geocientistas

A participação no X-CJG foi uma das atividades preferidas dos alunos, tendo-se contabilizado, na soma dos 3 itens avaliados, 37 seleções da classificação “Eficaz”, seguida de 24 escolhas da classificação “Muito eficaz” (Tabela III, Fig. 80). Aglutinando os números de “Eficaz” + “Muito eficaz” para cada item, conclui-se que os tópicos mais bem classificados foram o 11.1., “Colaboração e aprendizagem em grupo” (12+9) e 11.2., “Elaboração do resumo” (14+7), ambos avaliados positivamente por 21 alunos, ou seja, 84% dos inquiridos (Fig. 80). O item 11.3., “Elaboração da comunicação em painel e/ou oral” registou um número ligeiramente inferior, 19 (= 11+8), o que poderá estar relacionado com a maior exigência do trabalho de construção dos painéis e/ou inibições na apresentação oral do trabalho, dado que alguns grupos revelaram dificuldades no arranjo

gráfico dos conteúdos do painel e só um grupo construiu, sob supervisão da professora estagiária, uma apresentação em PowerPoint que resultou numa comunicação oral no congresso. Essa apresentação foi alvo de várias correções e embora as duas alunas tenham vencido a sua timidez, podem ter associado este item à dificuldade que eventualmente sentiram na exposição pública do tema.

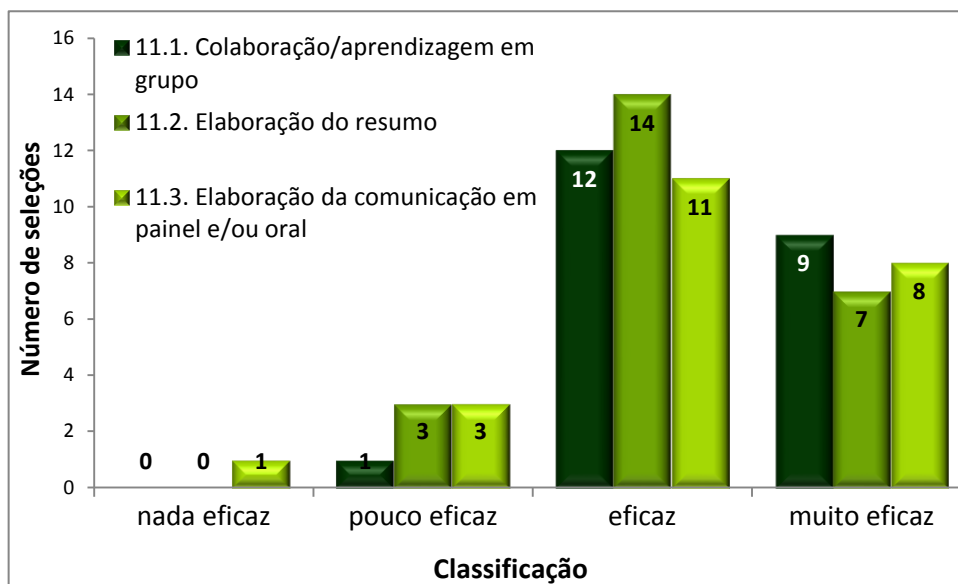


Figura 80 – Avaliação dos itens, 11.1., 11.2. e 11.3. da estratégia 11., “Participação no Congresso dos Jovens Geocientistas”.

Na avaliação desta estratégia detetaram-se falhas de preenchimento: 3 alunos não preencheram a alínea 11.1., 1 aluno não respondeu à alínea 11.2. e 2 alunos não responderam ao item 11.3., o que não é de estranhar, dado que dos 24 alunos capacitados para participar no CJG apenas 17 concretizaram essa participação, esperando-se que menos alunos respondessem. É oportuno referir que o orientador cooperante, com conhecimento/permissão da direção de turma e da direção da escola, concedeu a todos os alunos, incluindo os 7 que optaram por não realizar trabalhos, a possibilidade de participar no evento, em alternativa a permanecer na escola, ao que toda a turma respondeu afirmativamente, estando presente.

Para além de ser aliciante para os jovens a oportunidade de saírem da escola e poderem usufruir de um dia diferente, fora do contexto da rotina habitual, é possível que os estímulos que receberam e as experiências que vivenciaram, numa atmosfera particular, em que puderam assistir a palestras de investigadores e observar os muitos trabalhos expostos e apresentados por colegas de outras escolas, os tenha feito refletir acerca das vantagens desta atividade de enriquecimento curricular. De outra forma não se compreende que os 3 itens, 11.1., 11.2. e 11.3. tenham sido avaliados por 22, 24 e 23 alunos, respetivamente.

6.4.1.2. Questões de resposta aberta

O questionário incluiu também 2 itens de construção, de resposta curta (ver Metodologia, p. 208), sobre estratégias de aprendizagem: “2. *Refere as estratégias que consideras mais eficazes para a tua aprendizagem.*” e “3. *Sugere outros exemplos de estratégias e atividades escolares que, na tua opinião, poderão ser úteis para a aprendizagem dos alunos*”. Obtiveram-se 20 respostas à 2.^a questão, já que 5 alunos não responderam, e 11 respostas à 3.^a questão, ou seja, 14 alunos não responderam. Na questão 2 verificou-se, como era de esperar, alguma variação individual nas respostas, sendo as 4 estratégias mais valorizadas a “síntese/revisão da matéria”, referida por 10 alunos (n= 10), seguida da “realização de esquemas” (n= 6), a “utilização de PowerPoint” (n= 5) e a “observação de amostras de mão” (n= 3).

Curiosamente, as “atividades laboratoriais”, “fichas de trabalho”, “realização de exercícios” e “utilização de mapas de conceitos”, mais bem classificadas na questão 1, foram indicadas somente por 2 alunos, tal como a “visualização de vídeos”. As restantes estratégias sugeridas, cada uma mencionada por 1 aluno, foram “resumos com esquemas”, “observação de imagens”, “observação de gráficos”, “observação de diagramas”, “questionamento dos alunos”, “participação no X-CJG” e “relação com a vida quotidiana”.

Na 3.^a e última questão, os alunos sugeriram a realização de “aulas de campo” (n= 5) e de “mais visitas de estudo” (n= 5). Outras sugestões foram “brincar com a matéria”, “assistir a palestras”, “fazer demonstrações” (supõe-se que se referem a atividades experimentais/laboratoriais), “fazer/resolver perguntas de exame nas aulas ou perguntas com a mesma dificuldade das do exame”, “visualização de filmes sobre a matéria” e “focar o ensino apenas na matéria do programa”. Cada uma destas propostas foi feita por um aluno (n= 1).

6.4.1.3. Apreciação geral

Após a análise da classificação de todas as estratégias, e respetivos itens, é possível identificar as que terão sido mais eficazes, de acordo com o ponto de vista dos alunos, embora se trate de uma amostra reduzida de participantes (n= 25) e nalguns casos seja questionável se todos compreenderam realmente aquilo que estava a ser inquirido. A apreciação global das práticas letivas foi positiva, mas há que levar, também, em consideração as 151 seleções da opção “Pouco eficaz”, na questão 1, e a variabilidade individual observada nos itens de resposta curta (questões 2 e 3). Valeria a pena compreender se os itens que receberam aquela classificação na questão 1 foram conscientemente avaliados, e estimular uma maior participação dos alunos na resposta às

questões 2 e 3, eventualmente limitando o leque de estratégias apresentado, e substituindo os itens de construção por itens de seleção. Poderiam apontar-se algumas sugestões na questão 3, embora esta última opção seja discutível, já que o que se pretendia era proporcionar uma oportunidade para os alunos exprimirem livremente as suas próprias ideias, eventualmente diferentes/originais.

Seria útil repetir a avaliação das 11 estratégias (E1 a E11), através de um segundo questionário, porventura mais simples/menos extenso, concebido e apresentado de modo diferente, submetendo os mesmos conteúdos, de modo a confirmar/refutar os resultados obtidos, mas também a esclarecer algumas dúvidas de interpretação, que nem sempre foi fácil. Em caso de se encontrarem as mesmas tendências, ponderar se as estratégias menos bem classificadas podem/devem ser aperfeiçoadas na sua conceção e/ou implementação, de forma a melhorar a qualidade do ensino e permitir que um maior número de alunos beneficie da sua utilização, ou se, pelo contrário, elas devem ser menos utilizadas/descontinuadas, tendo presente a visão crítica de que nalgumas das estratégias se parecem evidenciar duas tendências opostas na avaliação dos mesmos itens.

Em síntese, pode concluir-se que as estratégias pedagógicas e recursos didáticos que mais se destacaram pela sua eficácia, segundo a perceção dos estudantes, foram o recurso aos meios audiovisuais (Estratégia 3= E3), sobretudo a projeção de diapositivos concebidos em PowerPoint; a resolução de exercícios em fichas de trabalho formativas (E5); o recurso a esquemas (E4) e a mapas de conceitos (E10) para relacionar conceitos e resumir conteúdos; a observação/contacto direto com seres vivos, mas sobretudo o manuseamento de amostras de mão de rochas e minerais (E8); as atividades práticas laboratoriais (E9) e a participação no X-CJG (E11).

O recurso a analogias (E6), principalmente para descrição de estruturas, e aos exemplos da História das Ciências (E7), que inicialmente pareciam não despertar grande interesse junto dos alunos, mostraram-se também eficazes. É de salientar que E4, E6, E8, E9, E10 e E11 registaram um número de seleções de “Muito eficaz” superior ao número de seleções de “Pouco eficaz” ao somar os valores dos respetivos itens. O uso de esquemas (E4) e de mapas de conceitos (E10) resultaram num maior número total de escolhas “Muito eficaz” relativamente a “Eficaz” (Tabela III, Figs 73 e 79).

A transmissão oral de conhecimentos (E1) e o inquérito e discussão orientada (E2) acabaram por revelar resultados muito idênticos, sendo interessante constatar que, segundo a avaliação dos alunos, os 2 métodos não se excluem mutuamente, mas parecem complementar-se, já que são valorizados de modo semelhante e nenhum aluno os rejeita

por completo. A análise destas estratégias, E1 e E2, aponta para a necessidade de melhorar a capacidade de esclarecimento de dúvidas por parte das professoras estagiárias. Por outro lado, os alunos preferem as perguntas do professor às perguntas do aluno como contributo para a sua aprendizagem, porventura por questões de insegurança e inibição (Tabela III, Figs 68 e 69). Pode depreender-se que o ensino tradicional, expositivo, continua a ter um papel incontornável na construção do saber, desde que devidamente articulado com os métodos construtivistas, nos quais a participação, envolvimento e responsabilização dos alunos são ativamente encorajados, não só no sentido da construção do conhecimento e da melhoria do processo de ensino e aprendizagem, mas também para o desenvolvimento crescente de autonomia nos jovens, tão desejável nesta etapa escolar pré-universitária

6.4.2. “Avaliação de desempenho das professoras estagiárias”

No segundo questionário participaram apenas 15 alunos que responderam às 13 questões, correspondentes a 12 estratégias implementadas ao longo das aulas, e a uma 13.^a questão, de resposta aberta, solicitando uma apreciação crítica individual e sugestões de melhoria. Devido ao tamanho da amostra não se podem retirar conclusões definitivas ou fazer generalizações, mas foi possível identificar algumas tendências de opinião, através do *feedback* recebido relativamente à pergunta 13, que contribuíram para a reflexão crítica da professora estagiária, complementando a sua autoavaliação.

A análise dos resultados obtidos permitiu estabelecer um balanço positivo do trabalho da docente, mas nalguns tópicos a avaliação não corresponde ao desempenho real, pelo que não é possível interpretar esses resultados, mesmo levando em consideração os eventuais erros de perceção, e as dificuldades que os alunos têm na interpretação de questionários. A falta de objetividade detetada na avaliação de algumas estratégias deve-se, muito provavelmente, ao facto de, imediatamente antes do preenchimento deste questionário, os alunos terem recebido a correção e classificação dos relatórios da atividade prática laboratorial, tendo parte deles estranhado as notas obtidas, inferiores às habituais, conforme já referido em 6.2.

Assim, as respostas ao 2.º questionário parecem refletir uma tendência de retaliação, própria do momento e da imaturidade dos jovens, depois de confrontados com um nível de exigência maior na sua própria avaliação. Na pergunta final, quando convidados a apontar falhas concretas e sugerir os aspetos a melhorar no desempenho da docente, os discentes foram mais objetivos.

6.4.2.1. Implementação das estratégias

As 12 estratégias avaliadas foram: E1. “Inquérito e discussão orientada”; E2. “Transmissão oral de conhecimentos”; E3. “Construção do conhecimento através da elaboração de esquemas”; E4. “Utilização de imagens”; E5. “Utilização de vídeos”; E6. “Utilização do quadro interativo”; E7. “Analogias e relação com a vida cotidiana”; E8. “História das Ideias e Experiências Clássicas”; E9. “Atividades de papel e lápis”; E10. “Trabalho de laboratório”; E11. “Utilização de mapas de conceitos” e E12. “Participação no Congresso dos Jovens Geocientistas” (Figs 81 e 82).

Na avaliação da maioria das estratégias, E1, E2, E6, E8, E9, E10 e E11, ou seja, em 7/12, predominou a atribuição da classificação “Suficiente”, variando o número de seleções entre 10 (E6- quadro interativo) e 6 (E11- mapas de conceitos). Nas restantes 5, a frequência da classificação “Bom” foi superior à de “Suficiente” em E3 (esquemas), E4 (imagens), E5 (vídeos) e E12 (CJG), sendo o n.º de seleções de “Suficiente” igual ao número de seleções de “Bom” (n= 7) em E7 (analogias) (Fig. 81). Em 9 estratégias, E2, E3, E4, E6, E7, E8, E9, E10 e E12, um aluno selecionou a opção “Insuficiente” (1/15= 7% da amostra). A utilização de mapas de conceitos foi a estratégia com maior número de seleções negativas (3/15 = 20%), seguida do recurso aos vídeos (2/15= 13,3%). Somente E1 (inquérito e discussão orientada) não recebeu nenhuma classificação “Insuficiente” (Figs 81 e 82).

Todas as estratégias registaram seleções da classificação “Bom”, variando esse número entre um máximo de 8 (vídeos e CJG) e um mínimo de 2 (trabalho laboratorial). As estratégias E3 (esquemas), E4 (imagens), E9 (atividades de papel e lápis), E10 (trabalho laboratorial), E11 (Mapas de conceitos) e E12 (CJG) receberam classificações de “Muito Bom”, embora poucas, já que o número de seleções, nessa categoria, variou entre 3 e 1 (Fig. 81).

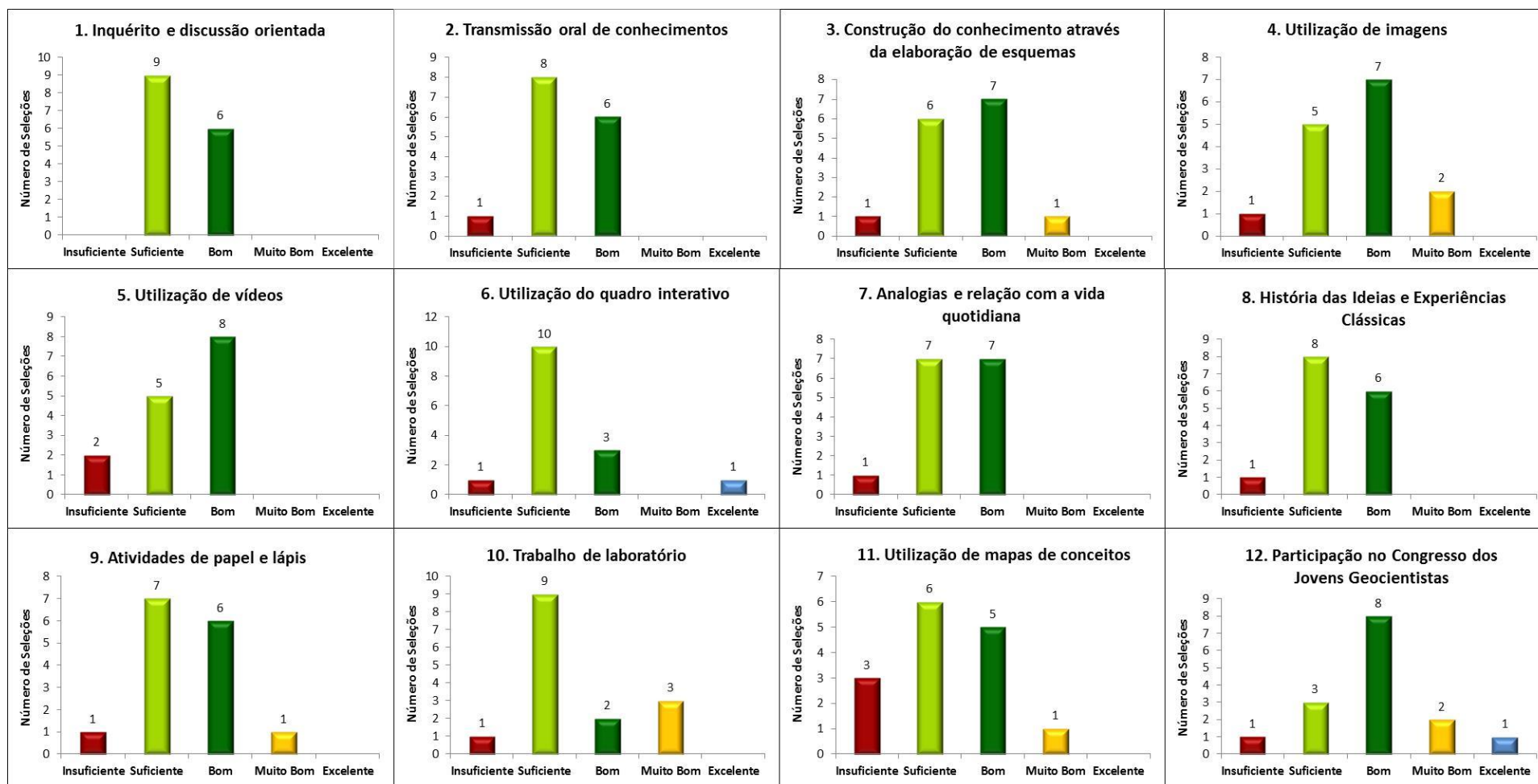


Figura 81- Classificação do desempenho da professora estagiária de Biologia e Geologia por 15 alunos do 11.º ano de escolaridade da Escola Secundária D. Duarte, no ano letivo 2014/2015. Cada gráfico deste conjunto representa uma das 12 estratégias avaliadas, identificadas no respetivo título. A classificação de cada estratégia repartiu-se entre 5 categorias: “Insuficiente”, “Suficiente”, “Bom”, “Muito Bom” e “Excelente”.

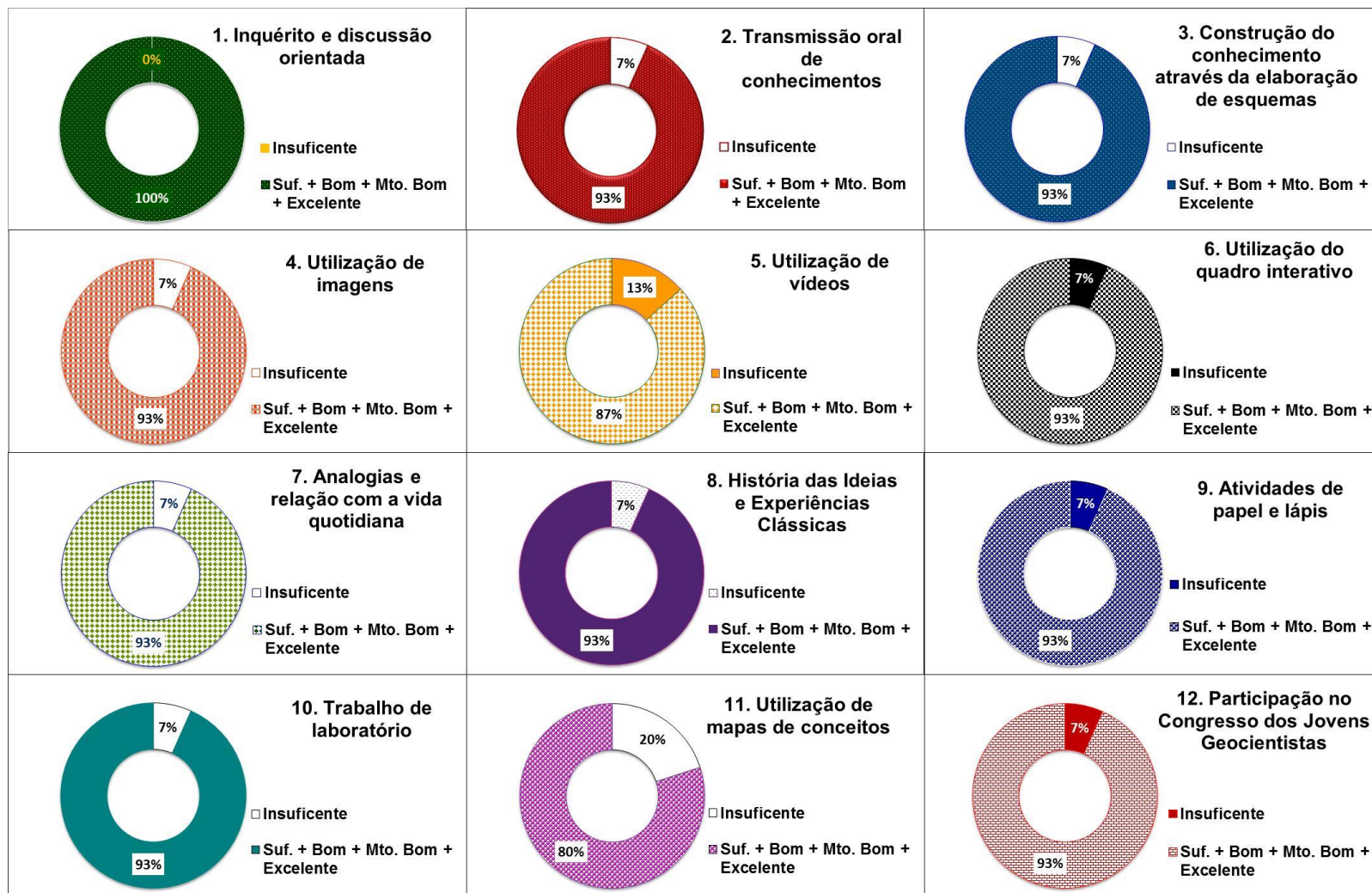


Figura 82 - Avaliação de desempenho da professora estagiária de Biologia e Geologia por 15 alunos do 11.º ano de escolaridade da Escola Secundária D. Duarte, no ano letivo 2014/2015. Em cada um dos gráficos desta série, representando as 12 estratégias assinaladas, são cumulados os números de respostas das classificações [“Suficiente” + “Bom”+ “Muito Bom” + “Excelente”], apresentados separadamente do número de classificações “Insuficiente”, expressos em percentagem.

A classificação “Excelente” observou-se apenas em 2 estratégias, a utilização do quadro interativo (E6) e a participação no CJG (E12), ambas registrando 1 seleção (n= 1) (Fig. 81). Este dado, compreensível em E12, parece não fazer sentido em E6, dado que a utilização do quadro para escrita em tempo real, foi pontual, sendo sobretudo explorado como suporte eletrónico para projeção de diapositivos, resolução de uma ficha de trabalho e de exercícios do manual escolar.

Outro exemplo, que surpreendeu um pouco, foi a classificação da “construção de esquemas”, pois a maioria dos esquemas utilizados não foram elaborados durante as aulas, mas concebidos e construídos antes, durante a preparação dos diapositivos, uma estratégia adotada face ao aspeto final dos esquemas previamente ensaiados no quadro interativo, dado que estes eram menos claros e atrativos do que nos diapositivos em PowerPoint. É possível, contudo, que a clareza dos esquemas, apresentados na sua forma finalizada, tenha sido valorizada pelos alunos para estudo, já que muitas vezes, por iniciativa própria, optaram por transcrever esses esquemas para os cadernos.

Por outro lado, houve estratégias que registaram uma classificação abaixo do esperado, como foi o caso da exposição oral de conteúdos, por ser um domínio de atuação em que geralmente a professora se encontra segura, sem inibições na comunicação e na expressão verbal de termos técnicos. Talvez a atribuição de “Insuficiente” (n= 1) e a predominância de seleções de “Suficiente” (n= 8) em relação a “Bom” (n= 6), com ausência de classificações de “Muito Bom” ou “Excelente” se deva, não à falta de transmissão de informação, mas a um “excesso”, sendo importante repensar esta estratégia, no sentido de despender um menor esforço vocal, selecionando e sintetizando a informação, usando menos palavras, com maior objetividade, já que o suporte dos diapositivos, desde que devidamente elaborados, a par com o diálogo orientado, complementam o recurso ao ensino por transmissão, potenciando mesmo a sua eficácia.

No caso dos mapas de conceitos, há que reconhecer que não foi um dos recursos mais utilizados pela professora, mesmo assim foram explorados alguns mapas dos manuais, pelo que não se compreende a atribuição de “Insuficiente” (n= 3) a não ser pelo facto de não existirem mapas originais, construídos com os alunos nas aulas. Também no que respeita à utilização de vídeos se desconhece(m) o(s) motivo(s) de 2 seleções da opção “Insuficiente”, já que foi a professora estagiária quem mais recorreu a um conjunto diversificado de curtas animações e vídeos didáticos (*e.g.* reprodução sexuada de fungos; rochas sedimentares/fósseis; pedogénese e mensagens-chave do Ano Internacional dos Solos). O mesmo se aplica relativamente ao recurso à História da Ciência, em que foram

referidos vários exemplos, internacionais e nacionais, quando oportunos, como foi o caso do Dia Nacional da Cultura Científica, inspirado na vida e obra de Rómulo de Carvalho e de Mariano Gago, que visa promover o ensino de todas as ciências no país.

Dada a extensão dos programas e as limitações de tempo, talvez seja desejável estabelecer menos conexões à atualidade do calendário de efemérides científicas/tecnológicas e sociais, da cidade, do país e do mundo, assim como limitar o número de exemplos históricos e evitar a descrição pormenorizada das histórias, sobretudo quando se tem pouca experiência pedagógica com alunos desta faixa etária.

É, porém, oportuno referir que, fora dos tempos letivos, foi bastante gratificante trabalhar esta componente com as alunas que apresentaram o trabalho “*Darwin, o geólogo*” no X-CJG, tendo as jovens solicitado, inclusive, o empréstimo da versão ilustrada e comentada d’*A Origem das Espécies*, na versão linguística original (Inglês). É lamentável a falta de tempo para uma maior promoção das ciências físico-naturais e da cultura científica nas escolas, pois apenas uma minoria dos alunos deste curso científico-tecnológico opta por frequentar os clubes de ciência, sendo poucas as oportunidades de saírem da escola, ao longo do ano, para participarem em eventos didático-científicos.

6.4.2.2. Pergunta de resposta aberta

A análise das respostas à última pergunta do questionário permitiu tirar algumas ilações e compreender melhor a opinião dos alunos, a partir das frases que eles próprios construíram. As semelhanças observadas entre muitos destes comentários revelam, porém, que o preenchimento do inquérito *online* não foi individual, refletindo a troca de impressões entre os alunos, antes ou durante o ato de responder. Transcrevem-se as (15) respostas à questão 13, seguidas dos comentários da professora.

Questão 13: “*Tendo em conta as diferentes estratégias, que aspetos consideras que podem ser melhorados no desempenho da professora Cristina?- Por exemplo, dicção, tom e volume de voz, entoação e ritmo do discurso, encadeamento de ideias, eficácia no esclarecimento de dúvidas, objetividade e capacidade de síntese, gestão de tempo, correção linguística oral e/ou escrita, caligrafia, elaboração de esquemas.*”

1. “*Repete demasiado as coisas.*” - um dos aspetos que mais marcou a professora estagiária, além da necessidade de falar muito mais pausadamente do que lhe era habitual, foi a necessidade de repetir, várias vezes, as mesmas explicações, sobretudo no início de cada aula, ao constatar que os alunos não tinham compreendido determinados assuntos na aula anterior, ou não se lembravam dos conteúdos lecionados, fundamentais para avançar

no programa. Dada a heterogeneidade de capacidades, ritmos e formas de aprendizagem, entre os alunos da turma, não se sabe se este aluno teria maior facilidade de compreensão relativamente a outros colegas, se estudaria regularmente e tinha presentes os conteúdos, tendo-se, por isso, aborrecido com as repetições, ou se, pelo contrário, estaria menos motivado para aprender.

Independentemente dos motivos do aluno, é realmente necessário diminuir o tempo gasto na síntese/revisão de conteúdos no princípio da aula, sobretudo perante a inexperiência na gestão dos conteúdos do programa global, que faz com que o fator “tempo” se torne ainda mais limitante do bom desempenho de um professor, já que quando repete, não avança, correndo o risco de se atrasar de forma significativa. É pertinente aqui referir que se constatou, na maioria dos alunos, a falta de hábitos de estudo regular e de revisão de conteúdos entre as aulas, um problema sentido ao longo de todo o ano letivo, quer pelas professoras estagiárias, quer pelo orientador cooperante, que várias vezes interpelou os seus alunos, no sentido de uma maior e melhor participação na construção do conhecimento, apelando à sua capacidade de análise, intervenção e pensamento crítico.

2. *“Ritmo do discurso, eficácia no esclarecimento de dúvidas, pois não consegue ser direta ao esclarecer a dúvida, objetividade e capacidade de síntese, gestão do tempo, elaboração de esquemas.”* - à exceção do “ritmo do discurso”, porque não se compreende o que o aluno quer dizer, i.e., se o achou lento ou rápido, esta apreciação faz sentido, uma vez que várias vezes a professora sentiu dificuldade em resumir a informação, com tendência a contextualizar os processos num quadro mais amplo de conteúdos, o que aparentemente resultou na falta de objetividade referida, segundo a perceção do aluno, nos momentos em que procurou clarificar alguns aspetos da matéria, ou esclarecer dúvidas.

Embora seja importante relacionar conteúdos, inclusive os do 11.º com os do 10.º ano de escolaridade, que são alvo de avaliação em exame, há momentos em que o professor se deve restringir à informação estritamente necessária, sob pena de gastar muito tempo em explicações mais abrangentes, perdendo-se eficácia na resposta a questões de âmbito mais elementar e restrito. Isso foi notório sobretudo nas aulas de Geologia.

Todavia, não deixa de ser oportuno lembrar as dificuldades que os alunos manifestam em itens de construção, que envolvem conteúdos procedimentais e implicam a mobilização/relação de conhecimentos, tanto nos testes de avaliação sumativa, como no exame nacional de Biologia e Geologia, o que leva a supor que seria desejável um equilíbrio entre a restrição de informação nas respostas do professor, e o seu desenvolvimento, envolvendo os alunos, integrado numa visão mais ampla do programa,

em momentos diferentes, sendo necessário discernimento para avaliar e decidir qual a melhor opção a tomar. No que respeita à “elaboração de esquemas”, o aluno provavelmente quis dizer que desejaria um maior número de esquemas, e/ou que deveriam ser elaborados na aula, durante a explicação de conceitos e processos.

3. “*Foi tudo bom.*” - depreende-se que o aluno apreciou o desempenho global da professora, mas não distinguiu entre “forças” e “fraquezas”, o que leva a supor que não reconheceu, ou não se sentiu prejudicado por falhas de desempenho da professora na sua aprendizagem. Outra hipótese para explicar este breve comentário é a falta de motivação para refletir e responder de forma mais detalhada. Não concretizou o que para ele/ela significa “tudo”, mas presume-se que se refere aos exemplos dados, na sequência da pergunta 13 “...*dicção, tom e volume de voz, entoação e ritmo do discurso, encadeamento de ideias, eficácia no esclarecimento de dúvidas, objetividade e capacidade de síntese, gestão de tempo, correção linguística oral e/ou escrita, caligrafia, elaboração de esquemas*”.

4. “*Entoação e ritmo do discurso, objetividade e capacidade de síntese.*” - não se entende o que o aluno pretende no que respeita à entoação, já que a professora não teve dificuldades na projeção de voz ou articulação de palavras, tendo procurado modular os sons e variar a forma de emitir as palavras/grupos de palavras, de modo a evitar um discurso monocórdico e tornar claro se as suas expressões orais correspondiam a afirmações, interrogações ou instruções, se exprimia um reforço positivo ou perplexidade perante o desconhecimento dos alunos ou respostas erradas. Possivelmente o aluno desconhece o significado do termo “entoação”, tendo sido induzido a citá-lo pelo que leu na pergunta 13, conforme referido no ponto 3. Relativamente ao “ritmo do discurso” levanta-se a mesma dúvida referida no comentário à resposta 2, sendo legítimas as sugestões de melhorar a objetividade e a capacidade de síntese, tal como também já mencionado.

5. “*Eficácia no esclarecimento de dúvidas; gestão de tempo; objetividade e capacidade de síntese.*” - são 4 sugestões de melhoria que efetivamente devem ser seguidas para melhorar a eficácia da comunicação curta e dos processos de ensino e de aprendizagem, não atrasando o ritmo de lecionação, como de facto sucedeu. Neste sentido, a planificação de curto prazo é crucial, desde que elaborada de forma sintética e pragmática. Simultaneamente, é desejável incentivar frequentemente nos alunos hábitos de estudo regular, em estreita colaboração com os encarregados de educação, de modo a que os jovens se tornem mais metódicos e se sintam mais responsáveis pelo seu trabalho.

Devem ser estimulados a colocar mais questões aos docentes, tanto na sala de aula, como no gabinete de apoio ao núcleo de estágio de Biologia e Geologia, onde sempre serão bem recebidos, quer pelo professor estagiário, quer pelo orientador cooperante.

6. *“Dar menos importância ao que não é tão necessário.”* - supõe-se que o aluno sugere que se dê destaque à informação relevante para ele, ou seja, a que é objeto de avaliação, e se evite a referência a conteúdos extracurriculares. Nesta etapa do seu percurso escolar a maioria dos jovens não procura ampliar a sua literacia científica, dado que a preocupação maior é a nota final interna e a nota do exame nacional de avaliação externa.

7. *“Dar mais relevância àquilo que é importante e menos aquilo que não é tão importante.”* - aplicam-se os comentários feitos no ponto anterior, já que esta resposta se assemelha à resposta 6. São opiniões que vão de encontro a um desejo, partilhado por outros colegas, de maior seletividade e objetividade por parte da professora.

8. *“Acho que a professora Cristina deve tentar melhorar a sua forma de comunicar pois não é que ela não saiba falar em público, pois acredito que o faça bastante bem, mas em contexto de sala de aula acho que por vezes dispersa demais e chega muitas vezes a baralhar os alunos visto que deixamos de saber bem a nossa localização na matéria. Acho que deve tentar ser mais precisa no que diz delimitando apenas as prioridades do discurso de modo a não induzir em erro.”* - a professora não sente, de facto, dificuldades em “falar em público”, em diversos contextos, académicos, profissionais e sociais, e tem procurado, desde há muitos anos, aperfeiçoar as suas competências de comunicação.

Contudo, há que reconhecer os riscos inerentes ao excesso de informação mobilizada, incluindo a perda de objetividade percecionada, em perguntas que requerem uma resposta imediata, curta e restrita, pese embora a reflexão feita acerca das lacunas detetadas, tanto nos conhecimentos que os alunos deveriam ter presentes, como na articulação de diferentes conteúdos, que levou a tentativas de explicação mais amplas.

Neste sentido, uma resposta direta, desde que concisa, poderá ser a opção mais eficaz e imediata, relativamente às estratégias construtivistas, como o diálogo orientado, em que, através de sucessivas perguntas, se procura envolver e guiar os alunos até à resposta correta, dando-lhes tempo para pensar e elaborar um raciocínio lógico. Aparentemente os alunos não estão interessados em “perder tempo” para chegar à resposta por si, como preconiza o antigo método socrático, preferindo respostas imediatas.

Foi importante o alerta para a “dispersão” e para o risco de “baralhar” os alunos, que não tinha sido percecionado pela professora. Como as práticas letivas foram sempre supervisionadas, e as afirmações que, eventualmente, poderiam induzir em erro foram

prontamente apontadas e corrigidas pelo orientador cooperante, e pelos orientadores científicos nas aulas assistidas, o risco de indução em erro parece excessivo, embora se compreendam os receios expressos pelo aluno.

9. “*Dar mais importância a certos assuntos e não a coisas insignificantes.*” – o aluno não indica, nem exemplifica, o que para ele/ela serão “certos assuntos” e “coisas insignificantes”, mas a ideia geral vai de encontro à opinião expressa nas respostas 6, 7 e 8.

10. “*Compreendo que é necessário criar uma linha de raciocínio para os alunos compreenderem melhor a matéria que vão aprender, contudo, penso que por vezes alonga-se bastante no discurso/na introdução, e com isso, eu acho que, os alunos acabam por se dispersar e não prestam muita atenção ao resto.*” - nesta apreciação crítica o aluno clarifica e fundamenta a sua opinião, permitindo uma melhor compreensão de procedimentos que não foram produtivos (*e.g.* introduções extensas/demoradas) e que deverão ser evitados futuramente.

A perceção de quem ensina nem sempre corresponde à visão correta da realidade, já que por vezes o docente julga que ensinou, mas o aluno não aprendeu. Há que reconhecer falhas de objetividade e a necessidade de treinar o poder de síntese em certos momentos, mas levanta-se aqui um fator novo, que é a capacidade de captar e manter atenção/concentração dos alunos, um aspeto que deveria ser trabalhado, transversalmente, nas escolas, pelas diversas áreas disciplinares, adaptando a cada caso as ferramentas metodológicas mais adequadas.

Uma das estratégias que tem vindo a ser cada vez mais estudada, desde o início do século XXI, e implementada, com êxito, em escolas públicas e privadas de países como o Canadá, Estados Unidos e Austrália, mas também em vários países europeus, como o Reino Unido, Noruega e Alemanha, é a introdução de práticas meditativas para treino mental de atenção, concentração e “presença plena” ([Meiklejohn et al., 2012](#); [Zenner, Herrnleben-Kurz & Harald Walach, 2014](#)). Na literatura ocidental, a designação mais precisa e correta destas práticas encontra-se no termo “*mindfulness*” (língua inglesa) por ser difícil a tradução direta, sem recorrer a mais do que uma palavra ou a uma expressão.

Em Portugal existem já escolas públicas com projetos-piloto de *Mindfulness-Based Interventions* (MBIs) destinados a crianças do ensino básico, como é o caso do Agrupamento de Escolas Marinha Grande Poente, que segue o programa americano [MindUp](#) ([MOVIN’EDU, 2016](#); [SICNotícias, 2016](#)). Também alguns colégios privados, de matriz religiosa cristã/católica, como o [Colégio de São Teotónio](#), em Coimbra, iniciaram, em 2016/2017, a introdução de [práticas meditativas com crianças](#), segundo a metodologia

desenvolvida por [Laurence Freeman OSB](#), diretor da Comunidade Mundial para Meditação Cristã (= “[World Community for Christian Meditation](#)”). Embora não exista ainda nenhum programa elaborado ou proposto pelo Ministério da Educação, há cada vez mais professores, de diferentes áreas disciplinares, a procurarem (in)formação nesta área (“school-based mindfulness interventions”).

11. *"Encadeamento lógico de ideias, eficácia no esclarecimento de dúvidas, objetividade e capacidade de síntese, gestão de tempo, elaboração de esquemas."* – reforçam-se as tendências de opinião anteriores, embora não seja claro o que o aluno quis dizer relativamente ao “encadeamento lógico de ideias”, já que não houve dificuldades significativas na fluidez do discurso, por exemplo, na transição de diapositivos ou na interligação de conteúdos. Talvez se referisse à “dispersão” mencionada pelos colegas, nos momentos em que a análise de conteúdos ou o esclarecimento de dúvidas, envolvendo a participação ativamente alunos, não foi bem-sucedida. Quanto à melhoria de desempenho relacionada com o uso de esquemas aplicam-se os comentários feitos no ponto 2.

12. *"Utilização de melhores definições dos conceitos, melhorar a gestão do tempo, tentar abordar o tema mais a fundo e não falar tanto em curiosidades."* – tendo em conta que foi feita uma cuidada revisão científica dos temas lecionados pela professora estagiária, que muitas vezes complementou/clarificou a definição de conceitos dos manuais, e que as aulas foram supervisionadas pelos orientadores, não se entende o que o aluno quis dizer com “melhores definições dos conceitos”. Talvez tenha sentido dificuldades ao nível do vocabulário técnico ou da interpretação linguística de uma frase/expressão, algo que é comum entre muitos estudantes.

Quanto a “tentar abordar o tema mais a fundo”, parece haver um contrassenso, já que, tal como outros colegas fizeram, o aluno sugere “melhorar a gestão do tempo”. Possivelmente quis sugerir o aprofundamento dos conteúdos do programa, embora o seu desenvolvimento tenha sido feito, muitas vezes, para além do exigido pelo programa e das descrições, limitadas, contidas nos manuais escolares de Biologia e Geologia.

13. *"Controlar melhor o tempo; não generalizar tanto quando está a tirar dúvidas para não baralhar o aluno."* - o aluno parece reforçar a ideia de que a professora deve ser mais direta e objetiva, restringindo o âmbito da resposta à especificidade do assunto em discussão.

14. *"Quanto à dicção e ao tom e volume de voz considero que a professora Cristina esteve bem. A correção oral linguística e/ou escrita e a caligrafia estiveram igualmente bem; Penso que geriu mal o tempo, sendo esse o ponto fraco, uma vez que demorou*

demasiado tempo em introduções e a dar significados de palavras o que fez com que os alunos, na minha opinião, perdessem o interesse na aula. Acho que deveria dar menos detalhes que não pertencem ao programa uma vez que os alunos ficam sem perceber o que é realmente necessário saber, no entanto não considero que fez de todo mal em dá-los já que, na minha opinião, é sempre bom sabermos mais. As suas sínteses e esquemas estavam bem elaborados e por conseguinte ajudaram-nos a perceber a matéria que lecionou. Tentou sempre esclarecer as dúvidas dos alunos e perceber se a turma estava a perceber a matéria que estava a ser lecionada. Considero que no geral a professora Cristina esteve bem mas deve repensar a forma de dar aulas e tentar melhor os seus pontos fracos. Penso que esteve igualmente no nível suficiente/bom nas aulas de Biologia e Geologia." - esta resposta, devidamente fundamentada, foi uma das mais completas, objetivas e esclarecedoras, que contribuíram para que a professora estagiária tomasse consciência do principal aspeto a melhorar na lecionação: gestão do tempo.

15. *“A professora dispersa-se na matéria que tem que lecionar, interrompe o seu próprio raciocínio com exemplos que não são relevantes para a aula e isso prejudica os alunos na sua aprendizagem ... fala muito e muito rápido, muitas vezes sobre coisas que não são pertinentes e deste modo perde muito tempo a lecionar os conteúdos. Os esclarecimentos de dúvidas não são muito eficazes pelo facto de a professora dispersar o raciocínio.”* – esta opinião contrasta bastante com a anterior (14) no sentido em que não se lê uma crítica construtiva, mas apenas uma série de referências aos “pontos fracos”.

São de considerar os aspetos implícitos que devem ser melhorados (objetividade e gestão de tempo), embora não se compreenda a expressão *“...interrompe o seu próprio raciocínio com exemplos que não são relevantes para a aula”*, que deve estar ligada à noção de “dispersão”, ao considerar que a professora forneceu informação desnecessária, i.e., que não era obrigatório saber. Relativamente à alusão, excessiva, de que *“... isso prejudica os alunos na sua aprendizagem”* aplicam-se os mesmos comentários feitos no ponto 8.

Um dado original nesta resposta foi o facto de aluno precisar que *“(...) a professora (...) fala muito e muito rápido”*, pois provavelmente era isto que os colegas queriam dizer, ao sugerirem melhorar o “ritmo do discurso”. É um facto que a professora “falou muito”, tratando-se, em parte, de um traço de personalidade, embora essa tendência se tenha acentuado em função da ansiedade, ao aperceber-se que os conteúdos demoravam muito mais tempo a lecionar do que o previsto, e que os processos de ensino e de aprendizagem não estavam a progredir ao ritmo ideal. Ficou claro que o tempo do professor é diferente

do tempo (de aprendizagem) do aluno e que “saber saber” é muito diferente de “saber ensinar”.

Embora este tipo de características (ser-se mais ou menos extrovertido/introvertido, mais ou menos prolixo/lacônico), assim como determinados hábitos, não se possam mudar facilmente ou por imposição, de um momento para o outro, existe sempre a possibilidade de transformação do indivíduo, se este a desejar, quando toma consciência de que tende a incorrer em comportamentos e práticas que não favorecem o seu desempenho profissional numa dada área. Ao reconhecê-lo, é desejável procurar orientação de profissionais competentes e experientes, e encontrar formas de ultrapassar as dificuldades, desenvolvendo técnicas e estratégias de auto-observação e de autocontrole, no sentido de melhorar os aspetos menos bem conseguidos.

A humildade e a abertura de espírito a críticas construtivas devem acompanhar o evoluir da carreira de qualquer docente, o que nem sempre se verifica nas nossas escolas. Neste processo de desenvolvimento, pessoal e profissional, a perseverança, a prática e o tempo são os melhores auxiliares da mudança almejada.

7. Considerações finais

O tempo decorrido desde a frequência do estágio pedagógico e a distância que separa as circunstâncias do passado e do presente, facilita uma visão mais clara e integradora daquilo que representou o ano letivo 2014/2015, tendo o perfeccionismo e a utopia diminuído para dar lugar a um melhor conhecimento da realidade, e a um maior discernimento, dentro daquilo que são as vivências, experiências e interesses da professora estagiária.

No que respeita à aprendizagem pessoal, desenvolvida neste estágio pedagógico, tornou-se evidente a necessidade de empreender um esforço para reduzir a utilização do ensino por transmissão e promover uma maior interação com os alunos, através da formulação de questões mais objetivas e estimulando mais a sua intervenção oral, embora essa seja outra tarefa muito desafiadora, com a qual se debatem professores experientes, já que se observa uma fraca participação dos alunos, por exemplo, na colocação de questões pertinentes, sejam elas para exprimir opiniões ou dúvidas oportunas.

Na sequência das considerações feitas em 6.4.2.1. e 6.4.2.2. (avaliação de desempenho da professora estagiária) a perspectiva dos alunos foi importante, mesmo tendo em conta a falta de objetividade e alguma incongruência relativamente à avaliação das mesmas estratégias em questionários diferentes. Em futuras atividades, ligadas a projetos

educacionais, é fundamental abreviar e simplificar o discurso, restringir o ensino aos conteúdos obrigatórios e, acima de tudo, monitorizar escrupulosamente o tempo. Nesse sentido, embora as turmas sejam únicas e sempre diferentes, a comunicação oral com este público-alvo teria de passar pelo lema “menos é mais”, através de um treino mental de seleção e poder de síntese, mesmo considerando somente os conteúdos programáticos, a par com a auto-observação regular do raciocínio, de modo a manter um fio condutor coerente, sem sair das linhas de orientação estritas do currículo.

A comunicação, enquanto elemento de um ensino eficaz, terá de passar também por uma planificação mais realista das atividades letivas, tendo sempre presentes as limitações de tempo, a inexperiência na lecionação e os fatores de imprevisibilidade, intrínsecos e extrínsecos, sabendo que, ao mesmo tempo, a flexibilidade também é fundamental para proceder a reajustes e, por vezes, mudança de estratégias, em função do *feedback* dos alunos, que deveria ser recolhido pelo menos 3 vezes/ano, no final de cada período letivo.

Por outro lado, como já foi referido, constatou-se ser igualmente importante promover hábitos de estudo regular e responsabilizar os alunos, num trabalho conjunto de estreita colaboração com os encarregados de educação. Salvo algumas exceções observadas, segundo a perspetiva e as memórias da professora, os alunos evidenciam imaturidade em matéria de autonomia e responsabilidade nestes níveis de escolaridade, em relação ao que sucedia nas gerações de alunos de há 30 anos, na mesma escola, mesmo tendo consciência de se ter acompanhado uma amostra reduzida de alunos (n= 25),

Não basta ao docente distribuir tarefas, colocar-se à disposição dos alunos e aguardar entrega de trabalhos nos prazos estipulados, é necessário interpelar frequentemente os estudantes, por vezes pressioná-los e reelaborar com eles parte dos trabalhos, pelo facto de apresentarem muitos erros e lacunas. Observa-se ainda uma grande dependência de orientação e acompanhamento do professor, que sendo de esperar nos níveis do ensino básico, não se esperaria no 11.º ano de escolaridade, sobretudo tendo em conta que se trata de um ano de realização de exame nacional, cuja classificação determina, em parte, o acesso ao ensino superior. A expressão “Hoje em dia, além de muita paciência, é necessário andar com os alunos ao colo” ouve-se frequentemente nos espaços de encontro de professores, dentro e fora da escola.

A utilidade dos questionários destinados aos alunos pode ser comprometida pelo rigor de construção, pela sua qualidade enquanto instrumentos de recolha de informação, mas também pelo momento/*timing* em que são submetidos. Quando se pretendem avaliar práticas letivas de professores estagiários, os questionários devem ser preparados e

validados com maior antecedência, e devem ser preenchidos imediatamente após a leção dos blocos de aulas Biologia e de Geologia, de modo a evitar erros grosseiros de percepção/avaliação, agravados pelo esquecimento, quando já decorreu muito tempo após a leção. Deve evitar-se também a influência/interferência dos resultados obtidos em relatórios, trabalhos e testes de avaliação sumativa, sejam eles bons ou maus.

Uma das limitações no emprego destes questionários prende-se com as dificuldades de interpretação e com as conceções erradas dos alunos. No caso dos questionários preenchidos em sala esse problema pode ser prontamente atenuado, mas em inquéritos *online* isso não é possível, a menos que as questões sejam previamente apresentadas na sala de aula, de modo a poder esclarecer eventuais dúvidas.

Outra questão, que se levanta, relaciona-se com os itens de construção, já que muitos alunos não lhes respondem. Por outro lado, ao recorrer a eles, é discutível se deverão ser dados exemplos de tópicos de resposta, na medida em que podem condicionar os alunos, influenciar e enviesar os resultados. Talvez seja preferível a abertura total à livre expressão de ideias/pontos de vista, solicitando, ao mesmo tempo, uma breve justificação aos comentários, de modo a melhorar a compreensão do professor acerca das perspetivas dos alunos.

Em termos pedagógicos e didáticos, é importante que haja ponderação na articulação das diferentes estratégias, com maior investimento naquelas que os alunos classificam como mais eficazes para a sua aprendizagem (*e.g.* observação de imagens e interpretação esquemas em diapositivos, fichas de trabalho formativas, sínteses esquemáticas e resolução de exercícios), a par com a transmissão oral de conhecimentos e com o diálogo orientado.

Enquanto não se está familiarizado com o programa bienal de Biologia e Geologia do 10.º/11.º anos e não se conhecem os ritmos e as dificuldades de aprendizagem mais comuns dos alunos, não é prudente promover, durante os tempos letivos, a cultura geral científica, assim como relembrar conteúdos e a relação entre eles. Os exercícios de revisão/aplicação dos conhecimentos devem ser deixados a cargo de um professor experiente, neste caso o orientador cooperante, nos meses que antecedem o exame nacional.

Sem a integração profissional na realidade do meio escolar dificilmente haverá oportunidades de aplicar as aprendizagens desenvolvidas no âmbito da formação pedagógica do Mestrado de Ensino em Biologia e Geologia, de modo a experimentar novas estratégias de ensino-aprendizagem, ou a implementá-las e geri-las de modo diferente, de

encontro às opções didáticas que melhor servem os interesses de alunos e professores, e conduzem a uma melhoria gradual da qualidade das práticas letivas, do sucesso académico e dos níveis de qualificação dos alunos.

No mundo atual, em que a globalização crescente envolve já, praticamente, todos os setores de atividade, a mobilidade de professores portugueses entre estados europeus, e entre a Europa e outros continentes, é um caminho a considerar para os que podem e desejam fazer carreira no serviço docente, público ou privado, já que a nível nacional a capacidade de absorção de recursos humanos por escolas privadas é muito limitada. No entanto, os profissionais ligados à educação de crianças, e à educação e formação de jovens e de adultos, continuam a ter um papel imprescindível na nossa sociedade, existindo a possibilidade de desenvolver e participar em projetos educacionais diversificados, ainda que em contextos culturais, sociais e laborais distintos daqueles onde os professores obtiveram a sua formação académica.

Em Portugal mantêm-se fortes assimetrias entre o litoral e o interior, mais envelhecido e despovoado, menos dotado de infraestruturas e de meios tecnológicos. Os recentes incêndios do Verão de 2017, bem como a seca que tem vindo a afetar os setores florestal e agrícola, e seus terríveis impactos na economia, no ambiente e no bem-estar das populações, tornam clara a urgência de educar e mobilizar a população civil, desde a infância, num esforço de promoção da literacia em ciências, entre outros domínios relevantes do conhecimento, que possa, a médio/longo prazo, contribuir para a resolução de graves problemas, que persistem há décadas, e comprometem não só o património natural, mas também a subsistência das pessoas e o desenvolvimento económico do país.

De acordo com as previsões do [CEDEFOP](#), os setores florestal e agrícola, são áreas onde se prevê um aumento das oportunidades de trabalho em Portugal até 2020-2025, pelo que faz todo o sentido investir no ensino das ciências naturais, na medida em que pode gerar conhecimento e tecnologia, bem como assegurar a formação de profissionais competentes, que poderão contribuir para uma melhor exploração do potencial nacional, sobretudo num momento em que urge reflorestar e recuperar muito do que se perdeu.

A necessidade de um melhor ordenamento do território, da gestão de uso do solo e dos recursos hídricos, entre outros recursos naturais, tornam desejável o nascimento de projetos multidisciplinares, originais e inovadores, envolvendo educadores, professores e formadores, que respondam a necessidades locais concretas, e possam contribuir para a criação de emprego e fixação de adultos em idade ativa no interior do país, capazes de gerar riqueza e preservar a nossa herança comum.

Esse esforço deverá passar pela colaboração continuada entre centros de investigação, escolas e autarquias, numa ação coordenada por sucessivos governos, nacionais e regionais, em estreita proximidade com as comunidades locais, mais pequenas e mais conhecedoras das suas realidades. Esta é apenas uma das áreas de atuação em que os professores podem ter um contributo essencial. Outras áreas são, por exemplo, a promoção e ensino de hábitos de vida saudável, incluindo a nutrição, e a educação para a saúde física e mental, fora da escola, dirigida a todas as comunidades, sobretudo as mais carenciadas e esquecidas, tanto nos grandes centros urbanos, como no interior do país.

Continua a ser pertinente defender a igualdade de oportunidades de todos os cidadãos nacionais no acesso a uma educação melhor e a uma instrução de nível mais elevado, incluindo os adultos inseridos no mercado de trabalho ou em busca de novas qualificações e postos de trabalho. O investimento continuado em recursos humanos e a promoção da aprendizagem ao longo da vida poderão contribuir para a tomada de decisões mais conscientes e mais informadas, que, por sua vez, poderão facilitar a resolução dos problemas reais das pessoas, travando o fluxo de emigração, que não deve nem pode ser a solução para todas as carências do país.

Note-se que nas sociedades ditas ocidentais se tem vindo a promover os projetos educativos de envelhecimento saudável e ativo, apesar de existirem fortes assimetrias entre o norte e o sul da Europa. Na nossa cultura popular incluem-se provérbios como “Aprender até morrer” e “Nunca é tarde para aprender”. É também na crescente população idosa, ainda capaz, e nas franjas humanas, urbanas e rurais, que se pode e deve trabalhar para a melhoria das qualificações dos portugueses, de acordo com as metas do EF 2020, numa perspetiva de melhoria do bem-estar social e da qualidade de vida de todos os cidadãos nacionais.

8. Referências

- Abreu, J. A. (1996). Sobre o “De Magistro” de Santo Agostinho. *Trans/Form/Ação*, São Paulo, 19, 211-219. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/trans/v19/v19a16.pdf>
- Aguiar, C. (2013). *Botânica para ciências agrárias e do ambiente. Volume II: reprodução e evolução* (1.ª ed.). Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- Alves, L. A. M. (2012). *História da educação. Uma introdução*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Disponível em: <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/10021.pdf>
- Amborella Genome Project [AGP]. (2013). The Amborella genome and the evolution of flowering plants. *Science*, 342(6165), 1241089/1-10. doi: 10.1126/science.1241089
- Angiosperm Phylogeny Group [APG]. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 105–121. doi: 10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x
- Associação Geoparque de Arouca [AGA]. (s.d.). *Marmitas de Gigante no Rio Caima*. Disponível no website “Arouca Geopark”: <http://aroucageopark.pt/pt/conhecer/geodiversidade/geossitios/marmitas-de-gigante-no-rio-caima/>
- Barbosa, F. A. S. & Freitas, F. J. C. (s.d.). *A Didática e sua contribuição no processo de formação do professor*, 1-13. Disponível em: http://fapb.edu.br/media/files/35/35_1939.pdf
- Barreto, A. (2005). Mudança social em Portugal, 1960 - 2000. In A. C. Pinto (Ed.), *Portugal Contemporâneo* (pp. 137-162). Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Becker, B., & Marin, B. (2009). Streptophyte algae and the origin of embryophytes. *Annals of Botany*, 103(7), 999–1004. doi: 10.1093/aob/mcp044
- Benton, M. J. (2010). *Breve história da vida* (1.ª ed.). Alfragide: Texto Editores.
- Bennici, A. (2008). Origin and early evolution of land plants: problems and considerations. *Communicative & Integrative Biology*, 1(2), 212–218. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2686025/>
- Bower, F. O. (1908). *The origin of a land flora: a theory based upon the facts of alternation*. New York, USA: Macmillan. Disponível em: <https://archive.org/details/originoflandflor00bowerich>
- Britannica. (1998, July). *Wolfgang Ratke*. In *Encyclopædia Britannica* (Eds.). Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Wolfgang-Ratke>
- Buerki, S., Forest, F., & Alvarez, N. (2014). Proto-south-east Asia as a trigger of early angiosperm diversification. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 174(3), 326–333. doi: 10.1111/boj.12129
- Butterfield, N. J. (2000). *Bangiomorpha pubescens* n. gen., n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity, and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of eukaryotes. *Paleobiology*, 26(3), 386-404. Disponível em: <http://img.algaebase.org/pdf/AC100CF316a8734043nPXq2B4E75/386.pdf>

- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Winickoff, B., & Jackson, R. B. (2008). *Biology* (8th ed.). San Francisco, CA, USA: Pearson Benjamin Cummings.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2011). *Biology* (9th ed.). San Francisco, CA, USA: Pearson Benjamin Cummings.
- Candeias, A. & Simões, E. (1999). Alfabetização e escola em Portugal no século XX: censos nacionais e estudos de caso. *Análise Psicológica*, 1(XVII), 163-194.
Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/pdf/aps/v17n1/v17n1a17.pdf>
- Candeias, A. (2010). Modernidade e cultura escrita nos séculos XIX e XX em Portugal: população, economia, legitimação política e educação. *Educação, Sociedade & Cultura*, 31, 143-196.
Disponível em: http://www.fpce.up.pt/ciie/revistaesc/ESC31/ESC31_Arquivo_143-196.pdf
- Carvalho, A. M. Galopim de (2003). *Geologia Sedimentar. Volume I - Sedimentogénese*. Lisboa: Âncora Editora.
- Carvalho, A. M. Galopim de (2005). *Geologia Sedimentar. Volume II - Sedimentologia*. Lisboa: Âncora Editora.
- Carvalho, A. M. Galopim de (2006). *Geologia Sedimentar, Volume III - Rochas Sedimentares*. Lisboa: Âncora Editora.
- Carvalho, A. M. Galopim de (2011). *Dicionário de Geologia*. Lisboa: Âncora Editora.
- Catarino, F. (2011). Evolução das Angiospérmicas. In M. A. Martins-Loução (Coord.), *A aventura da Terra: um planeta em evolução* (pp. 107-114). Lisboa: Esfera do Caos Editores.
- Centro Europeu para o Desenvolvimento da Formação Profissional [CEDEFOP] / European Centre for the Development of Vocational Training. (2010). *Skills supply and demand in Europe: medium-term forecast up to 2020*. Pub. 3052. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Disponível em: <http://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/publications/3052>
- CEDEFOP. (2011). *Quais serão as futuras competências exigidas no mercado de trabalho europeu?* Nota informativa 9059 PT. Luxemburgo: Serviço de Publicações da União Europeia. doi: 10.2801/54253
- CEDEFOP. (2012). *O desafio da Europa em matéria de competências. Procura de competências inferior aumenta risco de desajuste de competências*. Nota informativa 9068. Luxemburgo: Serviço de Publicações da União Europeia. doi: 10.2801/66283
- CEDEFOP. (2013). *Vias para a retoma: três cenários de competências e mercado de trabalho para 2025*. Nota informativa 9081 PT. Luxemburgo: Serviço de Publicações da União Europeia. doi: 10.2801/33247
- CEDEFOP. (2015a). *CEDEFOP'S Skills supply and demand: forecast scenario 2015-25. Portugal: Skills forecasts up to 2025*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Disponível em: <http://www.cedefop.europa.eu/printpdf/publications-and-resources/country-reports/portugal-skills-forecasts-2025>

- CEDEFOP. (2015b). *O regresso desigual da Europa ao crescimento do emprego: previsões até 2025 apontam para diferenças significativas na oferta e procura de competências nos Estados-Membros*. Nota informativa 9098 PT. Luxemburgo: Serviço de Publicações da União Europeia. doi: 10.2801/060498
- CEDEFOP. (2017). *Skills Panorama*. Disponível em: <http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/en>
- Chanderbali, A. S., Berger, B. A., Howarth, D. G., Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2016). Evolving ideas on the origin and evolution of flowers: new perspectives in the Genomic Era. *Genetics*, 202(4), 1255-1265. doi: 10.1534/genetics.115.182964
- Christenhusz, M. J. M., Zhang, X., & Schneider, H. (2011). A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19(1), 7-54. doi: 10.11646/phytotaxa.19.1.2
- Christenhusz, M. J. M. & Chase, M. W. (2014). Trends and concepts in fern classification. *Annals of Botany*, 113(4), 571–594. doi: 10.1093/aob/mct299
- Christenhusz, M. J. M., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa (Magnolia Press)*, 261(3), 201–217. doi:10.11646/phytotaxa.261.3.1.
- Comenius, I. A. (1592-1670). *Didactica Magna (1621-1657)*. Introdução, Tradução e Notas de Joaquim Ferreira Gomes. (2001). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian [e-book]. Disponível em <http://www.ebooksbrasil.org/eLibris/didaticamagna.html>
- Coménio, J. A. (2006). *Didática Magna: Tratado da arte de ensinar tudo a todos* (5.ª ed.). Introdução, Tradução e Notas de Joaquim Ferreira Gomes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Comissão Europeia [COM]. (2007). *Melhorar a qualidade da formação académica e profissional dos docentes*. Comunicação da Comissão Europeia ao Conselho e ao Parlamento Europeu. COM(2007) 392 final. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0392&from=PT>
- COM. (2010). EUROPA 2020. *Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo*. COM(2010) 2020 final. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:pt:PDF>
- COM. (2012a). *Rethinking Education: Investing in skills for better socio-economic outcomes*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2012) 669 final. Disponível em: www.cedefop.europa.eu/files/com669_en.pdf
- COM. (2012b). *Repensar a educação - investir nas competências para melhores resultados socioeconómicos*. Comunicação da Comissão Europeia ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Estrasburgo. COM(2012) 669 final e Anexos. Disponível em: www.cedefop.europa.eu/files/com669_en.pdf
- COM. (2012c). *Repensar a educação - investir nas competências para melhores resultados socioeconómicos*. Comunicado de Imprensa IP-12-1233. Bruxelas/Estrasburgo, 20 de novembro de 2012. Disponível em: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1233_pt.htm

- COM. (2012d). *Repensar a educação - investir nas competências para melhores resultados socioeconómicos*. Documento 52012DC0669. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX%3A52012DC0669>
- COM. (2012e). *Análise Anual do Crescimento 2013*. Comunicação da Comissão. COM(2012) 750 final. Disponível em: <http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/files/download/082dbcc53af8a9ca013b61203f702709.do>
- COM, DG EAC (2012f). *Repensar a Educação e Portugal* [Folheto informativo]. Bruxelas: Serviço de Publicações da Comissão Europeia. Disponível em: http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/repository/languages/policy/strategic-framework/documents/rethinking-leaflet/portugal-rethinking-100913_pt.pdf
- COM Staff Working Document [SWD]. (2012). *Rethinking Education – country analysis, 2012*. SWD(2012) 377 final. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1389778258973&uri=CELEX:52012SC0377>
- COM/Education, Audiovisual and Culture Executive Agency [EACEA] / Eurydice. (2013). *Números-Chave sobre os Professores e os Dirigentes Escolares na Europa. Relatório Eurydice*. Edição Portuguesa de 2013. Luxemburgo: Serviço de Publicações da União Europeia. Disponível em: http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/key_data_series/151PT.pdf
- COM/EACEA/Eurydice. (2015). *The teaching profession in Europe: practices, perceptions, and policies. Eurydice Report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Disponível em: http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/184EN.pdf
- COM. (2016a). *A new skills agenda for Europe: working together to strengthen human capital, employability and competitiveness*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, COM(2016)381 final. Disponível em: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-381-EN-F1-1.PDF>
- COM. (2016b). *Agenda de Competências para a Europa*. Comunicado de Imprensa IP-16-2039. Bruxelas, 10 de junho de 2016. Disponível em: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-2039_pt.pdf
- COM. (2016c). *10 actions to help equip people in Europe with better skills – frequently asked questions* [Fact sheet]. Disponível em: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-2020_en.htm
- COM. (2016d). *10 ações para melhorar as competências dos cidadãos europeus – perguntas mais frequentes* [Ficha informativa]. Disponível em: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-2020_pt.htm
- COM. (2016e). *Uma Nova Agenda de Competências para a Europa: Trabalhar em conjunto para reforçar o capital humano, a empregabilidade e a competitividade*. Documento 52016DC0381. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0381>
- Conselho Nacional da Educação [CNE]. (2011). *Estado da Educação 2011. A Qualificação dos Portugueses*. Lisboa: Autor. Disponível em: http://www.cnedu.pt/content/edicoes/estado_da_educacao/Estado_da_Educacao_2011.pdf
- CNE. (2014). *Estado da Educação 2014*. Lisboa: Autor. Disponível em: http://www.cnedu.pt/content/edicoes/estado_da_educacao/Estado_da_Educa%C3%A7%C3%A3o_2014_VF.pdf

- CNE. (2016a, fevereiro 13). Lei de Bases do Sistema Educativo. *CNE Notícias*. Disponível em: <http://www.cnedu.pt/pt/noticias/cne/1039-lei-de-bases-do-sistema-educativo>
- CNE. (2016b). *Recomendação sobre a condição docente e as políticas educativas*. Lisboa: Autor. Disponível em: http://www.cnedu.pt/content/noticias/CNE/Recomendacao_Condicao_Docente_final.pdf
- Costa, J. B. (2010). *Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico* (12^a ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Cracraft, J., & Donoghue, M. J. (2004). Assembling the Tree of Life: where we stand at the beginning of the 21st century. In J. Cracraft & M. J. Donoghue (Eds.), *Assembling the Tree of Life* (pp. 553-561). New York, USA: Oxford University Press. Disponível em: http://phylodiversity.net/donoghue/publications/MJD_papers/2004/139_Cracraft_Assembling04.pdf
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. New York, USA: Columbia University Press.
- Cronquist, A. (1988) [1968]. *The evolution and classification of flowering plants* (2nd ed.). Bronx, NY, USA: New York Botanical Garden.
- Cunha, L. (2003). Maciço de Sicó. Valorização dos recursos naturais e criação de emprego a nível local. In L. Caetano (Coord.), *Territórios, do global ao local e trajetórias de desenvolvimento* (pp. 185-198). Coimbra: Centro de Estudos Geográficos de Coimbra (CEGC). Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/12120/1/sico.pdf>
- Cunningham, B. (1917). Sexuality of filament of Spirogyra. *Botanical Gazette* 63(6), 486-500. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/2469611?seq=1#page_scan_tab_contents
- Darwin, F., & Seward, A. C. (Eds.). (1903). *More letters of Charles Darwin: a record of his work in a series of hitherto unpublished letters. Volume 2*. London, UK: John Murray. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?pageseq=42&itemID=F1548.2&viewtype=side>
- De Clerck, O., Bogaert, K. A., & Leliaert, F. (2012). Diversity and evolution of algae: primary endosymbiosis. *Advances in Botanical Research*, 64, 55-86.
- Departamento de Ciências da Terra [DCT] - Universidade do Minho [UMinho]. (s.d.). *Aspetos Geológicos e Geomorfológicos do Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG)*. Disponível no website "DCT-UMinho": http://www.dct.uminho.pt/pnpg/enq_geol.html
- Departamento do Ensino Secundário-Ministério da Educação [DES-ME]. (2001). *Programa de Biologia e Geologia 10º ou 11º anos do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Lisboa: Autor.
- DES-ME. (2003). *Programa de Biologia e Geologia, 11º ano, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Lisboa: Autor. Disponível em: <http://goo.gl/hlOkBE> (URL curto)
- Dias, J. A. (2004). *A Análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos. Uma introdução à Oceanografia geológica. Versão preliminar*. Faro: Universidade do Algarve [e-books]. Disponíveis em: http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Sedim/SedimA_intr.pdf
http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb_Sediment.html
http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Sedim/SedimB_AG.pdf.
- Dias, A. G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2008). *Geologia 11. Livro do Professor. Biologia e Geologia 11 - 11.º Ano*. Porto: Areal Editores.

- Díaz Maggioli, G. (2012). *Introduction to Didactics: self-access booklets for student-teachers at the CFE*. Montevideo, Uruguay: National Administration of Public Education. Disponível em: http://www.doscubos.com/clientes/guiasfinal/didactica_internas.pdf
- Dicionário infopédia da Língua Portuguesa - Porto Editora. (2003-2017). *Didática*. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/didática>
- Dicionário infopédia da Língua Portuguesa - Porto Editora. (2003-2017). *Pedagogia*. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/pedagogia>
- Dicionário infopédia da Língua Portuguesa - Porto Editora. (2003-2017). *Prensa de Gutenberg*. Disponível em: [https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$prensa-de-gutenberg](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$prensa-de-gutenberg)
- Dicionário infopédia da Língua Portuguesa - Porto Editora. (2003-2017). *Secularização*. Disponível em: [https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$secularizacao](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$secularizacao)
- Direção-Geral da Educação/Ministério da Educação [DGE-ME] - Juri Nacional de Exames [JNE]. (2015). *Processo de Avaliação Externa da Aprendizagem - Provas Finais de Ciclo e Exames Nacionais 2015*. Disponível em: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/JNE/relatorio_anual_do_jne_2015.pdf
- Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência [DGEEC], Direção de Serviços de Estatísticas da Educação [DSEE], Divisão de Estatísticas do Ensino Básico e Secundário [DEEBS]. (2014). *Educação em Números. Portugal 2014*. Lisboa: DGEEC. Disponível em: [http://www.dgeec.mec.pt/np4/96/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=145&fileName=DGEEC_DSEE_DEEBS_2014_EducacaoEmNumeros.pdf](http://www.dgeec.mec.pt/np4/96/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=145&fileName=DGEEC_DSEE_DEEBS_2014_EducacaoEmNumeros.pdf)
- Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular - Ministério da Educação. [DGIDC-ME]. (2006). *Programa de Geologia 12º Ano. Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Lisboa: Autor.
- Doyle, J. A., & M. J. Donoghue. (1986). Seed plant phylogeny and the origin of the angiosperms: an experimental cladistic approach. *The Botanical Review*, 52(4), 321–431. Disponível em: http://phylodiversity.net/donoghue/publications/MJD_papers/1986/016_Doyle_BotRev86.pdf
- Earle, C. J. (1997-2017). *The Gymnosperm Database* [GDB]. Disponível em: <http://www.conifers.org/>
- Earthlearningidea [ELI]. (2016). *James Hutton - or 'Mr. Rock Cycle'? Thinking towards the rock cycle, the Hutton way*. Disponível em: http://www.earthlearningidea.com/PDF/93_James_Hutton.pdf
- Edwards, D., & Kenrick, P. (2015). The early evolution of land plants, from fossils to genomics: a commentary on Lang (1937) 'On the plant-remains from the Downtonian of England and Wales'. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B Biological Sciences*, 370(1666), 1-12 / 20140343. doi: 10.1098/rstb.2014.0343
- Endress, P. K., & Igersheim, A. (2000) The reproductive structures of the basal angiosperm *Amborella trichopoda* (Amborellaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 161(S6), S237–S248. doi: 10.1086/317571
- Farjo, A. (1985 – 2017). *Conifers of the world database. Resources for Conifer research*. Department of Plant Sciences. Oxford, UK: University of Oxford. Disponível em: <http://herbaria.plants.ox.ac.uk/bol/conifers>

- Ferreira, A. G., & Mota, L. (2010). Educação e formação de professores do ensino secundário na Primeira República. *Exedra - Revista Científica da ESEC*, 4, 33 - 48. Disponível em: http://www.exedrajournal.com/docs/N4/04A-luis_mota_pp_33-48.pdf
- Ferreira, A. G. & Mota, L. (2013). A formação de professores do ensino secundário em Portugal no século XX. *Revista de Educação PUC-Campinas*, 18(1), 115-123. Disponível em: http://biblioteca.esec.pt/cdi/ebooks/docentes/L_Mota/form_prof_ens_sec_campinas.pdf
- Ferreira, M. L./Agência Lusa. (2016, agosto 5). Exames Nacionais. Chumbos aumentam no básico e secundário. In *Observador*. Disponível em: <http://observador.pt/2016/08/05/exames-nacionais-chumbos-aumentam-no-basico-e-secundario/>
- Fichter, L. (2014). *A plate tectonic rock cycle*. Disponível no website STRATA [SEPM's Stratigraphy], Society for Sedimentary Geology: <http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=624>
- Fraser, W. T., Scott, A. C., Forbes, A. E., Glasspool, I. J., Plotnick, R. E., Kenig, F., & Lomax, B. H. (2012). Evolutionary stasis of sporopollenin biochemistry revealed by unaltered Pennsylvanian spores. *New Phytologist*, 196(2), 397-401. doi:10.1111/j.1469-8137.2012.04301.x
- Friedman W. E. (2009). The meaning of Darwin's "abominable mystery". *American Journal of Botany*, 96(1), 5-21. doi: 10.3732/ajb.0800150
- Friis, E. M., Pedersen, K. R., & Crane, P. R. (2010). Diversity in obscurity: fossil flowers and the early history of angiosperms. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B Biological Sciences*, 365(1539), 369–382. doi: 10.1098/rstb.2009.0227
- Futuyma, D. J. (2009). *Evolution* (2nd ed.). Sunderland, Massachusetts, USA: Sinauer.
- Gaitas, S., & Castro Silva, J. (2010). "Bons Professores" e "Boas "Práticas Pedagógicas": a visão de professores e alunos dos 2º e 3º Ciclos. Actas do VII Simpósio Nacional de Investigação em Psicologia. Universidade do Minho, Braga, 4 - 6 de Fevereiro de 2010.
- Gensel, P. G. (2008). The earliest land plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39(1), 459–477. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173526>
- Gerrienne, P., & Genez, P. (2011). Early evolution of life cycles in embryophytes: A focus on the fossil evidence of gametophyte/sporophyte size and morphological complexity. *Journal of Systematics and Evolution*, 49(1), 1-16. doi: 10.1111/j.1759-6831.2010.00096.x
- Gilbert, S. F.(2000). *Developmental Biology* (6th ed.). Sunderland, MA, USA: Sinauer.
- Gomes, J. F. (2001). *Novos Estudos de História da Educação*. Coimbra: Quarteto Editora.
- Gonçalves, M. F. M. (1998). *Comenius e a internacionalização do ensino*. Disponível em: <http://www.ipv.pt/millennium/fgon%C3%A711.htm>
- Grotzinger, J., & Jordan, T. H. (2010). *Understanding Earth* (6th ed.). New York, USA: W. H. Freeman and Company.
- Guiry, M. D. (2013). Taxonomy and nomenclature of the Conjugatophyceae (= Zygnematophyceae). *Algae*, 28(1), 1-29. <https://doi.org/10.4490/algae.2013.28.1.001>

- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2016). *AlgaeBase. World-wide electronic publication*. Galway, Ireland: National University of Ireland. Disponível em: <http://www.algaebase.org>
- Gumus, E. (2016). Explore the Kula UNESCO Global Geopark. *European Geoparks Magazine* (EGM), 13, p. 42. Disponível em: <http://www.troodos-geo.org/upload/20160307/1457358439-30012.pdf>
- Haig, D. (2008). Homologous versus antithetic alternation of generations and the origin of sporophytes. *The Botanical Review*, 74(3), 395-418. doi:10.1007/s12229-008-9012-x
- Hoff, S. (2004). Fundamentos filosóficos dos livros didáticos elaborados por Ratke, no século XVII. *Revista Brasileira de Educação*, 25, 143-155. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n25/n25a12.pdf>
- Hoff, S. (2013). Instrumentos do trabalho didático na Nova Arte de ensinar de Ratke: um projeto constituído para a reforma da educação e da sociedade. *Cadernos de História da Educação*, 12(1), 59-80. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/che/article/download/22917/12486>
- Hsu, C. (2013, December 19). The origin of flowers: DNA of storied plant could help solve "Darwin's abominable mystery". *The University at Buffalo, Science News*. Disponível em: <http://www.buffalo.edu/news/releases/2013/12/027.html>
- Ikegaya, H., Nakase, T., Iwata, K., Tsuchida, H., Sonobe, S., & Shimmen, T. (2012). Studies on conjugation of *Spirogyra* using monoclonal culture. *Journal of Plant Research*., 125(3), 457-464. doi: 10.1007/s10265-011-0457-3
- Inspecção-Geral da Educação e Ciência [IGEC]. (2015). *Avaliação Externa das Escolas. Área Territorial de Inspecção do Centro. Relatório do Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste 2014-2015*. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência [MEC]. Disponível em: http://www.ige.min-edu.pt/upload/AEE_2015_Centro/AEE_2015_AE_Coimbra_Oeste_R.pdf
- Instituto de Avaliação Educativa, I. P. [IAVE]. (2016). *Relatório Nacional PISA 2015 – Portugal. Volume I- Literacia científica, literacia de leitura & literacia matemática*. Lisboa: Autor. Disponível em: http://www.iave.pt/np4/file/310/Relatorio_PISA2015.pdf
- IAVE. (2017). *Exames Finais Nacionais - Ensino Secundário. Relatório Nacional: 2010-2016*. Lisboa: Autor. Disponível em: http://www.iave.pt/np4/file/337/Relat_ES_2010_2016_LV.PDF
- Jesus, P. (2016, julho 13). Exames Nacionais: Médias caem e número de "chumbos" sobe a Português e Matemática. *Diário de Notícias*. Disponível em: <http://www.dn.pt/portugal/interior/exames-nacionais-medias-caem-e-numero-de-chumbos-sobe-a-portugues-e-matematica-5281955.html>
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens P. F., & Donoghue, M. J. (2007). *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach* (3rd ed.) Sunderland, MA, USA: Sinauer.
- Justino, D. (2014). Escolaridade obrigatória: entre a construção retórica e a concretização política. In M. de L. Rodrigues (Coord.), *40 anos de Políticas de Educação em Portugal. Vol. 1, A construção do sistema democrático de ensino* (pp. 109-129). Coimbra: Edições Almedina.
- Justino, D. (s.d.). Escolaridade obrigatória: entre a construção retórica e a concretização política. Texto de apoio disponível em: <http://sociologia.davidjustino.com/wp-content/uploads/2014/11/escolaridade-obrigat%C3%B3ria.pdf>
- Justino, D. (2016). *Fontismo: liberalismo numa sociedade iliberal*. Alfragide: Publicações D. Quixote - Leya.

- Kennedy, B. K. (2013, December 19). The Origin of Flowers: DNA Study Provides Insight into the Evolution of Food Crops and Other Flowering Plants. *The Penn State Science News*. Disponível em: <http://science.psu.edu/news-and-events/2013-news/dePamphilis12-2013-2>
- Kenrick P., & Crane P. R. (1997a). The origin and early evolution of plants on land. *Nature*, 389(6646), 33–39. Disponível em: <http://biology.kenyon.edu/courses/biol112/Biol112WebPage/Syllabus/Topics/Week%207/land%20plants.pdf>
- Kenrick, P., & Crane P. R. (1997b). *The Origin and early diversification of land plants: a cladistic study*. Washington DC, USA: Smithsonian Inst. Press.
- Leiria, I. (2017, julho 13). Médias sobem na maioria dos exames do secundário. *Expresso*. Disponível em: <http://expresso.sapo.pt/sociedade/2017-07-13-Medias-sobem-na-maioria-dos-exames-do-secundario>
- Leliaert, F., Smith, D., R. Moreau, H., Herron, M. D., Verbruggen, H., Delwiche, C. F., & De Clerck, O. (2012) Phylogeny and Molecular Evolution of the Green Algae. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31, 1-46. doi: 10.1080/07352689.2011.615705
- Lewis, L. A., & Mccourt, R. M. (2004). Green algae and the origin of land plants. *American Journal of Botany*, 91(10), 1535–1556. Disponível em: <http://www.amjbot.org/content/91/10/1535.full.pdf>
- Libâneo, J. C. (2002). *Didática: velhos e novos temas*. Goiânia, Brasil: Autor. Disponível em: http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/scorm/Jose_Carlos_Libaneo_-_Livro_Didatica_Lib_oneo_1_.pdf
- Lopes, M. A./Agência Lusa. (2015, agosto 4). Biologia sobe média na 2.ª fase, Português e Matemática abaixo dos 10 valores. In *Observador*. Disponível em: <http://observador.pt/2015/08/04/biologia-sobe-media-na-2-fase-portugues-matematica-dos-10-valores/>
- Mable, B. K., & Otto, S. P. (1998). The evolution of life cycles with haploid and diploid phases. Review articles. *BioEssays*, 20(6), 453–462. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.150.2783&rep=rep1&type=pdf>
- Mackean, D. G., & Mackean, I. (2014a). Fungi. Teaching Notes and Drawings. In *Resources for GCSE/IGCSE Biology Teaching*. Disponível em: <http://www.biology-resources.com/fungi.html>
 1. Rhizopus: <http://www.biology-resources.com/documents/fungi-1-rhizopus.doc>
 2. Rhizopus Reproduction: <http://www.biology-resources.com/images/fungi-p2.jpg>
- Mackean, D. G., & Mackean, I. (2014b). Spirogyra, an introduction. In *Resources for GCSE/IGCSE Biology Teaching*. Disponível em: <http://www.biology-resources.com/spirogyra-01.html>
 1. Spirogyra Structure: <http://www.biology-resources.com/documents/spirogyra-1.doc>
 2. Spirogyra Conjugation: <http://www.biology-resources.com/documents/spirogyra-2.doc>
- Madeira, A. I. (2013). A formação e desenvolvimento dos sistemas nacionais de ensino e os novos modos de regulação educativa. Workshop em “*Sociologia e História da Educação*” realizado a 15 de fevereiro de 2013, na Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. Disponível em: <http://sociologia.davidjustino.com/?p=556>

- Marques, C., Barata, C., Morgado, A., Magalhães, P., Abrantes, I., & Gomes, C. R. (2014). O Berço da Escola Secundária D. Duarte. Na sombra da “Crise Académica de 69”. Painel apresentado no *II Colóquio de História da Ciência para o Ensino*, realizado em Outubro de 2014, no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra.
- Martinho, A. M. M. (2000). A História da Educação na formação de professores. *Máthesis* 9, 279-296. Disponível em: http://www4.crb.ucp.pt/Biblioteca/Mathesis/Mat9/mathesis9_279.pdf
- Martins, E., & Silveira, P. (2008). *As glaciações e a flora da Serra da Estrela*. Trabalho elaborado no âmbito do Projeto *Ciência Viva - Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica*. Aveiro: Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro. Disponível em: <http://www.cienciaviva.pt/veraocv/2009/downloads/Gui%C3%A3o%20Biologia%20no%20Ver%C3%A3o%20Serra%20Estrela.pdf>.
- Massachusetts Institute of Technology [MIT]. (2007). Stratigraphy. In *Earth atmospheric and planetary sciences. Sedimentary geology* [lecture notes]. Disponível em: <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-110-sedimentary-geology-spring-2007/lecture-notes/ch8.pdf>
- Matias, O., & Martins, P. (2008). *Biologia 11. Livro do Professor. Biologia e Geologia 11 - 11.º Ano*. Porto: Areal Editores.
- Matias, O., & Martins, P. (2008). *Geologia 11. Livro do Professor. Biologia e Geologia 11 - 11.º Ano*. Porto: Areal Editores.
- McCourt, R. M., Delwiche, C. F., & Karol, K. G. (2004). Charophyte algae and land plant origins. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(12), 661–666. doi:10.1016/j.tree.2004.09.013
- Meiklejohn, J., Phillips C., Freedman, M. L.; Griffin, M. L., Biegel, G., Roach A., ...Saltzman, A. (2012). Integrating Mindfulness Training into K-12 Education: Fostering the Resilience of Teachers and Students. *Mindfulness*, 3(4), 291–307. doi: 10.1007/s12671-012-0094-5
- Melo, I., Sérgio, C., & Sim-Sim, M. (2011). Conquista do meio terrestre. Plantas. In M. A. Martins-Loução (Coord.), *A aventura da Terra. Um planeta em evolução* (pp. 87-90). Lisboa: Esfera do Caos Editores.
- Mendes, M. M., Grimm, G. W., Pais, J., & Friis, E. M. (2014). Fossil *Kajanthus lusitanicus* gen. et sp. nov. from Portugal: floral evidence for Early Cretaceous Lardizabalaceae (Ranunculales, basal eudicot). *Grana*, 53(4), 283-301. doi:10.1080/00173134.2014.932431
- Micael, M. (2016, julho 13). Ensino Secundário: médias dos exames baixam a Matemática e a Português. *tvi24iol*. Disponível em: <http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/13-07-2016/ensino-secundario-medias-dos-exames-baixam-a-matematica-e-a-portugues>
- Ministério da Educação de Portugal [MEP], & Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura [OEI]. (2003). *Breve evolução histórica do sistema educativo. Sistema educativo nacional de Portugal*. Disponível em: <http://www.oei.es/quipu/portugal/historia.pdf>
- Moreira, C. (2012). Ciclo de vida haplodiplonte. *WikiCiências*, 3(01), 442. Disponível em: http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Haplodiplonte_-_Ciclo_de_Vida
- National Geographic Society [NGS]. (1996-2016). *Caves. Underground Chambers*. Disponível no *website* da “National Geographic Society Science”: <http://science.nationalgeographic.com/science/earth/surface-of-the-earth/caves-article.html>

- NGS. (1996-2016). *Karst*. Disponível no *website* da “National Geographic Society Encyclopedia”: <http://nationalgeographic.org/encyclopedia/karst/>.
- NGS. (1996-2016). *Škocjan Caves, Slovenia*. Disponível no *website* da “National Geographic Society Travel”: <http://travel.nationalgeographic.com/travel/365-photos/skocjan-caves-slovenia/>
- Neves, S. G., & Gasparin, J. L. (s.d.). *Os princípios fundamentais de Ratke e Comênio para a universalização do ensino escolar* (pp-1-17). Disponível em: http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/seminario/seminario8/_files/J15zfbID.doc
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy* (2nd ed.). West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- Noblin, R., Westbrook, L. A., & Dumais, J. (2012). The fern sporangium: a unique catapult. *Science*, 335(6074),1322. doi:10.1126/science.1215985
- Oerbaeck, K. (s.d.). *Didactics and Didactisizing*, 1-25. Center on English Learning and Achievement (CELA), School of Education - Albany University. Disponível em: <http://www.albany.edu/cela/publication/article/Didactics.pdf>
- Oliveira, L. A. de, & Gomes, M. C. (2010). Resenha: Ratke, Wolfgang. Escritos sobre A Nova Arte de Ensinar de Wolfgang Ratke (1571 –1635): textos escolhidos. Apresentação, tradução e notas de Sandino Hoff. Campinas, SP: Autores Associados, 2008 (Coleção Clássicos da Educação). *Publicatio Universidade Estadual de Ponta Grossa: Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes*, 18(1), 76-79. doi: 10.5212/PublicatioHum.v.18i1.00009
- Oliveira, S. R. (2011, dezembro 30). Corpo docente está a envelhecer e desfasamento etário é preocupante. *Portal Educare*. Disponível em: <http://www.educare.pt/noticias/noticia/ver/?id=14796&langid=1>
- Ornstein, A. C., Levine, D. U., Gutek, G., & Vocke, D. E. (2017). *Foundations of Education* (13th ed.). Boston, USA: Cengage Learning.
- Otto, S. P., & Gerstein, A. C. (2008). The evolution of haploidy and diploidy. *Current Biology*: 18(24), R1121-1124. doi: 10.1016/j.cub.2008.09.039
- Pérez, B. E., de Atauri, I. D., & Bujalance, R. M. (2011). Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. In J. L. Viejo (Ed.), *Biodiversidad. Aproximación a la diversidad botánica y zoológica de España* (pp. 19-73). Madrid, Espanha: Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, 2^a Época, Tomo IX. Disponível em: <http://historia.bio.ucm.es/rsehn/cont/publis/boletines/127.pdf>.
- Pimentel, N. (2011). O Carbónico. O período do carvão. In M. A. Martins-Loução (Coord.), *A aventura da Terra. Um planeta em evolução* (pp. 95-100). Lisboa: Esfera do Caos Editores.
- Pimm, S. L., & Joppa, L. N. (2015). How many plant species are there, where are they, and at what rate are they going extinct? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 100(3), 170–176. <http://dx.doi.org/10.3417/2012018>
- Press, F., Siever, R., Groetzing, J., & Jordan, T. H. (2004). *Para Entender a Terra* (5.^a ed.). Porto Alegre/São Paulo, Brasil: Artmed Editora.
- Rabecq, M.-M. (1957, November). John Amos Comenius. Apostle of modern education & world understanding. *The UNESCO Courier*, 11, 4-15. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0006/000679/067956eo.pdf>

- Ramos, R. (1988). Culturas da alfabetização e culturas do analfabetismo em Portugal: uma introdução à história da alfabetização em Portugal. *Análise Social*, XXIV(103-104), 1067-1145. Disponível em: <http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/1223032571Q0nUJ7tv8Sg03SR3.pdf>
- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2005). *Biology of plants* (7th ed.). New York, USA: W. H. Freeman.
- Ribeiro, A. C., & Ribeiro, L. C. (1990). *Planificação e avaliação do ensino-aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Ribeiro, M. M. T. (1999). Livros e leituras no século XIX. *Revista de História das Ideias*, 20, 187-227. Coimbra: Universidade de Coimbra. Disponível em: http://www.uc.pt/fluc/ihti/rhi/vol20/pdfs/07_mrbeiro.pdf
- Ribeiro, C. (2001). Estratégias de estudo e aprendizagem: um contributo para a sua compreensão, *Máthesis*, 10, 235-257. Disponível em: http://www4.crb.ucp.pt/Biblioteca/Mathesis/Mat10/mathesis10_235.pdf
- Ribeiro, A. (2011). Deriva dos Continentes. In M.A. Martins-Loução (Coord.), *A aventura da Terra. Um planeta em evolução* (pp. 31-36). Lisboa: Esfera do Caos Editores.
- Ribeiro, L. C. (2015). Contributo para uma visão global dos pavimentos de mosaico da villa romana de Santiago da Guarda, Ansião. Actas do *Encontro Portugal-Galiza: Mosaicos Romanos Fragmentos de Cultura nas Proximidades do Atlântico* (pp. 71-91). Santiago de Compostela, Espanha. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/15672/1/ACTAS%20Encontro%20Mosaicos%20Portugal-Galiza.pdf>
- Rocha, P. (2013). *Marmitas litorais*. Disponível no website “Geologia da Praia de Lavadores, Vila Nova de Gaia”: <http://geopraialavadores.jimdo.com/geomorfologia/marmitas-litorais/>
- Rodrigues, J., & de Carvalho, C. (2012). Património geomorfológico da vertente meridional da Serra da Gardunha (Castelo Branco): potencialidades e ameaças. *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*. VII, 61-70. Disponível em: <http://www.naturtejo.com/ficheiros/conteudos/files/Rodrigues%20&%20Neto%20de%20Carvalho%202012.pdf>
- Rubinstein C. V, Gerrienne, P., de la Puente G. S., Astini, R. A., & Steemans, P. (2010). Early Middle Ordovician evidence for land plants in Argentina (eastern Gondwana). *The New Phytologist*, 188(2), 365–369. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03433.x.
- Sadler, J. E. (2007). *J. A. Comenius and the concept of universal education*. New York, USA: Routledge.
- Schlumberger Oilfield Glossary [SOG]. (2016). *Udden-Wentworth Scale*. Disponível no website da “Schlumberger Limited”: http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/u/udden-wentworth_scale.aspx
- Scottish Enlightenment. (s.d.). *James Hutton, geologist (1726 - 1797)* [Video]. Disponível em: <http://www.sath.org.uk/edscot/www.educationscotland.gov.uk/scottishenlightenment/jameshutton/index.html>
- Sem, E., Gumus, E., Zouros, N., Cubukcu, H. E., & Ulusoy, I. (2014). *Kula Volcanic Geopark – A unique intersection of man and volcanoes*. Resumo da comunicação oral apresentada na 8.^a Conferência “Cities on Volcanoes 8” (CoV8), realizada na Universidade de Jacarta, em Setembro de 2014, Java, Indonésia. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282698546_Kula_Volcanic_Geopark_-_A_unique_Intersection_of_Man_and_Volcanoes

- Sequeira, M. M. de, Espírito-Santo, D., Aguiar, C., Capelo, J. & Honrado, J. (Coords.). (2011). *Checklist da Flora de Portugal (Continental, Açores e Madeira)*. Disponível em: http://bibdigital.rjb.csic.es/PDF/Sequeira_y_al_Checklist_Flora_Portugal_2011.pdf
- Sérgio, C., Garcia, C. A., Sim-Sim, M., Vieira, C., Hespanhol, H. & Stow, S. (2013). Checklist dos Brófitos de Portugal Continental. In *Atlas e Livro Vermelho dos Briófitos Ameaçados de Portugal*. Disponível em <http://gbifipt.museus.ul.pt/ipt/resource.do?r=checklistbryo>
- Silva, A. Dias da, Santos, M. E., Gramaxo, F., Mesquita, A. F., Baldaia, L., & Félix, J. M. (2008). *Terra, Universo de Vida - 2.ª parte, Geologia*. Porto: Porto Editora.
- Skinner, B., & Porter, S. (1995). *The Dynamic Earth. An Introduction to Physical Geology*. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Smith, A. R., Pryer, K. M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., & Wolf, P. G. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon*, 55(3), 705–731. Disponível em: <https://www.fieldmuseum.org/sites/default/files/smith-et-al-taxon-2006.original.pdf>
- Smith, T. E., & Knapp, C. E. (2011). *Sourcebook of experiential education: key thinkers and their contributions*. New York, USA: Routledge.
- Soltis, D. E., Bell, C. D., Kim, S., & Soltis, P.S. (2008). Origin and early evolution of angiosperms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1133(1), 3–25. doi: 10.1196/annals.1438.005
- Sousa, J. M. (2015). Curriculum and Didactics: a matter of power. The case of the University of Madeira. *European Journal of Curriculum Studies*, 2(2): 282-296. Disponível em: <http://pages.ie.uminho.pt/ejcs/index.php/ejcs/article/download/92/46>.
- Specht, C. D., & Bartlett, M. E. (2009). Flower Evolution: The origin and subsequent diversification of the angiosperm flower. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(1), 217–243. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120203
- Stemans P., Hérisse A. L., Melvin, J., Miller, M. A., Paris, F., Verniers, J., & Wellman, C. H. (2009). Origin and radiation of the earliest vascular land plants. *Science*, 324(5925), 353. doi: 10.1126/science.1169659
- Stevens, P. F. (2001 - 2017). Angiosperm Phylogeny Website [APWeb]. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- Sun, G., Ji, Q., Dilcher, D. L., Zheng, S., Nixon, K. C., & Wang, X. (2002). Archaeofractaceae, a New Basal Angiosperm Family. *Science*, 296(5569), 899–904. doi: 10.1126/science.1069439
- Torgal, L. R., & Vargues, I. N. (1984). *A Revolução de 1820 e a Instrução Pública* (1.ª ed.). Porto: Paisagem Editora
- USDA/NRCS. (2016, July 26). *The Plants Database*. National Plant Data Team, Greensboro, NC, USA. Disponível em: <http://plants.usda.gov/>
- Valente, A. C. (2014). *Novos mercados de trabalho e novas profissões. Estudo prospetivo*. Lisboa: Fórum Estudante. Disponível em: https://issuu.com/forumestudante/docs/novos_mercados_de_trabalho_e_novas

- Veiga, F. (Coord.). (2013). *Psicologia da Educação. Teoria, investigação e aplicação: envolvimento dos alunos na escola*. Lisboa: Climepsi Editores.
http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/10133/1/Livro_Psicologia_Educacao.pdf
- Viana, C. (2016a, junho 8). Há menos alunos em todos os níveis, do ensino básico ao secundário. *Público*. Disponível em: <https://www.publico.pt/2016/06/08/sociedade/noticia/ha-menos-alunos-em-todos-os-niveis-do-ensino-basico-ao-secundario-1734538>
- Viana, C. (2016b, julho 5). Ministério admite redução de mil turmas no ano lectivo 2016/2017. *Público*. Disponível em: <https://www.publico.pt/2016/07/05/sociedade/noticia/ministro-da-educacao-vai-dar-mais-horas-as-escolas-para-garantirem-tutores-1737345>
- Viana, C. (2017, julho 13). Resultados dos exames nacionais não surpreenderam professores. *Público*. Disponível em: <https://www.publico.pt/2017/07/13/sociedade/noticia/nao-houve-surpresas-nos-resultados-dos-exames-nacionais-1779009>
- Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C., (2005). *Estratégias de ensino/aprendizagem: o questionamento promotor do pensamento crítico*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2015). Práticas didático-pedagógicas de ciências: estratégias de ensino/aprendizagem promotoras do pensamento crítico. *Saber & Educar*, 1(20), 34-41.
<http://dx.doi.org/10.17346/se.vol20.191>
- Voss, K., & Kennedy, B. K. (2013, December 19). DNA of storied plant provides insight into the evolution of flowering plants, study finds. *The Pennsylvania State University, Science News*. Disponível em: <http://science.psu.edu/news-and-events/2013-news/dePamphilis12-2013>
- Wickett, N. J., Mirarab, S., Nguyen, N., Warnow, T., Carpenter, E., Matasci, N., ...Leebens-Mack, J. (2014). Phylotranscriptomic analysis of the origin and early diversification of land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(45), E4859–E4868. doi: 10.1073/pnas.1323926111
- Zenner, C., Herrnleben-Kurz, S., & Walach, H. (2014). Mindfulness-based interventions in schools: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 5, 603.
<http://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00603>
- Zhong, B., Sun, L., & Penny, D. (2015). The origin of land plants: a phylogenomic perspective. *Evolutionary Bioinformatics Online*, 11, 137–141. doi: 10.4137/EBO.S29089
 Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4498653/pdf/ebo-11-2015-137.pdf>
- Zwirn, M., Chen, C., Uher, B., & Schagerl, M. (2013). Induction of sexual reproduction in *Spirogyra* clones – does an universal trigger exist? *Fottea*, 13(1), 77–85.
 doi: 10.5507/fot.2013.007

Anexos

Tabela III - Planificação a médio prazo da disciplina de Biologia e Geologia - 11º ano: 1.º período do ano letivo 2014/2015.
Escola secundária D. Duarte - Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste.

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Methodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>Apresentação</p> <p>Biologia (Apresentação da situação-problema)</p> <p>1. Crescimento e renovação celular</p> <p>1.1. DNA e síntese proteica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer o professor; • Conhecer os colegas; • Conhecer as normas de funcionamento da disciplina; • Conhecer o programa da disciplina; • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Admitir a investigação científica como uma via legítima de resolução de problemas; • Discutir a necessidade de constante renovação de alguns dos constituintes celulares; • Explicar como a expressão da informação contida no DNA se relaciona com o processo de síntese de proteínas; • Conhecer as características estruturais e funcionais que permitem distinguir DNA de RNA; • Analisar e interpretar dados de natureza diversa relativos aos mecanismos de replicação, transcrição e tradução; • Compreender a importância da replicação do DNA para a manutenção da informação genética; • Compreender a síntese de proteínas como um mecanismo importante para a manutenção da vida e da estrutura celular; 	<p>Resolução de fichas de trabalho</p> <p>Elaboração de quadros síntese</p>	7	<p>Avaliação diagnóstica</p> <p>Questionamento oral</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Núcleo ✓ Membrana nuclear ✓ R.E.R. ✓ Ribossoma ✓ Cariótipo ✓ Cromossoma ✓ Cromátídeo ✓ Centrómero ✓ DNA e RNA ✓ Nucleótido ✓ Bases azotadas ✓ Ribose ✓ Desoxirribose ✓ Replicação ✓ Transcrição ✓ Tradução ✓ Codão ✓ Anticodão ✓ Codogene ✓ Código genético ✓ Gene ✓ Genoma ✓ Mutação génica ✓ Ciclo celular ✓ Interfase
<p>1.2. Mitose</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o ciclo celular e reconhecer a influência de fatores ambientais sobre o ciclo celular; • Formular e avaliar hipóteses relacionadas com a influência de fatores ambientais sobre o ciclo celular; • Interpretar procedimentos laboratoriais e experimentais relacionados com a influência de fatores ambientais sobre o ciclo celular; • Compreender, de forma global, os acontecimentos importantes para a célula, nomeadamente, o encurtamento de cromossomas, a divisão do centrómero, a separação de cromátídeos, a formação de dois núcleos filhos e a divisão do citoplasma; • 	<p>Resolução de exercícios do caderno de atividades</p>	6	<p>Fichas de avaliação de objetivos procedimentais</p>	

<p>2. Crescimento e regeneração de tecidos vs diferenciação celular</p> <p>(Apresentação da situação-problema)</p> <p>VI – REPRODUÇÃO NOS SERES VIVOS</p> <p>1. Reprodução assexuada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conceber, executar e interpretar procedimentos laboratoriais simples, de cultura biológica e técnicas microscópicas, conducentes ao estudo da mitose; • Interpretar, esquematizar e/ou descrever imagens de mitose em células animais e vegetais, identificando acontecimentos celulares e reconstituindo a sua sequencialidade; • Reconhecer que a mitose é um processo que assegura a manutenção das características hereditárias ao longo das gerações e permite a obtenção de novas células; <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar o papel da mitose nos processos de crescimento, reparação e renovação de tecidos e órgãos em seres pluricelulares; • Explicar que o crescimento de seres multicelulares implica processos de diferenciação celular; • Compreender que as diferenças estruturais e funcionais que existem entre as células de um indivíduo resultam de processos de diferenciação; • Compreender a diferenciação celular e discutir a possibilidade dos processos de diferenciação celular poderem ser afetados por agentes ambientais (ex.: raios X; drogas; infeções virais,...); • Explicar a diferenciação celular como processo que envolve regulação da transcrição e tradução de genes; • Compreender que a capacidade que uma célula tem de originar outros tipos de células especializadas é, em geral, tanto maior quanto menor for a sua diferenciação; • Conhecer o conceito de clonagem; • Desenvolver atitudes, cientificamente sustentadas, sobre situações ambientais causadas pelo Homem que podem interferir no processo de diferenciação celular. <ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Admitir a investigação científica como uma via legítima de resolução de problemas; • Conhecer os processos responsáveis pela unidade e pela variabilidade celular; • Relembrar que a reprodução é o processo que permite a continuidade da vida; 	<p>Utilização de animações, Vídeos, Jogos, PowerPoint</p> <p>Interpretação/Construção de mapas de conceitos</p> <p>Interpretação de imagens</p>	<p>3</p>	<p>Relatórios</p> <p>Avaliação formativa</p> <p>Avaliação sumativa</p> <p>Auto e hetero avaliação</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mitose ✓ Profase ✓ Metáfase ✓ Anafase ✓ Telofase ✓ Citocinese ✓ Célula indiferenciada ✓ Célula especializada ✓ Clone ✓ Clonagem <ul style="list-style-type: none"> ✓ Reprodução ✓ Reprodução sexuada ✓ Reprodução assexuada ✓ Bipartição ✓ Gemulação ✓ Gema ou gomo ✓ Fragmentação ✓ Partenogénese ✓ Esporulação ✓ Esporo ✓ Esporângio ✓ Multiplicação vegetativa ✓ Clone ✓ Clonagem
--	--	---	----------	---	--

<p>1.1. Estratégias reprodutivas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguir entre reprodução sexuada e assexuada; • Conhecer os processos de reprodução assexuada e alguns exemplos dos seres vivos que os utilizam; • Relacionar a reprodução assexuada com o aumento rápido das populações de seres vivos; • Compreender a importância da reprodução assexuada; • Avaliar implicações da reprodução assexuada ao nível da variabilidade e sobrevivência de populações; • Relacionar o fenómeno de mitose com os processos de reprodução assexuada; • Avaliar as implicações da reprodução assexuada ao nível da variabilidade e sobrevivência da espécie; 	<p>Atividades experimentais</p>			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cultura <i>in vitro</i> ✓ Célula totipotente ✓ Estacaria ✓ Mergulhia ✓ Enxertia
<p>1.2. Exploração dos processos de reprodução assexuada para fins económicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer o potencial de aproveitamento económico dos processos de reprodução assexuada, em diversas áreas da atividade humana; • Apreciar, de forma crítica e fundamentada, as implicações da exploração económica dos processos de reprodução assexuada dos seres vivos; • Compreender os fundamentos da clonagem de células vegetais e animais; • Apreciar, de forma crítica e fundamentada, as implicações da clonagem de células, tecidos e seres vivos; 	<p>Diálogo com os alunos</p>			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gâmeta feminino ✓ Gâmeta masculino ✓ Gametângios ✓ Gónadas ✓ Fecundação ✓ Ovo ou zigoto ✓ Meiose ✓ Células diplóides ✓ Células haplóides ✓ Cromossomas
<p>2. Reprodução sexuada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar a reprodução sexuada com os conceitos de fecundação e meiose; • Relacionar a reprodução sexuada com a variabilidade de seres vivos; 		3		<ul style="list-style-type: none"> homólogos ✓ Divisão I ou reducional ✓ Divisão II ou equacional ✓ Interfase ✓ Profase I ✓ Metafase I ✓ Telofase I ✓ Emparelhamento de homólogos ✓ Tétrada cromatídica bivalentes ou díade cromossómica
<p>2.1. Meiose e fecundação -Fecundação -Miose -Mutações -Aspectos comparativos da mitose e meiose</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar a complementaridade da fecundação e meiose no processo de reprodução sexuada; • Prever em que tecidos de um ser vivo se podem observar imagens de meiose; • Interpretar, esquematizar e legendar imagens relativas aos principais acontecimentos da meiose; • Reconhecer a importância da meiose para a manutenção do número de cromossomas característico de cada espécie; • Identificar as diferentes fases do processo de meiose; • Compreender os fenómenos que ocorrem em cada uma das fases do processo de meiose; • Compreender a origem das mutações cromossómicas e suas implicações; • Identificar as semelhanças e as diferenças entre os processos de mitose e meiose; 	<p>Exploração de textos</p>	4		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ponto de quiasma ✓ Crossing-over ✓ Recombinação genética ✓ Profase II ✓ Metafase II ✓ Anafase II ✓ Telofase II ✓ Citocinese ✓ Segregação de homólogos ✓ Mutações cromossómicas ✓ Mutações estruturais ✓ Mutações numéricas ✓ Variabilidade genética

<p>2.2. Reprodução sexuada e variabilidade genética -Meiose e Fecundação como fontes de variabilidade genética</p> <p>2.3. Diversidade de estratégias na reprodução sexuada</p> <p>2.4. Vantagens e desvantagens da reprodução assexuada e sexuada</p> <p>2.5. Crescimento e regeneração de tecidos vs diferenciação celular.</p> <p>3. Ciclos de vida – unidade e diversidade</p> <p>3.1. Ciclo de vida da espirogira</p> <p>3.2. Ciclo de vida de um mamífero</p> <p>3.3. Ciclo de vida do polipódio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender de que modo a meiose e a fecundação contribuem para a variabilidade genética nos seres vivos; • Relacionar a variabilidade genética da espécie com a sua sobrevivência e capacidade de adaptação a novos ambientes; <ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as diferentes estratégias de reprodução sexuada nos animais e nas plantas; • Recolher e organizar dados de natureza diversa, relativamente às estratégias de reprodução utilizadas por seres hermafroditas; <ul style="list-style-type: none"> • Analisar comparativamente as vantagens e desvantagens de reprodução assexuada e sexuada; <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar conceitos básicos sobre reprodução para interpretar diferentes tipos de ciclos de vida; • Localizar e identificar os processos fundamentais de reprodução presentes nos diferentes ciclos de vida; • Localizar e identificar os processos de reprodução presentes num ciclo de vida, prevendo a existência ou não de alternância de fases nucleares; • Prever a existência ou não de alternância de fases nucleares e de gerações, identificando-as; • Compreender que existem diferentes estratégias quanto ao momento de ocorrência da meiose, o que se traduz em diferentes ciclos de vida; 	<p>Trabalhos de casa: resolução das questões de autoavaliação</p> <p>Correção dos trabalhos de casa;</p> <p>Esclarecimentos de dúvidas</p>	<p>4</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Unissexualismo ✓ Hermafroditismo ✓ Hermafroditismo suficiente ✓ Hermafroditismo insuficiente ✓ Estame ✓ Antera ✓ Grão de pólen ✓ Carpelo ✓ Ovário ✓ Polinização ✓ Polinização anemófila ✓ Polinização zoófila ✓ Polinização hidrófila ✓ Auto-fecundação ✓ Fecundação cruzada ✓ Fecundação interna ✓ Fecundação externa ✓ Comportamento de côrte ✓ Ciclo de vida ✓ Diplofase ✓ Haplofase ✓ Geração gametófito ✓ Geração esporófito ✓ Ser haplonte ✓ Ser diplonte ✓ Ser haplodiplonte ✓ Meiose pós-zigótica, pré-espórica e pré-gamética ✓ Alternância de fases nucleares ✓ Alternância de gerações <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tubo de conjugação ✓ Gâmeta dador ✓ Gâmeta recetor ✓ Testículos ✓ Ovários ✓ Esporângios ✓ Célula mãe dos esporos ✓ Esporos ✓ Protalo ✓ Arquegónio
--	---	--	----------	---

<p>3.4. Ciclo de vida da açucena</p> <p>3.4. Intervenção do Homem no ciclo de vida dos organismos</p> <p>(Apresentação da situação-problema)</p> <p>Evolução Biológica</p> <p>1. Unicelularidade e Multicelularidade</p> <p>- Dos seres procariontes aos seres eucariontes</p> <p>- Multicelularidade</p> <p>2. Mecanismos de evolução:</p> <p>2.1. Evolucionismo vs fixismo</p> <p>- Mecanismos de evolução: Lamarckismo e Darwinismo</p> <p>- Argumentos do evolucionismo</p> <p>- Neodarwinismo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer que as intervenções humanas, em qualquer uma das fases do ciclo de vida do organismo, podem interferir na evolução/conservação da espécie; • Planificar e executar atividades laboratoriais e experimentais; <ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Admitir a investigação científica como uma via legítima de resolução de problemas; • Conhecer as diferenças entre seres procariontes e seres eucariontes; • Comparar e avaliar os modelos explicativos do aparecimento dos organismos unicelulares eucariontes; • Conhecer os argumentos que apoiam cada um desses modelos; • Compreender a transição de procarionte para eucarionte e de unicelularidade para multicelularidade; • Reconhecer a origem da multicelularidade como resultado de uma progressiva especialização morfofisiológica dos seres coloniais; • Relacionar a multicelularidade com fenómenos de diferenciação celular; <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer que compreender a evolução implica conhecer o passado a partir de dados atuais diretamente observáveis; • Compreender os contributos das diferentes áreas científicas na fundamentação e consolidação do conceito de evolução; • Recolher, organizar e interpretar dados de natureza diversa, relativos ao evolucionismo e aos argumentos que o sustentam, em oposição ao fixismo; • Conhecer as diferenças entre o pensamento de Lamarck e o pensamento de Darwin; • Compreender que as populações constituem as unidades evolutivas; • Distinguir fenómenos de evolução convergente e divergente; • Conhecer as ideias fundamentais do Neodarwinismo; 	<p>Debate na dinâmica de aula sobre de que modo as estratégias reprodutivas podem condicionar a adaptação ou a sobrevivência das populações de seres vivos.</p>	<p>2</p> <p>5</p>		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Anterídio ✓ Anterozóide ✓ Oosfera ✓ Saco polínico ✓ Célula mãe dos grãos de pólen ✓ Tubo polínico ✓ Núcleo germinativo ✓ Núcleo vegetativo ✓ Nucelo ✓ Célula mãe do saco embrionário ✓ Saco embrionário ✓ Saco embrionário germinado ✓ Núcleos polares ✓ Célula mãe do endosperma ✓ Embrião Semente <ul style="list-style-type: none"> ✓ Procarionte ✓ Eucarionte ✓ Modelo autogénico ✓ Modelo endossimbiótico ✓ Colónias <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fixismo ✓ Criacionismo ✓ Geração Espontânea ✓ Catastrofismo ✓ Uniformitarismo ✓ Teorias transformistas ✓ Evolucionismo ✓ Lamarckismo ✓ Darwinismo ✓ Neodarwinismo
--	--	---	-------------------	--	--

<p>2.2. Seleção natural, seleção artificial e variabilidade</p> <p>- Variabilidade genética e evolução</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer os contributos de diferentes áreas científicas na fundamentação e consolidação do conceito de evolução; • Analisar, interpretar e discutir casos e situações que envolvam mecanismos de seleção natural e artificial; • Relacionar a capacidade adaptativa de uma população com a sua variabilidade; • Reconhecer a meiose como fonte de variabilidade e, por esse motivo, promotora da evolução; • Compreender que a valorização do conhecimento da história da ciência é necessária para compreender as perspetivas atuais; • Reconhecer que o avanço científico-tecnológico é condicionado por contextos (socioeconómicos, religiosos, políticos, ...), geradores de controvérsias, que podem dificultar o estabelecimento de posições consensuais; • Refletir criticamente sobre alguns comportamentos humanos, que podem influenciar a capacidade adaptativa e a evolução dos seres. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Anatomia Comparada ✓ Argumentos Paleontológicos ✓ Dados de Embriologia ✓ Dados de Biogeografia ✓ Dados da Citologia ✓ Dados da Bioquímica ✓ Seleção natural ✓ Seleção artificial ✓ Variabilidade Genética
--	--	--	--	--	---

Tabela IV - Planificação a médio prazo da disciplina de Biologia e Geologia - 11º ano: 2.º período do ano letivo 2014/2015.
Escola secundária D. Duarte - Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste.

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Methodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>(Apresentação da situação-problema)</p> <p>VIII – Sistemática dos Seres Vivos</p> <p>1. Sistemas de classificação</p> <p>1.1. Diversidade de critérios</p> <p>1.2. Taxonomia e Nomenclatura</p>	<ul style="list-style-type: none"> Identificar elementos constitutivos da situação-problema; Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; Admitir a investigação científica como uma via legítima de resolução de problemas; <ul style="list-style-type: none"> Reconhecer a necessidade de classificar as diferentes formas de vida, de modo a tornar a grande diversidade de vida mais compreensível; Reconhecer que face à diversidade de vida, o Homem estabelece sistemas de classificação; Reconhecer a evolução dos sistemas de classificação ao longo do tempo; Integrar e contrastar perspetivas e argumentos associados aos diferentes sistemas de classificação que foram sendo elaborados; Distinguir sistemas de classificação práticos/racionais, artificiais/naturais e filogenéticos; Identificar diferentes critérios utilizados nas diversas classificações; Conhecer os critérios subjacentes a cada tipo de sistema de classificação, bem como respetivas vantagens e limitações; Compreender a sistemática como conceito abrangente que engloba modelos evolutivos e taxonomia; Reconhecer a importância dos conhecimentos de taxonomia e nomenclatura para o estudo da Biologia; Identificar as categorias taxonómicas do sistema hierárquico de classificação; Reconhecer a existência de um sistema hierárquico de classificação; Utilizar chaves dicotómicas simples e regras básicas de nomenclatura; Reconhecer a existência de ma nomenclatura internacional, na tentativa de universalizar a nomenclatura atribuída aos seres vivos; Compreender a importância de regras de nomenclatura uniformes e consensuais; 	<p>Resolução de fichas de trabalho</p> <p>Elaboração de quadros síntese</p> <p>Resolução de exercícios do caderno de atividades</p>	3	<p>Avaliação diagnóstica</p> <p>Questionamento oral</p> <p>Fichas de avaliação de objetivos procedimentais</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistemas de classificação: - Práticos - Racionais - Artificiais - Naturais - Horizontais - Filogenéticos - Verticais - Árvores ✓ Filogenéticas ✓ Sistemática ✓ Taxonomia ✓ <i>Taxa</i> ✓ Reino ✓ Filo ✓ Classe ✓ Ordem ✓ Família ✓ Género ✓ Espécie ✓ Subespécie ✓ Chave dicotómica ✓ Nomenclatura binomial ✓ Nomenclatura uninominal ✓ Nomenclatura trinominal ✓ Restritivo específico ✓ Restritivo sub-específico

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Metodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>2. Sistema de classificação de Whittaker modificado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar as regras básicas de nomenclatura; • Compreender que os critérios de classificação também evoluem; • Compreender a evolução da classificação por Reinos; • Comparar a classificação de Whittaker com outras antecedentes atendendo ao número de reinos e aos critérios utilizados; • Discutir razões de consensualidade desta classificação face a outras propostas apresentadas posteriormente; • Compreender o sistema de classificação de Whittaker modificado; • Conhecer os critérios subjacentes à classificação de Whittaker (nível de organização celular, modo de nutrição, interação nos ecossistemas); • Conhecer a existência de classificações mais recentes, que consideram uma nova categoria Taxonómica, o Domínio. • Reconhecer a valorização do conhecimento da história da ciência para compreender as perspetivas atuais. 	<p>Utilização de animações, Vídeos, Jogos, PowerPoint</p>	3	<p>Relatórios</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reinos: ✓ Monera ✓ Protista ✓ Plantae ✓ Fungi ✓ Animalia ✓ Seres Autotróficos ✓ Seres Heterotróficos ✓ Absorção ✓ Ingestão ✓ Fotossíntese ✓ Produtores ✓ Macroconsumidores ✓ Microconsumidores ✓ Eubactérias ✓ Arqueobactérias
<p>Geologia</p> <p>(Apresentação da situação-problema)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos constitutivos da situação - problema; • Conceber, realizar e interpretar material gráfico; • Problematizar e formular hipótese; • Testar e validar ideias; • Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas; • Utilizar diferentes formas de comunicação oral e escrita; • Reconhecer as contribuições da Geologia nas áreas da: prevenção de riscos geológicos, ordenamento do território, gestão de recursos ambientais e educação ambiental; • Assumir opiniões suportadas por uma consciência ambiental com bases científicas; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; 	<p>Interpretação/Construção de mapas de conceitos</p>		<p>Avaliação formativa</p>	
<p>1 – Ocupação antrópica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Assumir atitudes de defesa do património geológico; • Identificar e compreender os principais materiais e fenómenos geológicos para prevenir e remediar muitos dos problemas ambientais; • Reconhecer a importância do conhecimento geológico para a sociedade; 	<p>Interpretação de imagens</p>	4	<p>Avaliação sumativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bacia hidrográfica ✓ Rede hidrográfica ✓ Leito aparente ✓ Leito de inundação ✓ Perfil transversal ✓ Erosão ✓ Transporte ✓ Deposição ✓ Areias ✓ Ordenamento do território ✓ Risco geológico ✓ Faixa litoral ✓ Arribas ✓ Praias ✓ Abrasão marinha ✓ Plataforma de abrasão ✓ Movimentos em massa
		<p>Atividades experimentais</p>		<p>Auto e hetero avaliação</p>	

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Metodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>1.1. Bacias hidrográficas</p> <p>1.2. Zonas costeiras – ocupação antrópica da faixa costeira</p> <p>1.3. Zonas de vertente – perigos naturais e antrópicos</p> <p>(Apresentação da situação-problema)</p> <p>1 – Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres</p> <p>1.1. Principais etapas de formação das rochas sedimentares</p> <p>1.2. Diversidade de rochas sedimentares</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar e compreender os perigos da construção em leitos de cheia e da extração de inertes dos rios; • Reconhecer a necessidade de o Homem intervir de forma equilibrada nas zonas costeiras, respeitando a dinâmica do litoral; • Compreender a necessidade de não construir em zonas de risco de movimentos de massa, respeitando regras de ordenamento do território; • Reconhecer a importância de alguns fatores naturais (gravidade, tipo de rocha, pluviosidade) e antrópicos (desflorestação, construção de habitações e de vias de comunicação, saturação de terrenos por excesso de rega agrícola) no desencadear de movimentos em massa; <ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Conceber, realizar e interpretar material gráfico; • Problematizar e formular hipótese; • Testar e validar ideias; • Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas; • Utilizar diferentes formas de comunicação oral e escrita; • Reconhecer as contribuições da Geologia nas áreas da: prevenção de riscos geológicos, ordenamento do território, gestão de recursos ambientais e educação ambiental; • Assumir opiniões suportadas por uma consciência ambiental com bases científicas; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Assumir atitudes de defesa do património geológico; <ul style="list-style-type: none"> • Identificar e compreender as principais etapas de formação das rochas sedimentares; • Compreender e aplicar a classificação das rochas sedimentares com base na sua génese: detriticas, quimiogénicas e biogénicas; • Compreender os conceitos de mineral e de rocha; • Conhecer as principais características que distinguem os diferentes tipos de rochas sedimentares; 	<p>Diálogo com os alunos</p> <p>Exploração de textos</p> <p>Trabalhos de casa: resolução das questões de autoavaliação</p>	6		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meteorização química ✓ Meteorização mecânica ✓ Erosão ✓ Transporte ✓ Sedimentação ✓ Deposição ✓ Diagenese ✓ Cimentação ✓ Compactação ✓ Sedimentogénese ✓ Mineral ✓ Rocha ✓ Composição ✓ Clivagem ✓ Brilho ✓ Dureza ✓ Risca ✓ Densidade ✓ Rochas detriticas não consolidadas ✓ Balastros ✓ Areias ✓ Siltes ✓ Argilas

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Metodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>(Apresentação da situação-problema)</p> <p>2 – Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres.</p> <p>Magmatismo – rochas magmáticas</p> <p>2.1. Diversidade de magmas</p> <p>2.2.Consolidação de magmas</p> <p>2.2.1. Processos de formação de minerais</p> <p>2.2.2. Isomorfismo e polimorfismo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Conceber, realizar e interpretar material gráfico; • Problematizar e formular hipótese; • Testar e validar ideias; • Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas; • Utilizar diferentes formas de comunicação oral e escrita; • Reconhecer as contribuições da Geologia nas áreas da: prevenção de riscos geológicos, ordenamento do território, gestão de recursos ambientais e educação ambiental; • Assumir opiniões suportadas por uma consciência ambiental com bases científicas; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Assumir atitudes de defesa do património geológico; • Enquadrar o ambiente magmático no ciclo das rochas; • Compreender a distribuição e o estado das principais rochas que constituem a Terra; • Identificar as zonas em que ocorre magmatismo; • Relacionar as zonas em que ocorre magmatismo, com a tectónica de placas; • Identificar diferentes magmas segundo a sua localização; • Compreender a distribuição dos diferentes tipos de rocha magmática, com a sua formação e localização; • Identificar, rochas magmáticas ácidas, intermédias e básicas; • Relacionar a percentagem em sílica com o pH e viscosidade do magma; • Compreender a constituição do magma; • Compreender a cristalização dos minerais; • Distinguir isomorfismo de polimorfismo; • Identificar séries de minerais polimorfos e isomorfos; • Compreender os efeitos da variação da temperatura na consolidação de magmas; • Identificar rochas intrusivas e extrusivas; • Relacionar a diferente textura das rochas intrusivas e extrusivas com a sua génese; 		7		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calendário geológico ✓ Eras ✓ Períodos ✓ Pobres em sílica ✓ Ricos em sílica ✓ Composição intermédia ✓ Ambiente magmático ✓ Altas temperaturas ✓ Altas pressões ✓ Diferenciação magmática ✓ Solidificação magmática ✓ Cristalização fracionada ✓ Minerais ✓ Matéria cristalina ✓ Isomorfismo ✓ Polimorfismo ✓ Rochas plutónicas ✓ Rochas vulcânicas ✓ Litosfera ✓ Astenosfera ✓ Crusta ✓ Manto ✓ Limite divergente ✓ Zona de Rift ✓ Limite convergente ✓ Zona de subducção ✓ Basalto ✓ Gabro ✓ Andesito ✓ Diorito ✓ Riólito ✓ Granito ✓ Peridotito ✓ Textura granular ✓ Textura agranular ✓ Textura amorfa ✓ Vidro vulcânico ✓ Minerais félsicos ✓ Minerais máficos

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Methodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>2.2.3. Diferenciação magmática</p> <p>2.3. Diversidade de rochas magmáticas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a distribuição e o estado das principais rochas que constituem a Terra; • Identificar as zonas em que ocorre magmatismo; • Relacionar as zonas em que ocorre magmatismo, com a tectónica de placas; • Identificar diferentes magmas segundo a sua localização; • Compreender a distribuição dos diferentes tipos de rocha magmática, com a sua formação e localização; • Compreender a diferenciação magmática; • Interpretar as séries reacionais de Bowen; • Compreender como ocorre a cristalização fracionada; • Compreender como se processa a diferenciação gravítica; • Compreender como se processa a assimilação magmática; • Compreender que os processos de diferenciação magmática podem conduzir a magmas com composição diferente durante o processo de consolidação; • Identificar os minerais segundo a sua cor; • Identificar as rochas segundo o seu teor em sílica; • Identificar as rochas segundo a sua cor; • Identificar as rochas segundo a sua textura; • Compreender como se organizam as rochas magmáticas em famílias; • Interpretar a classificação das rochas magmáticas em famílias; 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Magma ✓ Magma basáltico ✓ Magma andesítico ✓ Magma riolítico ✓ Rochas ácidas ✓ Rochas básicas ✓ Rochas intermédias ✓ Fusão ✓ Cristal ✓ Sistema reticular ✓ Rede de Bravais ✓ Silicatos ✓ Séries reacionais de Bowen ✓ Série contínua ✓ Série descontínua ✓ Cristalização fracionada ✓ Diferenciação magmática ✓ Diferenciação gravítica ✓ Assimilação magmática ✓ Magma residual ✓ Famílias de rochas magmáticas ✓ Rochas melanocratas ✓ Rochas leucocratas ✓ Rochas mesocratas
<p>Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Conceber, realizar e interpretar material gráfico; • Problematizar e formular hipótese; • Testar e validar ideias; • Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas; • Utilizar diferentes formas de comunicação oral e escrita; • Reconhecer as contribuições da Geologia nas áreas da: prevenção de riscos geológicos, ordenamento do território, gestão de recursos ambientais e educação ambiental; • Assumir opiniões suportadas por uma consciência ambiental com bases científicas; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; 		5		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Anticlinal ✓ Atitude ✓ Antiforma ✓ Charneira ✓ Comportamento dúctil ✓ Comportamento frágil ✓ Dobra ✓ Dobra neutra ✓ Eixo da dobra ✓ Falha ✓ Falha de desligamento ✓ Falha inversa ✓ Falha normal

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Methodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>2.3. Comportamento dos materiais: frágil e dúctil.</p> <p>2.3.1. Falhas</p> <p>2.3.2. Dobras</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Organizar e interpretar dados de natureza diversa sobre as transformações que resultam de tensões sofridas pelas rochas; • Valorizar a compreensão do comportamento dos materiais: frágil e dúctil; • Identificar os diferentes elementos de falha: teto, muro, plano de falha, rejeto, direção e inclinação; • Identificar diferentes tipos de falhas: normais, inversas e desligamentos; • Identificar os diferentes elementos de dobra: eixo, charneira, flancos e superfície axial; • Identificar diferentes tipos de dobras: Anticlinal e sinclinal; antiforma, sinforma e dobra neutra; 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Flanco da dobra ✓ Inclinação da falha ✓ Direção da falha ✓ Muro da falha ✓ Núcleo da dobra ✓ Superfície axial ✓ Plano axial ✓ Plano de falha ✓ Plasticidade ✓ Sinclinal ✓ Sinforma ✓ Teto da falha ✓ Rejeto vertical ✓ Sinclinal ✓ Sinforma ✓ Teto da falha

Tabela V - Planificação a médio prazo da disciplina de Biologia e Geologia - 11º ano: 3.º período do ano letivo 2014/2015.
Escola secundária D. Duarte - Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste.

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Methodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres</p> <p>(Apresentação da situação-problema)</p> <p>2.4. Rochas metamórficas.</p> <p>2.4.1. Metamorfismo</p> <p>2.4.2. Fatores de metamorfismo</p> <p>2.4.3. Rochas metamórficas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Conceber, realizar e interpretar material gráfico; • Problematizar e formular hipótese; • Testar e validar ideias; • Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas; • Utilizar diferentes formas de comunicação oral e escrita; • Reconhecer as contribuições da Geologia nas áreas da: prevenção de riscos geológicos, ordenamento do território, gestão de recursos ambientais e educação ambiental; • Assumir opiniões suportadas por uma consciência ambiental com bases científicas; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Assumir atitudes de defesa do património geológico; • Conceber, realizar e interpretar material gráfico; • Compreender as mudanças mineralógicas e texturais (foliação) provocadas pelos fatores de metamorfismo durante a génese das rochas metamórficas; • Organizar e interpretar dados de natureza diversa sobre processos de transformação das rochas metamórficas; • Identificar os diferentes fatores de metamorfismo; • Relacionar as condições do meio com a capacidade de recristalização química; • Identificar os diferentes tipos de metamorfismo; • Caracterizar diferentes rochas metamórficas; 	<p>Resolução de fichas de trabalho</p> <p>Elaboração de quadros síntese</p> <p>Resolução de exercícios do caderno de atividades</p> <p>Utilização de animações, Vídeos, Jogos, PowerPoint</p> <p>Interpretação/Construção de mapas de conceitos</p>	8	<p>Avaliação diagnóstica</p> <p>Questionamento oral</p> <p>Fichas de avaliação de objetivos procedimentais</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ardósias ✓ Bandado gnáissico ✓ Corneanas ✓ Fatores de metamorfismo ✓ Foliação ✓ Filito ✓ Gnaisse ✓ Isomorfismo ✓ Mármore ✓ Metamorfismo ✓ Metamorfismo de contacto ✓ Metamorfismo regional ✓ Micaxisto ✓ Minerais índice ✓ Polimorfismo ✓ Quartzito ✓ Recristalização ✓ Tensão litostática ✓ Tensão não litostática ✓ Xistosidade ✓ Xistos argilosos
<p>3. Recursos geológicos</p> <p>– expl. sustentada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Conceber, realizar e interpretar material gráfico; • Problematizar e formular hipótese; • Testar e validar ideias; • Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas; • Utilizar diferentes formas de comunicação oral e escrita; 	<p>Interpretação de imagens</p> <p>Atividades experimentais</p>	5	<p>Relatórios</p>	

Conteúdos	Objetivos	Estratégias/Methodologias	Nº de aulas	Avaliação	Termos e conceitos
<p>3.1. Recursos minerais</p> <p>3.2. As rochas como materiais de construção;</p> <p>3.3. Fontes de energia:</p> <p>3.3.1. Combustíveis fósseis;</p> <p>3.3.2. Energia nuclear</p> <p>3.3.3. Recursos geotérmicos;</p> <p>3.4. Águas subterrâneas</p> <p>Preparação para exame</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer as contribuições da Geologia nas áreas da: prevenção de riscos geológicos, ordenamento do território, gestão de recursos ambientais e educação ambiental; • Assumir opiniões suportadas por uma consciência ambiental com bases científicas; • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Assumir atitudes de defesa do património geológico; • Compreender o conceito de recurso renovável e não renovável; • Discutir a necessidade de uma exploração equilibrada dos recursos geológicos, dado o seu carácter limitado e finito; • Estabelecer a relação entre a excessiva utilização de alguns recursos e as alterações dos ecossistemas e provavelmente do clima; • Valorizar a importância de alguns recursos geológicos como matérias-primas de construção e indústria; • Identificar atividade mineira em Portugal; • Valorizar a importância de alguns recursos geológicos como fonte de energia; • Identificar as vantagens e desvantagens da utilização de combustíveis fósseis; • Identificar as vantagens e desvantagens da utilização de recursos geotérmicos; • Valorizar os problemas associados às disponibilidades e necessidades de água, em particular, a sobreexploração de águas subterrâneas; • Discutir medidas para a preservação dos aquíferos; • Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas; • Usar fontes bibliográficas de forma autónoma – pesquisando, organizando e tratando informação; • Utilizar diferentes formas de comunicação, oral e escrita. <ul style="list-style-type: none"> • Melhorar os resultados escolares 	<p>Diálogo com os alunos</p> <p>Exploração de textos</p> <p>Trabalhos de casa: resolução das questões de autoavaliação</p> <p>Correção dos trabalhos de casa</p> <p>Esclarecimentos de dúvidas</p> <p>Apresentação escrita e oral de trabalhos</p> <p>Aulas de resolução de questões</p>	7	<p>Avaliação formativa</p> <p>Avaliação sumativa</p> <p>Auto e hetero avaliação</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recurso ✓ Recurso geológico ✓ Reserva ✓ Recursos renováveis ✓ Recursos não renováveis ✓ Clarke ✓ Jazigo mineral ✓ Minérios ✓ Ganga ✓ Escombreyras ✓ Exploração sustentada ✓ Combustíveis fósseis ✓ Petróleo ✓ Carvão ✓ Gás natural ✓ Urânio ✓ Energia nuclear ✓ Radioactividade ✓ Energia geotérmica ✓ Alta entalpia ✓ Baixa entalpia ✓ Água termal ✓ Hidrogeologia ✓ Aquífero livre ✓ Aquífero confinado ✓ Nível freático ✓ Nível hidrostático ✓ Aeração ✓ Saturação ✓ Furo artesiano ✓ Porosidade ✓ Permeabilidade ✓ Dureza da água ✓ Brandas ou macias