

# O TRABALHO PRÁTICO E A APRENDIZAGEM BASEADA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ENSINO DE MECANISMOS DE EVOLUÇÃO ZOOLÓGICA E DE PROCESSOS DE METEORIZAÇÃO DAS ROCHAS


Sara Florinda Moreira Carvalho

Mestrado em Ensino da Biologia e da Geologia no 3ºCiclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Departamento de Biologia e Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território


2014


**Orientador**

Professor Doutor António Paulo Fontoura P. de Magalhães

**Orientador**

Professor Doutor João Manuel Domingues Coelho

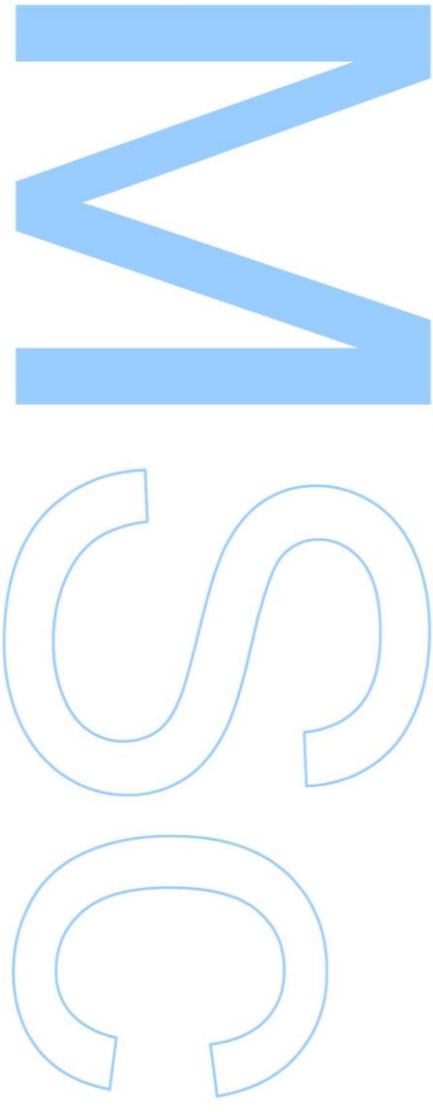
U.PORTO

FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, _____/_____/_____



# Agradecimentos

Após um ano tão intenso, profissional e emocionalmente, gostaria de agradecer a todas as pessoas que me apoiaram e desafiaram a fazer sempre mais e melhor, proporcionando-me um percurso de grande aprendizagem e repleto de boas recordações. Sem diminuir o valor das pessoas que não são mencionadas, um agradecimento especial às que se seguem:

Aos meus pais, Alberto e Fátima, pela paciência, apoio e, acima de tudo, pelo esforço diário que me permitiu ganhar asas e voar, tornando-me a pessoa que sou hoje. Obrigada e parabéns por esta conquista que não é apenas minha, é nossa.

Ao meu namorado, Filipe, pelo carinho, apoio, por acreditar no meu valor e pelas críticas construtivas ao meu trabalho.

À minha amiga e colega de estágio, Cátia, pela cumplicidade, alegria, força, críticas, longas horas de trabalho, partilha de angústias e união no combate às adversidades. Os momentos que partilhámos ficarão para sempre gravados na minha memória. Juntas, crescemos como professoras e seres humanos.

À minha orientadora cooperante, a Professora Rosa Soares, por todos os conselhos, apoio, profissionalismo, amizade e compreensão, ensinando-me a abraçar a carreira docente de forma competente e confiante.

Ao meu orientador, o Professor Paulo Fontoura, pelo tempo disponibilizado, paciência, críticas construtivas e pelos conselhos que me permitiram crescer a nível científico e pessoal.

Ao meu orientador, o Professor João Coelho, pelos conselhos, pelas críticas construtivas e pelo constante desafio à reflexão e análise crítica do meu trabalho e do mundo que me rodeia, permitindo-me evoluir científica e pessoalmente.

À Filipa Cunha, que mesmo longe esteve sempre presente. Obrigada pela amizade, revisão de textos e espírito de entreajuda que sempre nos uniu. Ao João Nuno, pelas palavras sábias e tranquilizadoras no momento certo, amizade e por todas a horas partilhadas na biblioteca em contrarrelógio. À Sara Tavares pela amizade, disponibilidade para a tortura da revisão de textos e paciência para ouvir os meus protestos. À Catarina Ferreira pelos conselhos, ânimo, disponibilidade, críticas e amabilidade.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação, especialmente a Professora Clara Vasconcelos e o Professor Luís Calafate, pelo auxílio crucial e sábios conselhos nos momentos de maior dificuldade.

# Nota Prévia

O presente relatório de estágio resulta da investigação educacional planeada na unidade curricular "Projeto" e desenvolvida no âmbito da "Iniciação à Prática Profissional" (IPP), unidades curriculares do Mestrado em Ensino da Biologia e da Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário. Esta investigação foi realizada numa escola pública com ensino básico e secundário, no distrito do Porto.

Os seus temas científicos inserem-se nos conteúdos curriculares de Biologia e Geologia do 11º ano (ano 2) do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Importa ainda salientar que esta investigação se encontra dividida em duas pequenas investigações distintas, uma no domínio da Biologia e outra no domínio da Geologia. Apesar das especificidades do trabalho desenvolvido em cada uma das áreas, existem pontos em comum que nos permitem estabelecer um paralelismo entre elas. Por essa razão, as duas investigações foram integradas numa só, fazendo-se a distinção entre elas sempre que se justifique.

# Resumo

Esta investigação é um estudo de caso que pretende avaliar a eficiência do trabalho prático, segundo a aprendizagem baseada na resolução de problemas (ABRP), no ensino dos mecanismos de evolução zoológica e dos processos de meteorização das rochas. A amostra é constituída por 53 estudantes (N=53), de uma escola pública do distrito do Porto, do 11º ano de escolaridade.

A nível da Biologia desenvolveu-se uma atividade laboratorial de inferência do mecanismo de termorregulação mais provável dos dinossauros, a partir da sua massa cerebral e corporal. Os alunos deveriam ser capazes de desenvolver capacidades investigativas, raciocínio científico e espírito crítico, enquanto desenvolviam conteúdos concetuais inerentes à fundamentação e consolidação do conceito de evolução, com base em diferentes áreas científicas como, por exemplo, a paleontologia.

No domínio da Geologia, num primeiro momento procedeu-se ao diagnóstico dos conhecimentos prévios, necessários à aprendizagem dos processos de meteorização físicos e químicos (tema com subaproveitamento). Num segundo momento realizou-se uma atividade prática. Esta atividade consistiu na análise de imagens, recursos interativos e amostras de mão, de rochas meteorizadas, e na sua associação ao respetivo processo/agente de meteorização, desenvolvendo conhecimentos concetuais, procedimentais e atitudinais.

A avaliação da eficiência das atividades desenvolvidas teve em consideração grupos com diferentes níveis de aproveitamento a Biologia e Geologia, no ano letivo anterior, tendo-se dividido a amostra nos grupos A e B. O grupo A era constituído pelos participantes com classificações iguais ou inferiores a 13 valores e o grupo B era composto pelos participantes com classificações iguais ou superiores a 14 valores.

Os resultados sugerem que as atividades desenvolvidas foram eficientes a nível da aprendizagem de conteúdos e do desenvolvimento de capacidades investigativas no grupo A e no grupo B. Encontraram-se ainda associações estatisticamente significativas entre o nível das respostas e os grupos definidos. Regra geral, os estudantes do grupo A obtiveram desempenhos inferiores aos do grupo B.

## Palavras-chave

Aprendizagem baseada na resolução de problemas (ABRP); Trabalho prático; Estudo de caso; Mecanismos de evolução; Termorregulação; Paleontologia; Meteorização química; Meteorização física.

# Abstract

This educational research is a case study which aims to investigate the efficiency of practical work using a problem-based learning (PBL) approach in teaching zoological evolution mechanisms and rocks weathering processes. The study sample consists of 53 students (N=53) grade 11 in a public school in the district of Oporto.

In Biology, was developed a laboratorial activity. This is an inference exercise about the thermoregulation mechanism of dinosaurs using their cerebral and body mass. With this activity students will be able to develop their research skills, scientific reasoning, critical thinking, while they learn concepts related to evolutionary theory based on different scientific fields like, for example, paleontology.

In Geology the first step was an assessment of previous knowledge necessary to learn about weathering processes (subject previously identified as problematical). The second step was a practical activity about weathering processes. This consisted on analyzing of images, interactive resources and sample analysis of weathered-beaten and its association to respective weathering process/agent.

Activities developed efficiency was evaluated considering groups with different learning levels on Biology and Geology in the previous school year. Sample was divided on groups A and B. Group A was formed by participants with final classification equal or lower than 13 values and group B by participants with final classification equal or bigger than 14 values.

The results suggest that activities developed were efficient on learning contents and develop of research skills in students belonging to groups A and B. Were found yet statistical significant associations among answers levels and groups defined. Generally, students belonging to group A had lower performances than those belonging to group B.



## Key words

Problem-based learning (PBL); Practical work; Case study; Evolution mechanisms; Thermoregulation; Paleontology; Chemical weathering; Physical weathering.

# Índice

Nota Prévia ..... II
Resumo ..... III
Abstract ..... IV
Lista de Figuras ..... 2
Lista de Quadros ..... 2
Lista de Abreviaturas ..... 3
1. Introdução ..... 4
1.1. Enquadramento didático ..... 5
1.2. Enquadramento científico ..... 8
1.3. Enquadramento curricular ..... 21
1.4. Problema de Investigação ..... 23
1.5. Objetivos da Investigação ..... 23
2. Metodologia de investigação ..... 23
2.1. Programa de intervenção no domínio da Biologia ..... 23
2.2. Programa de intervenção no domínio da Geologia ..... 27
2.3. Amostra ..... 28
2.4. Estudo de Caso ..... 29
2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolha de Dados ..... 30
2.6. Tratamento de Dados ..... 33
3. Resultados e discussão ..... 33
3.1. Domínio da Biologia ..... 33
3.2. Domínio da Geologia ..... 39
4. Conclusões ..... 48
5. Considerações finais ..... 49
5.1. Implicações para o desenvolvimento profissional ..... 50
9. Referências bibliográficas ..... 51
10. Apêndices ..... 54

# Lista de Figuras

Fig. 1: Relação entre trabalho prático laboratorial, experimental e de campo (Adaptado de Leite, 2000, pp. 2)..... 7
Fig. 2: Série de Goldich (Adaptado de Boggs, 2001, pp. 8). ..... 20
Fig. 3: Fotografia de réplica de *Triceratops* ..... 25
Fig. 4: Fotografia de réplica de *Caudipteryx* ..... 25
Fig. 5: Fotografia de réplica de *Tyrannosaurus*. ..... 25
Fig. 6: Fotografia de réplica de *Velociraptor*. ..... 25
Fig. 7: Fotografias do desenvolvimento do trabalho laboratorial de Biologia. As imagens (a) e (b) estão relacionadas com o cálculo da massa corporal, a imagem (c) com o cálculo da massa cerebral e a (d) com a comparação dos valores obtidos com os dos seres atuais..... 26
Fig. 8: Gráfio Log-log da massa cerebral vs. massa corporal para mamíferos, aves e répteis, atuais (Retirado de Hurlburt, 1994, pp. 197) ..... 26

# Lista de Quadros

Quadro 1: Recomendações do ministério da educação para a abordagem da subunidade 2 da unidade 7, da vertente de Biologia do currículo de Biologia e Geologia (ano 2) (Adaptado de Ministério de Educação, 2003, pp. 11). ..... 22
Quadro 2: Recomendações do ministério da educação para a abordagem da subunidade 1 da unidade 2, da vertente de Geologia do currículo de Biologia e Geologia (ano 2) (Adaptado de Ministériode Educação, 2003, pp. 20). ..... 22
Quadro 3: Objetivos da Investigação. ..... 23
Quadro 4: Plano de intervenção no domínio da Biologia. ..... 24
Quadro 5: Plano de intervenção no domínio da Geologia. ..... 28
Quadro 6: Características da amostra da investigação..... 29
Quadro 7: Recolha de dados no domínio da Biologia. ..... 30
Quadro 8: Recolha de dados no domínio da Geologia. ..... 31
Quadro 9: Resultados do interesse, autonomia e curiosidade – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 34
Quadro 10: Resultado do sentido de responsabilidade e reflexão crítica – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa)..... 34
Quadro 11: Resultados da cooperação com os outros – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 35
Quadro 12: Resultados da apresentação e fundamentação da opinião – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa)..... 35
Quadro 13: Resultados relatório aula laboratorial – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 36
Quadro 14: Resultados do teste 1 – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa)..... 36
Quadro 15: Resultados do teste 2, escolha múltipla – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 37

Quadro 16: Resultados do teste 2, questão de desenvolvimento – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 38
Quadro 17: Resultados do inquérito de opinião – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa). ..... 39
Quadro 18: Resultados do inquérito dos temas com subaproveitamento – Geologia (N=50); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa)..... 40
Quadro 19: Resultados das entrevistas dos temas com subaproveitamento – Geologia (N=7); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa)..... 42
Quadro 20: Resultados teste diagnóstico – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa)..... 43
Quadro 21: Resultados do interesse, autonomia e curiosidade – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa). ..... 44
Quadro 22: Resultados do sentido de responsabilidade e reflexão crítica – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa)..... 44
Quadro 23: Resultados da cooperação com os outros – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 44
Quadro 24: Resultados da apresentação e fundamentação da sua opinião – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa)..... 44
Quadro 25: Resultados do teste 1 – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa)..... 45
Quadro 26: Resultados do teste 2, escolha múltipla – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 46
Quadro 27: Resultados do teste 2, questão de desenvolvimento 1 – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 46
Quadro 28: Resultados do teste 2, questão de desenvolvimento 2 – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa). ..... 47
Quadro 29: Resultados do inquérito de opinião – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa). ..... 48

# Lista de Abreviaturas

ABRP – Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas.

EOI – Ensino Orientado para a Investigação.

IPP – Iniciação à Prática Profissional.

*fa* – Frequência absoluta.

*fr* – Frequência relativa.

# 1. Introdução

A sociedade sofreu alterações profundas nos últimos anos. O fenómeno da globalização transportou-nos para um novo paradigma de sociedade, a "Sociedade da Informação e do Conhecimento". Este acarreta desafios enormes para os seus cidadãos. A escola, um importante (mas não exclusivo) meio de aprendizagem, deve acompanhar o desenvolvimento social, formando cidadãos ativos, com espírito crítico e capazes de mobilizarem saberes e capacidades, tanto na sua vida profissional como na sua vida pessoal (Carvalho & Dourado, 2009; Vasconcelos & Almeida, 2012).

Este acompanhamento passa pela adoção de metodologias de ensino e de aprendizagem capazes de motivarem os estudantes e de os prepararem para os seus desafios diários. A aprendizagem baseada na resolução de problemas (ABRP) tem sido bem sucedida em diferentes níveis de ensino, em diversos países. Esta metodologia insere-se na perspetiva de Ensino Orientado para a Investigação (EOI) e o seu ponto de partida é um cenário problemático. Os estudantes investigam em conjunto uma solução para o problema apresentado, recolhendo factos e colocando questões, desenvolvendo os seus conhecimentos concetuais, procedimentais e atitudinais (Vasconcelos & Almeida, 2012).

O recurso ao trabalho prático é extremamente importante no ensino das ciências, sendo um importante aliado da metodologia ABRP (Mendes & Rebelo, 2011). Nesta investigação, tanto a nível da Biologia como da Geologia foram desenvolvidas atividades práticas com recurso a esta metodologia. Assim, o objetivo principal foi avaliar a eficiência desta abordagem, no ensino de mecanismos de evolução zoológica e de processos de meteorização das rochas.

No domínio da Biologia, a seleção do tema "*Mecanismos de evolução"* surgiu na sequência da experiência da investigadora enquanto aluna e do contacto estabelecido com outros alunos e professores. Através desse contacto foi possível constatar que a abordagem deste tema é, regra geral, exclusivamente expositiva, com recurso a metodologias pouco motivadoras. Assim, os estudantes revelam frequentemente dificuldades e desinteresse nesta temática, resultando numa deficiente mobilização de saberes e capacidades por parte destes.

Já no domínio da Geologia, procedeu-se a uma investigação preliminar, para a seleção de um tema com subaproveitamento por parte dos estudantes. Dessa investigação apurou-se como problemático o tema *"Processos de meteorização físicos e químicos"*. Uma vez que este é um tema que requer conhecimentos prévios a nível

da Física e da Química, realizou-se um teste diagnóstico para o apuramento das principais falhas nos conhecimentos nessas áreas.

Este relatório é constituído por cinco componentes principais. O primeiro capítulo corresponde à introdução, o segundo à metodologia de investigação, o terceiro aos resultados e discussão, o quarto às conclusões e o quinto às considerações finais.

## 1.1. Enquadramento didático

O novo paradigma social e as suas exigências revelaram a fraca preparação dos estudantes do ensino secundário para enfrentarem os desafios e requisitos do ensino superior e do mercado de trabalho (Vasconcelos & Almeida, 2012). Segundo Orborne e Dillan (2008, citado por Vasconcelos & Almeida, 2012), esse fracasso é o reflexo de currículos com conteúdos e metodologias pouco motivadoras. É necessário que os currículos acompanhem as exigências da sociedade e que os professores recebam formação adequada, nesse sentido. Assim, o interesse dos estudantes pela área científica aumentará, bem como a sua preparação para encarar os desafios da sociedade atual, com sucesso (Vasconcelos & Almeida, 2012).

### Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP)

A Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP) é uma metodologia, defendida pela literatura da especialidade, com potencial para responder às novas necessidades que se impõem ao ensino das ciências. Esta metodologia surgiu em 1969, no Canadá, no curso de medicina, e insere-se na perspetiva de Ensino Orientado para a Investigação (EOI). O sucesso desta metodologia levou à sua propagação a outras áreas, nomeadamente ao ensino das ciências (Leite & Esteves, 2006; Vasconcelos & Almeida, 2012).

O ponto de partida do processo de aprendizagem é um cenário problemático, a partir do qual o estudante deverá ser capaz de identificar factos, levantar questões, formular hipóteses e procurar uma solução para o problema apresentado. Ao tentar resolver o problema, o estudante vai desenvolver o seu raciocínio científico, as suas capacidades investigativas, de comunicação, argumentação, autonomia, pensamento crítico e tomada de decisões (Vasconcelos, Amador, Soares & Pinto, 2012).

A ABRP enquadra-se na perspetiva de aprendizagem socioconstrutivista, particularmente na teoria sociocultural de Vygotsky. Esta metodologia tem em conta os saberes prévios dos estudantes, sendo que estes ocupam uma posição central, construindo o seu conhecimento em cooperação com os seus pares. O professor

assume o papel de mediador entre o que o estudante já sabe e o que tem potencial de aprender, é um facilitador da aprendizagem (Vasconcelos & Almeida, 2012).

O recurso ao trabalho colaborativo é fortemente defendido por esta metodologia de aprendizagem. Os grupos de trabalho devem ser pequenos, selecionados pelo professor e heterogéneos, em capacidades e em personalidades (Woods, 2000, citado por Leite & Esteves, 2006; Lopes *et al.*, citado por Vasconcelos & Almeida, 2012). Assim, os estudantes aprendem mais do que quando trabalham individualmente. O trabalho colaborativo permite que estes partilhem aprendizagens, se apoiem mutuamente, aprendam a respeitar diferentes formas de trabalhar, se tornem mais autónomos e capazes de aprenderem ao longo da vida (Leite & Esteves, 2006; Vasconcelos & Almeida, 2012; Vasconcelos *et al*., 2012).

Apesar das suas potencialidades, o trabalho em grupo não é muito comum na sala de aula. A sua implementação enfrenta alguns obstáculos, como, por exemplo, o elevado número de estudantes por turma, indisciplina, escassez de materiais didáticos e a extensão dos currículos face ao tempo disponível (Vasconcelos *et al.*, 2012).

A aplicação da ABRP no ensino das ciências, não implica o abandono de estratégias de ensino mais tradicionais, mas sim o aperfeiçoamento da sua aplicação. Momentos de exposição podem ser utilizados, contudo, devem ser de curta duração, não fornecer as respostas aos estudantes e orientar o seu trabalho sempre que estes se encontram num momento de impasse. Segundo a ABRP, a pluralidade de estratégias e recursos enriquecem o processo de aprendizagem (Vasconcelos & Almeida, 2012).

Neste sentido, a avaliação deve ser contínua, a nível do produto (relatórios, testes, comunicações orais, portefólios, entre outros) e do processo (auto e heteroavaliação). Esta é uma metodologia em que os estudantes devem ser avaliados (enquanto membros de um grupo) a nível da aprendizagem dos conteúdos, do desenvolvimento de raciocínio científico, pensamento crítico e trabalho colaborativo (Leite & Esteves, 2006; Vasconcelos & Almeida, 2012).

Apesar das suas potencialidades, a implementação da ABRP pode não ter os resultados esperados. Cabe ao professor planear a aula e orientar os seus estudantes no decorrer da mesma. Os recursos selecionados pelo docente podem ser inadequados e a orientação dos estudantes ineficiente, deixando-os perdidos, desmotivados, ficando muito aquém das potencialidades previstas pela ABRP (Vasconcelos & Almeida, 2012; Vasconcelos *et al.*, 2012).

Uma das barreiras à implementação desta metodologia é a impreparação dos docentes para desempenharem a função de facilitadores da aprendizagem. Mais do que implementar a ABRP, é importante que os professores recebam a formação adequada para tal (Leite & Esteves, 2006; Vasconcelos *et al.*, 2012). Apesar das dificuldades iniciais na implementação da ABRP, sentidas tanto pelos estudantes como pelos docentes, a familiarização com esta metodologia resulta, regra geral, no reconhecimento das suas potencialidades e satisfação com os resultados obtidos (Leite & Esteves, 2005).

## O Trabalho Prático e a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas

Para Hodson (1998, citado por Leite, 2000), trabalho prático são todas as atividades em que os alunos se encontram ativamente envolvidos, tal como preconiza a ABRP. O trabalho prático pode assumir diferentes formas como, por exemplo, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental (figura 1).

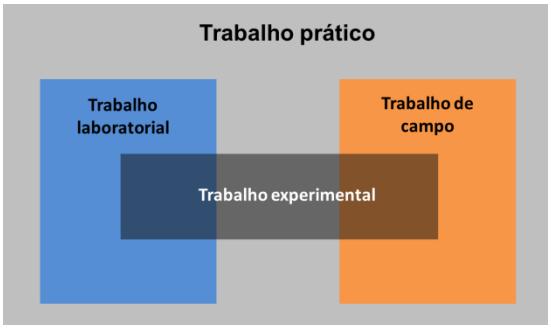



Fig. 1: Relação entre trabalho prático laboratorial, experimental e de campo (Adaptado de Leite, 2000, pp. 2).

Por trabalho laboratorial entendem-se atividades que requerem a utilização de material de laboratório, podendo desenrolar-se num laboratório ou numa sala de aula normal. O trabalho de campo, como o próprio nome indica, é geralmente realizado no local de ocorrência natural dos fenómenos. Se o trabalho prático envolver a manipulação de variáveis é designado por trabalho experimental. Contudo, existem outras modalidades de trabalho prático como, por exemplo, a pesquisa de informação e a resolução de problemas com papel e lápis (Leite, 2000; Mendes & Rebelo, 2011).

O desenvolvimento do raciocínio científico e das capacidades investigativas - observar, medir, classificar, seriar, registar, formular hipóteses, problematizar e prever - exige mais do que apenas ouvir falar sobre ciência. Os estudantes devem fazer ciência, através do trabalho laboratorial, prático e investigativo, desenvolvendo

saberes e capacidades essenciais, enquanto encontram uma resposta para uma questão problema (Afonso, 2008; Vasconcelos & Almeida, 2012).

Na sua maioria, o trabalho laboratorial realizado nas escolas portuguesas não envolve uma participação ativa dos alunos, sendo apenas baseado em protocolos que estes executam sem qualquer reflexão, como se de uma receita de culinária se tratasse. O envolvimento dos alunos na planificação e execução das atividades práticas é essencial à sua aprendizagem (Leite, 2000; Mendes & Rebelo, 2011).

O formato da atividade prática e a intervenção do professor e dos alunos são cruciais na determinação das competências desenvolvidas pelos estudantes e no grau de dificuldade da atividade. Para que as estas sejam bem sucedidas, o grau de abertura das atividades práticas deve ser ponderado pelo professor, tendo em conta as características dos seus alunos, em especial a autonomia dos mesmos (Mendes & Rebelo, 2011).

O trabalho prático enquanto trabalho investigativo (segundo a metodologia ABRP) envolve: a definição de uma questão problema; planificação dos procedimentos a adotar; execução da atividade; registo de dados e obtenção dos resultados; resposta à questão problema (conclusão); comunicação dos resultados e das conclusões. Todas estas fases devem ter a menor intervenção possível do professor que terá o papel de orientar os estudantes sempre que necessário, fomentando a autonomia dos mesmos (Martins *et al.*, 2007).

## 1.2. Enquadramento científico

### Mecanismos de Evolução Zoológica

Ao longo dos tempos existiram várias explicações para a origem e diversidade das formas de vida existentes no nosso planeta. Durante muitos anos essas explicações baseavam-se unicamente em princípios religiosos, acreditando-se que Deus teria criado o mundo e os seres vivos, sem que estes se relacionassem e alterassem ao longo do tempo (Kardong, 2009). No início do século XIX, este pensamento começou a ser posto em causa, surgindo a hipótese de os seres vivos não serem imutáveis e de existirem ancestrais comuns que estariam na sua origem (Universidade do Porto, 2011).

Alguns investigadores avançaram tentativas de explicação dos mecanismos evolutivos. Contudo, nem todos foram bem sucedidos (Kardong, 2009). O impulso decisivo foi dado em 1858, por Darwin e Wallace, com a apresentação de uma nova

teoria que mudou a forma como a vida era vista até então. Em 1859, Darwin publicou *A Origem das Espécies*, onde explica a sua teoria evolutiva, segundo a qual os seres vivos evoluem a partir de um ancestral comum, através da seleção natural e de alterações aleatórias (Ávila, 2008; Darwin, 2009).

O darwinismo teve na sua base as observações científicas de Darwin, a bordo do navio *Beagle*. Os fósseis recolhidos e as observações feitas, durante a viagem de cinco anos, foram preponderantes para o surgimento da sua teoria. As três principais evidências que conduziram Darwin às suas conclusões foram as semelhanças estruturais de órgãos de espécies diferentes, as semelhanças embrionárias de seres muito distintos no estado adulto e as semelhanças entre organismos fossilizados e organismos atuais (Universidade do Porto, 2011).

Apesar de apresentar uma teoria bem fundamentada, Darwin não conseguiu explicar algumas questões como, por exemplo, o aparecimento de variabilidade intraespecífica e o modo de transmissão das características à descendência. Só mais tarde, com o desenvolvimento da genética, estas questões tiveram resposta. A variabilidade intraespecífica estará associada à ocorrência de mutações e recombinações génicas. Por sua vez, a transmissão das características entre gerações dá-se segundo as leis da hereditariedade (Kardong, 2009). As populações começaram então a ser vistas como unidades evolutivas e a seleção natural como o principal agente de evolução (Kutschera & Niklas, 2004).

O contributo de diferentes áreas científicas permitiu fundamentar e consolidar o conceito de evolução ao longo dos tempos. Numa fase inicial, os dados da anatomia comparada, paleontologia, biogeografia e da embriologia, permitiram a aceitação do evolucionismo. Mais tarde, com o desenvolvimento científico, surgiram novas áreas da Biologia como a citologia, biologia molecular e genética, que reforçaram e, em alguns aspetos, reformularam a teoria da evolução da vida (Hildebrand & Goslow, 2001; Kutschera & Niklas, 2004).

As semelhanças entre os seres vivos são indicadoras das suas relações evolutivas. Essas semelhanças podem ser a nível da ancestralidade e da função, sendo definidas, respetivamente, como homologias e analogias (Brusca & Brusca, 2003; Kardong, 2009). Estruturas análogas têm a mesma função mas não têm necessariamente o mesmo aspeto e a mesma origem. Por exemplo, as barbatanas dos mamíferos e dos peixes apresentam a mesma função mas têm uma origem embrionária distinta. Este é um caso de evolução convergente, em que seres filogeneticamente afastados desenvolvem estruturas com funções semelhantes.

Por sua vez, as estruturas homólogas, apesar da origem embrionária comum, podem apresentar aspetos e funções distintas, como é o caso da asa do morcego e da mão do Homem. Neste caso, estamos perante um processo de evolução divergente, isto é, seres relativamente próximos filogeneticamente e que vivem em ambientes distintos, desenvolvem estruturas que, apesar de terem a mesma origem embrionária, têm aspetos e funções diferentes (Hildebrand & Goslow, 2001; Kardong, 2009).

As homologias nem sempre são facilmente reconhecidas em organismos adultos. Porém, são muito evidentes a nível do desenvolvimento embrionário, especialmente em fases mais precoces. Através da embriologia (estudo dos embriões) é também possível estabelecer relações de parentesco entre grupos de seres vivos distintos (Hildebrand & Goslow, 2001; Kardong, 2009; Hall, 2010).

O desenvolvimento de novas áreas como, por exemplo, a biologia molecular, acrescentou dados cruciais para o estudo da evolução biológica. A sequenciação do genoma de diferentes seres vivos e dos aminoácidos das proteínas permite o estabelecimento de relações filogenéticas entre seres vivos diferentes, sendo um importante aliado na construção de hipóteses evolutivas (Santos, 2008; Dilley, 2013; Losos *et al*., 2013).

Com o avanço da biologia molecular, é possível identificar homologias não apenas a nível das estruturas anatómicas (como até então) mas também a nível dos genes. A universalidade do código genético, por si só, pode já ser um indicador da existência de um ancestral comum a todas as formas de vida (Hildebrand & Goslow, 2001; Dilley, 2013).

Uma outra área científica cujo contributo é fundamental para a fundamentação e consolidação do conceito de evolução é a paleontologia. Esta área é responsável pelo estudo da vida passada, através do seu registo fóssil, aliando a Biologia e a Geologia (Hildebrand & Goslow, 2001). Contudo, esta é uma área extremamente desafiante. Uma vez que a maioria dos seres vivos ou vestígios da sua atividade não são fossilizados e que podem ocorrer fenómenos de alteração das rochas, a maioria dos registos fósseis a que os paleontólogos têm acesso encontram-se muito incompletos e degradados (Liem, Bemis, Walker & Grande, 2001).

A recolha do maior número possível de dados fósseis, permite um melhor conhecimento dos seres já extintos. O trabalho conjunto de paleontologistas e artistas permite a construção de réplicas, tão fiéis quanto possível, desses seres (Kardong, 2009). As formas fósseis são essenciais para a compreensão da história evolutiva de alguns grupos de seres vivos, como é o caso das formas fósseis de transição.

O género *Archaeopteryx* é um exemplo de uma forma fóssil de transição. Este combina características típicas dos répteis (dentes e uma longa cauda com vértebras) e das aves (asas e penas). A sua descoberta, combinada com outros dados existentes, permitiram inferir uma origem comum das aves e dos répteis (Kutschera & Niklas, 2004; Xu, You, Du & Han, 2011).

Os dados morfológicos de seres já extintos, recolhidos do seu registo fóssil, têm permitido conhecer o aspeto de formas de vida ancestrais. Contudo, a comunidade científica pretende conhecer mais do que a morfologia desses seres, quer também conhecer a sua fisiologia. Por comparação com os seres vivos atuais, é possível deduzir informações relativas à fisiologia dos seres já extintos (Jerison, 2004; Gillooly, Allen & Charnov, 2006).

Um grupo que tem despoletado o interesse da comunidade científica é o conjunto de seres vivos vulgarmente designados por dinossauros. A sua proximidade filogenética com as aves tem levantado muitas questões, nomeadamente quanto ao seu mecanismo de termorregulação mais provável (Kardong, 2009; Kisia, 2010).

### Superordem Dinosauria

A superordem Dinosauria engloba duas ordens principais: Ornithischia e Saurischia. Os únicos representantes atuais desta superordem, as aves, pertencem à ordem Saurischia (Liem *et al*., 2001). Normalmente, quando nos referimos a dinossauros, não pretendemos incluir as aves neste grupo de animais mas sim os restantes representantes das ordens Saurischia e Ornithischia.

Contudo, não existe uma designação cladisticamente correta que se refira apenas a esse grupo de vertebrados. Na terminologia cladística apenas são reconhecidos grupos monofiléticos, que incluem o ancestral comum e todos os seus descendentes (Pough, Janis & Heiser, 2002). Por uma questão de simplicidade, irei recorrer ao termo “dinossauros” para me referir aos seres constituintes das ordens Saurischia e Ornithischia, com exceção das aves.

Os dinossauros foram os répteis dominantes durante o Mesozóico. Estima-se que os primeiros dinossauros eram pequenos bípedes, carnívoros ou omnívoros, com dimensões entre os 3 e os 4,5 metros. Entre os dinossauros pertencentes à ordem Saurischia, encontram-se alguns dos maiores vertebrados que alguma vez terão existido em terra. Os dinossauros pertencentes à ordem Ornithischia eram herbívoros e alguns apresentavam chifres e armaduras (Pough *et al.,* 2002; Kisia, 2010).

No final do Cretácico iniciou-se o declínio dos dinossauros, que se extinguiram completamente há cerca de 65 milhões de anos. Não existe ainda uma explicação consensual para o seu desaparecimento, existem sim algumas teorias como a ocorrência de alterações climáticas e um forte impacto meteorítico (Kisia, 2010). Este é um grupo de seres vivos muito mediático, despertando não só o interesse da comunidade científica como do público em geral, especialmente dos jovens e crianças.

### Evolução das aves

As aves atuais são facilmente reconhecíveis devido às suas características: têm penas (que terão evoluído das escamas dos répteis) e a maioria tem também a capacidade de voar. São um dos grupos de vertebrados terrestres mais diversificado, com cerca de 10.000 espécies vivas. As aves terão evoluído a partir dos dinossauros pertencentes à subordem Theropoda – grupo de dinossauros bípedes, carnívoros e omnívoros, pertencentes à ordem Saurischia, cujos membros inferiores são munidos de 4 dedos, sendo que o quarto não toca no chão, ficando suspenso (Pough *et al.*, 2002; Chiappe, 2009; Kisia, 2010).

Devido às semelhanças anatómicas existentes entre as aves e os dinossauros muitos cientistas afirmam que as aves devem ser consideradas dinossauros vivos. Por essa razão, as aves são frequentemente designadas como dinossauros aviários e os outros seres, comummente conhecidos como dinossauros, que coexistiram com uma grande variedade de aves primitivas do Mesozóico, são designados como dinossauros não aviários (Pough *et al.*, 2002; Chiappe, 2009).

O registo fóssil forneceu dados fundamentais para o conhecimento da história evolutiva das aves. A descoberta de formas fósseis de transição permitiu a obtenção de dados cronológicos e a visualização das sequências de alterações físicas na evolução das aves (Chiappe, 2009). As principais diferenças entre as aves e os seus ancestrais surgiram como consequência da adaptação ao voo (Kisia, 2010).

A redução do tamanho corporal, aumento do tamanho cerebral, alongamento dos membros superiores, redução do número e tamanho dos dentes, o desenvolvimento do bico e de um esqueleto mais leve, são algumas das alterações associadas à evolução das aves. Existem vários fósseis que fornecem evidências do desenvolvimento de penas e outras características, associadas ao voo, em dinossauros, com outros propósitos que não o voo (Kardong, 2009; Padian & Ricqlès, 2009; Puttick, Thomas & Benton, 2014).

O voo é uma atividade que requer elevados níveis energéticos. As aves têm uma taxa metabólica muito elevada e um sistema circulatório eficiente que lhes permite um modo de locomoção tão complexo como este (Kisia, 2010), sendo classificados como seres endotérmicos. Contudo, a passagem da ectotermia (répteis) para a endotermia (aves e mamíferos) é ainda desconhecida e fonte de controvérsia (Pough *et* al., 2002; Kardong, 2009).

### Mecanismos de termorregulação

A forma como um ser vivo interage com o meio externo, mantendo o meio interno em condições compatíveis com vida (homeostasia) é essencial para a sua sobrevivência. A capacidade dos seres vivos regularem a temperatura corporal, face a alterações da temperatura do meio que o rodeia, designa-se termorregulação. De acordo com os seus mecanismos de termorregulação, existem várias designações atribuídas aos seres vivos: sangue frio ou sangue quente; heterotérmicos ou homeotérmicos; ectotérmicos ou endotérmicos (Pough *et al.*, 2002).

O critério inicial para classificar os seres vivos de acordo com os seus mecanismos de termorregulação era a estabilidade da temperatura corporal. Nos seres heterotérmicos (ou poiquilotérmicos), a temperatura corporal varia em função da temperatura ambiental. Por sua vez, os seres homeotérmicos eram capazes de manter a sua temperatura corporal constante, acima da temperatura ambiental, controlando as taxas de calor produzido e perdido (Randall, Burggren & French, 1997).

Os termos informais “sangue quente”, para os seres homeotérmicos, e “sangue frio”, para os seres heterotérmicos, já não são utilizados, pela incorreção que acarretam. Existem seres heterotérmicos que podem atingir temperaturas corporais muito altas. Todos os peixes, anfíbios, répteis e invertebrados foram classificados como heterotérmicos. As aves e os mamíferos, devido às suas elevadas taxas de produção de calor, foram classificados como homeotérmicos (Pough *et al.*, 2002).

Contudo, muitos seres considerados heterotérmicos são capazes de regular a sua temperatura corporal, controlando a perda de calor, de acordo com as suas necessidades. Além disso, muitas aves e mamíferos permitem uma grande variação da sua temperatura corporal. Estas inconsistências conduziram a uma outra forma de classificação, baseada na fonte de produção de calor corporal (Randall *et al.,* 1997).

Os seres ectotérmicos têm taxas metabólicas relativamente baixas e, frequentemente, elevada condutividade térmica. O calor proveniente do seu metabolismo é, por isso, rapidamente perdido para o meio ambiente. Nestes casos, a

troca de calor com o meio ambiente é muito mais relevante, para a temperatura corporal, do que o calor produzido pelo metabolismo. A elevada condutividade térmica permite ao ser ectotérmico absorver efetivamente o calor do meio que o rodeia. O seu comportamento é a principal fonte de regulação da sua temperatura corporal. Os répteis, anfíbios, peixes e invertebrados são considerados seres ectotérmicos.

Os seres endotérmicos têm elevadas taxas metabólicas, sendo o metabolismo a sua fonte de calor. Por essa razão, a maioria dos seres endotérmicos têm temperaturas corporais superiores às ambientais. Apresentam também, de forma geral, uma baixa condutividade térmica. Um bom isolamento corporal, proporcionado, por exemplo, por penas, pelo e/ou gordura, permite que estes seres conservem o calor produzido internamente, mantendo a temperatura corporal elevada, relativamente ao meio que os rodeia. As aves e os mamíferos são seres endotérmicos (Randall *et al.*, 1997; Pough *et al.*, 2002; Kisia, 2010).

As aves e os mamíferos terão evoluído de seres ectotérmicos. Estima-se que a passagem da endotermia para a ectotermia tenha ocorrido a nível dos répteis que deram origem às aves e aos mamíferos. No entanto, não existem certezas. Se considerarmos que os dinossauros deram origem às aves, uma das grandes questões (ainda não respondida) que se coloca é se estes seriam ectotérmicos (como os répteis atuais), ou endotérmicos (como as aves). (Kardong, 2009; Kisia, 2010).

Existem alguns dados que apontam para a possível endotermia dos dinossauros. A estrutura dos membros inferiores dos dinossauros sugere que estes se deslocavam a grandes velocidades, o que só é possível com uma taxa metabólica elevada. A histologia dos ossos dos dinossauros indica crescimento rápido, típico de seres endotérmicos. A existência de estruturas de isolamento térmico (como as penas) e as grandes dimensões de alguns dinossauros sugerem, também, que estes seriam endotérmicos (Hurlburt, 1994; Hildebrand & Goslow, 2001; Kardong, 2009).

Um outro dado que pode ajudar a esclarecer a questão da ecto ou endotermia dos dinossauros é o tamanho cerebral, relativamente ao tamanho corporal. Sabe-se que um cérebro de grandes dimensões necessita de grandes quantidades de energia. Níveis de energia tão elevados requerem um metabolismo também elevado, como o dos seres endotérmicos (Liem *et al.,* 2001).

Através dos crânios fossilizados dos dinossauros, é possível estimar as dimensões dos cérebros desses seres. A forma dos moldes internos da cavidade craniana aproxima-se daquela que seria a forma do cérebro, uma vez que o quociente de encefalização dos répteis e aves extintas varia entre os 50% e 100% (Larsson,

Sereno & Wilson, 2000). Comparando a relação volume cerebral/volume corporal dos seres já extintos com a dos seres atuais, pode-se inferir o mecanismo de termorregulação mais provável de seres já extintos, como é o caso dos dinossauros (Hurlburt, 1994; Larsson *et al.*, 2000; Liem *et al.*, 2001).

## Processos de Meteorização das Rochas

As rochas são normalmente consideradas como algo definitivo e imutável. Contudo, Chaskolskaia (1959, citado por Carvalho, 2003) considerava que as rochas *"nascem, vivem, envelhecem e degradam-se"*. A ideia de as rochas serem imutáveis resulta da lentidão da maioria dos processos geológicos, quando comparados com a vida humana (Plummer, McGeary & Carlson, 2003).

Contudo, agora compreendemos que o sistema Terra é constituído por quatro subsistemas abertos, que interagem dinamicamente entre si: a atmosfera, a hidrosfera, a biosfera e a geosfera. As interações entre estes subsistemas, ocorridas ao longo de milhares de milhões de anos, facilitam o movimento contínuo (cíclico) de materiais e a alteração dos mesmos (Skinner, Porter & Park, 2004).

A atuação dos agentes de geodinâmica interna e externa, cujas fontes de energia são, respetivamente, o calor interno da Terra e a energia solar, provoca alterações do nosso planeta, umas mais evidentes do que outras. O ciclo das rochas é um exemplo incontestável da interação entre os diferentes subsistemas terrestres. Este descreve os vários processos, internos e externos, intervenientes na formação e modificação dos diferentes tipos de rochas (Plummer *et al.,* 2003).

As rochas, sistemas abertos, são compostas por minerais. Aqui pode-se entender os minerais como subsistemas, que se tornam instáveis quando sujeitos a condições diferentes das da sua génese. Na sequência da segunda lei da termodinâmica, esses minerais e, consequentemente, a rocha em questão, sofrem alterações, adaptando-se às condições físicas e químicas do novo meio. A alteração de uma rocha leva à sua desagregação e decomposição, quando a entropia aumenta, destruindo as redes cristalinas dos minerais e movimentando os seus catiões para novas posições (Aires-Barros, 1991; Carvalho, 2003; Velde & Meunier, 2008).

Existem dois tipos de alterações das rochas, as deutéricas e as meteóricas. As alterações deutéricas ou primárias ocorrem endogenamente, isto é, em profundidade. Por sua vez, as meteóricas ou secundárias ocorrem exogenamente, ou seja, à superfície (Aires-Barros, 1991). No contexto desta investigação, relevam estas últimas.

As rochas quando expostas à superfície terrestre, são alteradas pelos agentes de geodinâmica externa. A este processo dá-se o nome de meteorização. A

meteorização envolve processos químicos, físicos e biológicos e é o processo através do qual as rochas se aproximam de um equilíbrio estável, face às novas condições em que estão inseridas. Esta aproximação envolve, geralmente, a sua desagregação e, por vezes, a decomposição total ou parcial dos seus minerais (Boggs, 2001; Carvalho, 2003; Plummer *et al.*, 2003).

Alguns dos minerais da rocha que sofre meteorização (rocha-mãe) são completamente destruídos enquanto outros, os mais resistentes, são acumulados como residuais. Podem ainda formar-se novos minerais, minerais neoformados ou secundários, como é o caso dos óxidos de ferro e dos minerais de argila. Os produtos de meteorização são a fonte de materiais dos solos e das rochas sedimentares (Boggs, 2001; Plummer *et al.*, 2003).

As rochas não respondem todas da mesma forma aos agentes de meteorização. A taxa de alteração de uma rocha e dos seus minerais depende, essencialmente, do tipo de rocha, da sua composição química, integridade estrutural, do tipo de agente de meteorização e tempo de atuação. As rochas metamórficas e ígneas, geralmente, são as mais suscetíveis à meteorização, uma vez que as condições superficiais diferem muito daquelas que lhes deram origem sendo, por isso, mais instáveis (Carvalho, 2003; Plummer *et al.*, 2003; Blatt, Tracy & Owens, 2006).

Um erro comum é confundir meteorização com erosão. A meteorização provoca a desagregação da rocha *in situ*. A erosão é o processo de remoção física das partículas resultantes da meteorização. Os processos de meteorização podem ser divididos em duas grandes categorias - físicos e químicos. Apesar de menos comum, podemos ainda classificar a meteorização relativamente ao seu local de ocorrência, como sendo subaérea ou submarina (Boggs, 2001; Plummer *et al*., 2003).

A meteorização física ou mecânica inclui processos responsáveis pela fracturação/desintegração da rocha, sem que ocorra uma alteração química da mesma. Por sua vez, a meteorização química engloba processos de decomposição da rocha, isto é, alteração química e mineralógica da mesma, com a formação de novos compostos químicos. Apesar da distinção, na natureza os dois processos estão intimamente interligados, ocorrendo muitas vezes em simultâneo e facilitando a atuação um do outro (Pomerol, Lagabrielle & Renard, 2002; Plummer *et al.*, 2003; Grotzinger, Jordan, Press & Siever, 2007; Leeder, 2011).

### Meteorização Física

As regiões do globo onde ocorrem alterações essencialmente físicas das rochas são as regiões áridas e polares. Nestas regiões, a taxa de meteorização química é muito baixa, uma vez que a água no estado líquido é praticamente inexistente e, consequentemente, há pouca vegetação e atividade bioquímica. Apenas cerca de 14% da área continental da Terra tem estas características (Carvalho, 2003).

A alternância entre períodos secos e de forte humidade leva a uma alteração do teor de água nas rochas e, consequentemente, a variações de volume das mesmas. As tensões geradas pela variação de volume das rochas conduzem à sua fracturação, especialmente em rochas ligeiramente ou pouco cimentadas. A desintegração maior da rocha ocorre no período seco, provavelmente devido à pressão negativa gerada e consequente contração da massa rochosa (Boggs, 2001; Plummer *et al.,* 2003).

Quando a água se infiltra nas fissuras das rochas e a temperatura baixa para valores negativos, ocorre a solidificação dá água. Quando a água solidifica, ocorre um aumento do seu volume em cerca de 9%. As tensões geradas pelo aumento de volume da água vão provocar o alargamento das fissuras já existentes. Este fenómeno é designado por crioclastia (Boggs, 2001; Carvalho, 2003; Plummer *et al.,* 2003; Skinner *et al.,* 2004). Carvalho (2003) considera ainda o conceito de gelivação que abarca não só a crioclastia mas também a desagregação das rochas pela solidificação da água presente nos seus poros.

Ainda associada a variações de temperatura, pode-se considerar a termoclastia. A termoclastia é o processo de desintegração de uma massa rochosa, devida à variação da temperatura. Com o aumento da temperatura ocorre dilatação dos corpos e, por sua vez, quando esta diminui os corpos contraem. As rochas poliminerálicas são constituídas por minerais diferentes, que apresentam uma resposta diferenciada às amplitudes térmicas. Consequentemente, os minerais vão apresentar diferentes índices de expansão de volume, em resposta às mudanças de temperatura. A variação cíclica de volume das rochas e dos seus minerais provoca a desagregação das massas rochosas (Boggs, 2001; Pomerol *et al*., 2002; Carvalho, 2003; Skinner *et al.*, 2004).

O fogo também pode ser um agente de meteorização. Uma vez que as rochas são más condutoras de calor, quando expostas a um fogo intenso apenas a camada mais externa sofre um aumento significativo da temperatura. Com o aumento da temperatura, essa camada externa da rocha vai expandir-se (aumento muito

acentuado de volume), fragmentando de forma explosiva, como de fosse uma lasca (Skinner *et al.*, 2004).

A água que se movimenta pelas fraturas e poros das rochas contém iões dissolvidos, que podem precipitar na forma de sais. O crescimento dos cristais gera pressões internas nos poros e fraturas das rochas que podem alargar as fraturas já existentes ou causar a desintegração granular das rochas fracamente cimentadas. Este processo tem a designação de haloclastia (Boggs, 2001; Carvalho, 2003; Skinner *et al.*, 2004).

As rochas formadas em profundidade (ígneas e metamórficas), quando expostas à superfície estão sujeitas a uma pressão muito inferior à do interior da Terra. Resultante deste alívio de pressão, dá-se a expansão e fracturação das massas rochosas. Estas fraturas designam-se diáclases (Boggs, 2001; Carvalho, 2003; Plummer *et al.*, 2003; Skinner *et al.*, 2004).

Os seres vivos também contribuem para a meteorização física das rochas. O crescimento de plantas e líquenes nas fissuras das rochas, por exemplo, provoca o seu alargamento. A abertura de tocas, por parte dos animais, também afeta a integridade física das rochas, facilitando a atuação de outros agentes de meteorização (Carvalho, 2003; Plummer *et al.*, 2003; Grotzinger *et al*., 2007).

A meteorização física ou mecânica aumenta a área rochosa exposta, facilitando a atuação de outros agentes de meteorização. Pode-se então dizer que a meteorização física facilita a meteorização química. Contudo, o inverso também é verdade. A meteorização química pode afetar também integridade estrutural da rocha (Carvalho, 2003; Plummer *et al.*, 2003; Skinner *et al*., 2004).

### Meteorização Química

As zonas do globo onde os processos de meteorização química são dominantes (86% da superfície continental), relativamente aos processos de meteorização física, são regiões com grandes quantidades de água no estado líquido, cobertura vegetal mais ou menos desenvolvida e forte atividade bioquímica. Nos processos de meteorização química temos a ocorrência de reações químicas como dissolução, hidratação/desidratação, hidrólise, oxidação/redução e trocas iónicas (Boggs, 2001; Carvalho, 2003; Plummer *et al.*, 2003; Skinner *et al.*, 20004; Grotzinger *et al*., 2007).

A dissolução corresponde a um processo químico de reação dos minerais com a água ou um ácido. As ligações entre os átomos são quebradas e os iões ficam livres,

dissolvidos na solução. A água é capaz de dissolver facilmente cloretos (halite e silvite) e carbonatos de metais alcalinos (sódio). Pode ainda dissolver, embora seja raro, alguns sulfatos, como os de cálcio (gesso ou anidrite, por exemplo), e carbonatos de metais alcalino-terrosos (calcite ou dolomite). Os restantes minerais são praticamente insolúveis em água (Boggs, 2001; Carvalho, 2003).

Contudo, a capacidade de dissolução da água aumenta quando esta tem dióxido de carbono e outros ácidos orgânicos dissolvidos. O dióxido de carbono dissolvido na água forma o ácido carbónico. O ácido carbónico dissolve o carbonato de cálcio dos calcários e de outras rochas carbonatadas, transformando o carbonato de cálcio em bicarbonato de cálcio, que é muito mais solúvel (Carvalho, 2003).

A hidratação é um processo de meteorização que implica a combinação química dos minerais com a água, formando um novo mineral. Este processo é acompanhado por um aumento de volume, podendo levar à rutura física da rocha. A desidratação é precisamente o inverso - implica a remoção da água da estrutura dos minerais, convertendo-os na sua forma anidra. A desidratação também é acompanhada de uma diminuição de volume, contribuindo para a desagregação da rocha (Aires-Barros, 1991; Boggs, 2001).

A hidrólise é uma reação química, extremamente importante, que ocorre entre silicatos e soluções que contêm iões $H^+$ (ácidas). Esta reação leva à quebra das ligações dos silicatos e libertação dos catiões metálicos e ácido silícico. Se o alumínio estiver presente nos minerais hidrolisados, pode ocorrer a formação de minerais de argila. As águas correntes e das chuvas têm geralmente um pH ligeiramente ácido, sendo bons hidrolisantes. O caráter ácido destas águas deve-se, essencialmente, ao dióxido de carbono atmosférico que se dissolve na água, acidificando-a (Aires-Barros, 1991; Boggs, 2001; Carvalho, 2003).

Os processos de oxidação/redução estão ligados entre si. Não ocorre oxidação sem que ocorra redução. A oxidação consiste na perda de eletrões de um átomo ou de um ião e a redução no ganho de eletrões por parte dessas partículas. O agente de oxidação mais comum e mais eficaz é o oxigénio, abundante na atmosfera e em muitas águas naturais. O ferro é dos elementos comuns nas rochas mais afetado pela oxidação. Este processo é mais verificado em regiões quentes, tropicais e subtropicais (Boggs, 2001; Carvalho, 2003; Plummer *et al.*, 2003).

Um outro processo de meteorização química são as trocas iónicas - particularmente importantes na alteração de um mineral de argila para outro. Esta é uma reação de troca de iões entre uma solução e os minerais. A maioria das trocas é

realizada a nível dos catiões como, por exemplo, o cálcio e o sódio. Contudo, apesar de não ser tão usual, a troca também pode ocorrer a nível de aniões (Boggs, 2001).

Os processos de meteorização química transformam as rochas e os minerais, expostos à água e ao ar, em novos produtos químicos. Os minerais vão alterar-se, gradualmente, até que estejam em condições de equilíbrio com o meio envolvente (Plummer *et al.,* 2003; Grotzinger *et al.*, 2007).

### Meteorização Submarina

Apesar de ter contornos ligeiramente diferentes da meteorização subaérea, também ocorre meteorização nas áreas imersas, a meteorização submarina. Os sedimentos e as rochas dos fundos marinhos são alterados por reação com a água do mar. Estudos realizados a rochas vulcânicas, particularmente das dorsais medio-oceânicas, demonstraram que a meteorização submarina dos basaltos é um fenómeno químico de extrema importância. Deste processo resulta tanto a hidratação como a lixiviação (remoção contínua, por uma solução aquosa, do material solúvel) dos basaltos e alterações da composição da água do mar, por trocas iónicas resultantes da reação do basalto com a água do mar (Boggs, 2001; Skinner *et al.*, 2003).

### Suscetibilidade à meteorização

Os processos de meteorização ocorrem a diferentes velocidades e intensidades, dependendo do clima, composição mineralógica, tamanho dos grãos das rochas e cimentação das mesmas. Um outro fator muito importante para a taxa de meteorização de uma rocha é a sua composição mineralógica. A série de Goldich (Figura 2) apresenta a estabilidade relativa de alguns dos principais minerais máficos e félsicos. Note-se que os minerais mais estáveis são os que têm menores pontos de fusão, sendo por isso mais estáveis nas condições superficiais (Boggs, 2001).

| Minerais Máficos | Minerais Félsicos | Resistência à meteorização |
|---|---|---|
| Olivina<br>Piroxena<br>Anfíbola<br>Biotite | Plagioclase Ca<br>Plagioclase Ca-Na<br>Plagioglase Na<br>Feldspato K<br>Moscovite<br>Quartzo | Menor<br>↓<br>Maior |

Fig. 2: Série de Goldich (Adaptado de Boggs, 2001, pp. 8).

### Efeitos da meteorização

Apesar de frequentemente associarmos os processos de meteorização a processos destrutivos - monumentos danificados e blocos rochosos fraturados e/ou oxidados -, a meteorização está associada à produção de recursos importantes. Da destruição de uma rocha surge o solo, relevante para a vegetação e, consequentemente, para a agricultura. Os produtos da meteorização transportados pelos rios até aos mares servem de nutrientes a muitos seres marinhos. Alguns minérios metálicos, como o alumínio e o cobre, são concentrados em depósitos economicamente rentáveis, através de processos de meteorização química (Plummer *et al*., 2003).

Muitas das rochas meteorizadas apresentam formas interessantes. A forma geralmente arredondada das superfícies meteorizadas resulta de uma meteorização mais fácil e intensa dos cantos e das arestas dos blocos rochosos, conferindo-lhes essa forma arredondada. A meteorização diferencial, resultante de diferentes resistências aos processos de meteorização, está na origem, por exemplo, das cristas quartzíticas, que conferem uma beleza singular à paisagem onde estão inseridas (Plummer *et al*., 2003; Grotzinger *et al*., 2007). Os processos de meteorização estão também na base da formação das rochas sedimentares, originando sedimentos. Após erosão, transporte, deposição e, se for o caso, diagénese, dos produtos resultantes da meteorização, formam-se as rochas sedimentares (Carvalho, 2003)

O conhecimento dos processos da alteração das rochas, nos diversos ambientes, é importante a nível da sedimentologia, geomorfologia, geologia económica e aplicada, pedologia, prospeção geoquímica, geologia do ambiente, engenharia, entre muitas outras áreas. Através da alteração que observamos das rochas atuais e das condições responsáveis por elas, podemos, por exemplo, inferir condições geológicas passadas, compreender e interpretar formas de relevo e a sua evolução, fazer a prospeção de matérias primas e antecipar eventuais riscos geológicos (Boggs, 2001; Carvalho, 2003; Grotzinger *et al*., 2007).

## 1.3. Enquadramento curricular

Os temas científicos selecionados tanto para a Biologia como para a Geologia, enquadram-se no currículo do 11º ano de escolaridade (ano 2) da disciplina Biologia e Geologia, do curso Científico Humanístico de Ciências e Tecnologia (Ministério da Educação, 2003).

## Mecanismos de Evolução Zoológica

O tema *Mecanismos de Evolução Zoológica* insere-se na vertente da Biologia dos conteúdos curriculares do 11º ano de Biologia e Geologia. Esta unidade dedica-se ao estudo da Evolução Biológica, dividindo-se na subunidade 1 – *Unicelularidade e Multicelularidade* e na subunidade 2 – *Mecanismos de Evolução*.

Esta investigação, no domínio da Biologia, foca-se na subunidade 2, mais concretamente no contributo de diferentes áreas científicas, como a paleontologia, na fundamentação e consolidação do conceito de evolução. No quadro 1 é possível analisar as recomendações do Ministério da Educação (2003) para a abordagem desta temática.

Quadro 1: Recomendações do Ministério da Educação para a abordagem da subunidade 2 da unidade 7, da vertente de Biologia do currículo de Biologia e Geologia (ano 2) (Adaptado de Ministério da Educação, 2003, pp. 11).

| Conteúdos Concetuais | Conteúdos procedimentais | Conteúdos atitudinais | Recordar e/ou enfatizar | Evitar | Conceitos / Palavras Chave |
|---|---|---|---|---|---|
| 2. Mecanismos de evolução<br>2.1. Evolucionismo *vs* fixismo. | - Recolher, organizar e interpretar dados de natureza diversa, relativos ao evolucionismo e aos argumentos que o sustentam, em oposição ao fixismo. | - Reconhecimento de que o avanço científico e tecnológico é condicionado por contextos (ex. socioeconómicos, religiosos, políticos…), geradores de controvérsias, que podem dificultar o estabelecimento de posições consensuais.<br>- Construção de opiniões fundamentadas sobre diferentes perspetivas científicas e sociais (filosóficas, religiosas…) relativas à evolução dos seres vivos. | - Os contributos de diferentes áreas científicas (ex. anatomia, citologia, química, paleontologia…) na fundamentação e consolidação do conceito de evolução. | - O estudo pormenorizado das teorias evolucionistas.<br>- A abordagem exaustiva dos argumentos que fundamentam a teoria evolucionista. | - Fixismo<br>- Evolucionismo<br>- Seleção natural<br>- Seleção artificial |

## Processos de Meteorização das Rochas

A temática *Processos de meteorização das Rochas*, enquadra-se na unidade 2, da vertente da Geologia dos conteúdos curriculares do 11º ano de Biologia e Geologia. Esta unidade dedica-se ao estudo dos *Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres* e divide-se em 4 subunidades. A que nos interessa particularmente é a subunidade 2.1. – *Principais etapas de formação das rochas sedimentares*. As indicações do Ministério da Educação (2003) para o desenvolvimento deste tema encontram-se no quadro 2.

Quadro 2: Recomendações do Ministério da Educação para a abordagem da subunidade 1 da unidade 2, da vertente de Geologia do currículo de Biologia e Geologia (ano 2) (Adaptado de ME, 2003, pp. 20).

| Conteúdos Concetuais | Recordar e/ou enfatizar | Evitar | Conceitos / Palavras Chave |
|---|---|---|---|
| 2.1. Principais etapas de formação das rochas sedimentares. Rochas sedimentares. As rochas sedimentares, arquivos históricos da Terra. | - As principais etapas de formação das rochas sedimentares. | - Descrições exaustivas e pormenorizadas de cada uma das etapas de formação das rochas sedimentares.<br>- O estudo descontextualizado das rochas sedimentares sem relação direta com o processo que presidiu à sua formação e com os ambientes geodinâmicos em que se produzem. | - Meteorização (química e física), erosão, transporte, deposição e diagénese. |

## 1.4. Problema de Investigação

O problema desta investigação é: "*Os estudantes aprendem mecanismos de evolução zoológica e processos de meteorização das rochas, com recurso ao trabalho prático segundo a metodologia ABRP?"*.

## 1.5. Objetivos da Investigação

De acordo com o problema de investigação, o objetivo principal desta investigação será avaliar se os estudantes aprendem mecanismos de evolução zoológica e processos de meteorização das rochas, com recurso ao trabalho prático segundo a metodologia ABRP. Contudo, existem outros objetivos que se pretendem alcançar com este estudo. O quadro 3 apresenta uma sistematização dos objetivos gerais e específicos desta investigação.

Quadro 3: Objetivos da Investigação.

| **Objetivos da Investigação** | |
|---|---|
| Gerais | - Avaliar se os estudantes aprendem mecanismos de evolução zoológica e processos de meteorização das rochas, com recurso ao trabalho prático segundo a metodologia ABRP.<br>- Avaliar se mesmo os estudantes com mais dificuldades aprendem mecanismos de evolução e processos de meteorização química e física com recurso ao trabalho prático, segundo a metodologia ABRP.<br>- Promover o desenvolvimento de saberes/capacidades investigativas nos estudantes.<br>- Aumentar o interesse dos estudantes pelas ciências. |
| Biologia | - Avaliar a eficiência e viabilidade da implementação da atividade laboratorial desenvolvida.<br>- Sensibilizar para a importância do trabalho colaborativo de diferentes áreas para a reconstrução da história evolutiva.<br>- Aumentar o interesse dos estudantes pela Biologia. |
| Geologia | - Avaliar a eficiência e viabilidade da implementação da atividade prática desenvolvida.<br>- Avaliar a superação de um tema identificado com problemático para os alunos com recurso ao trabalho prático, segundo a metodologia ABRP.<br>- Aumentar o interesse dos estudantes pela Geologia. |

# 2. Metodologia de investigação

## 2.1. Programa de intervenção no domínio da Biologia

A temática *Mecanismos de Evolução Zoológica* permite abordar o caráter provisório, empírico, subjetivo, criativo, cultural e socialmente incorporado e baseado em inferências humanas do conhecimento científico (Vasconcelos & Almeida, 2012). Tendo em conta as potencialidades da metodologia ABRP e do trabalho prático, referidas anteriormente, foi desenvolvida uma atividade laboratorial, com recurso à metodologia ABRP, para a exploração desta temática. O protocolo da atividade laboratorial desenvolvida encontra-se no apêndice 1 e é a adaptação do trabalho

desenvolvido por Hurlburt (1994). Tanto quanto foi possível apurar, a utilização e adaptação deste trabalho, no ensino secundário, é pioneira em Portugal.

Com esta atividade laboratorial pretendia-se a construção e aprofundamento de conhecimentos a nível concetual e desenvolvimento das capacidades investigativas dos estudantes. No quadro 4, encontra-se esquematizado o plano de ação para o desenvolvimento dos conteúdos programáticos desta temática.

Quadro 4: Plano de intervenção no domínio da Biologia.

| **Atividades desenvolvidas no domínio da Biologia** |
|---|
| - Atividade laboratorial: "Os dinossauros seriam endotérmicos ou ectotérmicos?" |
| - Apresentação, interpretação e discussão dos resultados da atividade laboratorial. |
| - Avaliação da atividade laboratorial<br>  - Observação da prestação dos alunos no decorrer da atividade;<br>  - Relatório da aula laboratorial;<br>  - Teste 1;<br>  - Teste 2;<br>  - Inquérito de opinião dos estudantes; |

A aula laboratorial iniciou-se com a análise de um caso sobre a provável evolução das aves a partir dos dinossauros. Recordando os mecanismos de termorregulação, estudados no ano 1 de Biologia e Geologia, os alunos foram orientados para a colocação da questão problema da atividade laboratorial desenvolvida: "Os dinossauros seriam endotérmicos ou ectotérmicos?".

Colocada a questão problema, e dispostos em grupos de 3 ou 4 elementos, os estudantes apresentaram sugestões quanto ao procedimento laboratorial possível para responder à questão problema. As propostas dos alunos, orientados pela professora, foram de encontro ao protocolo do apêndice 1, uma adaptação do trabalho proposto por Hurlburt (1994).

Foram utilizadas réplicas dos géneros *Triceratops, Caudipteryx, Tyrannosaurus e Velociraptor*. De seguida encontram-se algumas informações relativas os géneros selecionados e fotografias das réplicas utilizadas.

### *Triceratops*

O género *Triceratops* (Figura 3) pertence à ordem Ornithischia e viveu durante o Cretácico superior, na América do Norte. Estes seriam animais herbívoros, quadrúpedes, munidos de um impressionante colar ósseo e três chifres no focinho (dois de maiores dimensões acima dos olhos e um menor na região nasal). O focinho terminava num bico, muito semelhante ao dos papagaios atuais. Pesava aproximadamente nove toneladas e tinha cerca de oito metros de comprimento. O seu crânio podia atingir os três metros de comprimento (Hurlburt, 1994; Farke, 2004; Piccini, 2012b).

### *Caudipteryx*

O género *Caudipteryx* (Figura 4) pertence à ordem Saurischia e viveu durante o Cretácico superior. O seu nome significa "cauda com penas" e deve-se à sua grande cauda provida de penas. Media cerca de um metro de comprimento, pesava entre cinco e sete quilos, era bípede, o seu corpo era revestido por penas, apresentava um bico e patas inferiores grandes e semelhantes às das aves. Os poucos dentes que possuía situavam-se no maxilar (Perkins, 2000; Piccini, 2012a)

### *Tyrannosaurus*

O género *Tyrannosaurus* (Figura 5) pertente à ordem Saurischia e viveu no Cretácico superior. Tinha entre doze e treze metros de comprimento e pesava aproximadamente seis toneladas. Era bípede e os seus membros superiores eram de reduzidas dimensões. A sua cauda seria como um contrapeso, equilibrando a sua elevada massa corporal, durante os seus deslocamentos. Dada a sua massa corporal, este deveria ser demasiado lento para ser um predador eficaz sendo considerado necrófago por alguns autores (Hurlburt, 1994; Pough *et al.,* 2002; Piccini, 2012a).

### *Velociraptor*

O género *Velociraptor* (Figura 6) pertence à ordem Saurischia e viveu no Cretácico superior. Tinha cerca de dois metros de comprimento e pesava aproximadamente vinte e cinco quilos. Tratava-se de um ser bípede, carnívoro, munido de uma garra em forma de foice nos membros inferiores e, segundo descobertas recentes, o seu corpo estaria recoberto por penas (Pough *et al.*, 2002; Piccini, 2012; Jacobs, 2013).



Fig. 6: Fotografia de réplica de *Triceratops*



Fig. 6: Fotografia de réplica de *Caudipteryx*



Fig. 6: Fotografia de réplica de *Tyrannosaurus*.



Fig. 6: Fotografia de réplica de *Velociraptor*.

Com recurso aos modelos selecionados, foi estimada a massa corporal desses seres (figura 7 (a) e (b)) e, através de desenhos à escala das vistas lateral e dorsal dos moldes internos da cavidade endocraniana desses géneros (apêndice 2), foi estimada a massa cerebral dos mesmos (figura 7 (c)). Os valores obtidos foram inseridos no gráfico da figura 8, como se pode observar na Figura 7 (d), comparando os valores das massas cerebrais e corporais dos géneros de dinossauros estudados e dos grupos de seres vivos atuais.

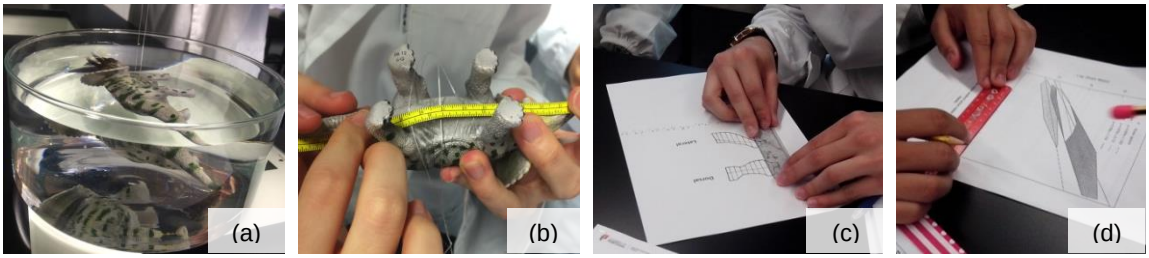



Fig. 7: Fotografias do desenvolvimento do trabalho laboratorial de Biologia. As imagens (a) e (b) estão relacionadas com o cálculo da massa corporal, a imagem (c) com o cálculo da massa cerebral e a (d) com a comparação dos valores obtidos com os dos seres atuais.

Os resultados foram depois apresentados, interpretados e discutidos no grupo turma, concluindo-se que o mecanismo de termorregulação mais provável dos géneros analisados seria a endotermia, uma vez que a relação massa cerebral/massa corporal era, geralmente, superior à observada nos répteis atuais (ectotérmicos) e mais próxima dos mamíferos e das aves atuais (endotérmicos). Os resultados obtidos encontram-se no apêndice 3.

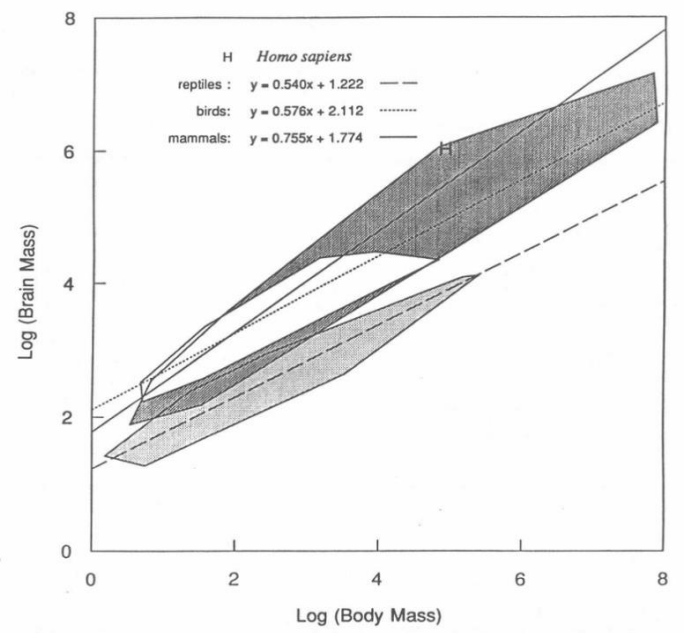



Fig. 8: Gráfio Log-log da massa cerebral vs. massa corporal para mamíferos, aves e répteis, atuais (Retirado de Hurlburt, 1994, pp. 197)

## 2.2. Programa de intervenção no domínio da Geologia

Com o objetivo de definir quais os temas do currículo de Biologia e Geologia com subaproveitamento, por parte dos alunos, foram inquiridos 4 professores que já lecionaram Biologia e Geologia (ano 2) e 46 alunos que já frequentaram essa disciplina. Apurados os cinco temas considerados mais problemáticos, tanto por alunos como professores, entrevistaram-se 7 dos 46 alunos inquiridos. Estes 7 alunos reuniam duas condições consideradas fulcrais para orientar uma tomada de decisão: já haviam tido contacto com os conteúdos do 11º ano e integravam a nossa amostra de investigação, isto é, encontravam-se retidos no 11º ano.

Após este estudo preliminar, o tema *Processos de meteorização das rochas* foi considerado como sendo um dos mais problemáticos para os alunos. Definido o tema de trabalho, foi realizado um teste diagnóstico, com recurso ao *software Hot Potatoes* (apêndice 11), aos alunos que integram a nossa amostra. Este teste tinha o objetivo de identificar falhas nos conhecimentos prévios do domínio da física e da química dos alunos, necessários à compreensão dos conteúdos desta temática.

No planeamento da atividade a desenvolver, foi dada uma atenção especial aos resultados das entrevistas e do teste diagnóstico, procurando-se estratégias e recursos que permitissem ultrapassar as dificuldades reconhecidas. Posteriormente foi elaborado e disponibilizado um documento de revisão dos conteúdos necessários para a compreensão dos processos de meteorização.

As sugestões metodológicas do Ministério da Educação (2003) para a abordagem dos processos de meteorização, passam pela observação de amostras de rochas meteorizadas. Assim, foi desenvolvida uma atividade prática, adaptada do trabalho de Kennett (2008), que consiste na associação de processos de meteorização e respetivas explicações a amostras de mão ou imagens de rochas meteorizadas. O material utilizado encontra-se no apêndice 12. O quadro 5 esquematiza o plano de ação para o desenvolvimento dos conteúdos programáticos da temática *Processos de meteorização química e física*, desde a definição do tema até à avaliação da atividade desenvolvida.

Os alunos foram dispostos em grupos de 3 ou 4 alunos e foi-lhes entregue um conjunto de amostras de mão, imagens de rochas meteorizadas e descrições dos processos de meteorização atuantes. Durante a resolução da atividade, os alunos deveriam recolher factos e colocar questões. As propostas de resolução da atividade foram apresentadas e discutidas no grupo turma.

Quadro 5: Plano de intervenção no domínio da Geologia.

| Atividades desenvolvidas |
|---|
| - Estudo preliminar para definição do tema:<br>  - Inquérito a 4 professores e 46 alunos;<br>  - Entrevistas a 7 dos 46 alunos; |
| - Teste diagnóstico, com recurso ao *software Hot Potatoes.* |
| - Disponibilização de documento de revisão de alguns conhecimentos prévios, necessários para a compreensão dos processos de meteorização. |
| - Atividade prática com recurso à metodologia ABRP |
| - Avaliação da atividade desenvolvida<br>  - Observação da prestação dos alunos<br>  - Teste 1, com recurso ao *software Hot Potatoes*<br>  - Teste 2<br>  - Inquérito de opinião dos alunos |

Após a atividade prática, que permitiu um primeiro contacto com os diferentes agentes de meteorização, foram sendo apresentados e analisados outros casos específicos de meteorização. Na apresentação desses casos, com recurso a imagens, vídeos e simulações dos diferentes processos, os alunos eram orientados para a recolha de factos e colocação de questões.

## 2.3. Amostra

A amostra deste estudo é constituída por 53 alunos, 28 indivíduos do sexo masculino e 25 do sexo feminino, com idades distribuídas entre os 16 e 18 anos. A amostra corresponde aos alunos das turmas atribuídas à investigadora sendo, por isso, uma amostra não probabilística (não aleatória), de conveniência (Coutinho, 2014).

Além de verificar se os estudantes aprendem com recurso ao trabalho prático segundo a metodologia ABRP, pretendia-se perceber se os alunos com mais dificuldades cognitivas também eram bem sucedidos com esta abordagem. Para tal, dividiu-se a amostra em dois grupos, tendo em conta a classificação obtida no 10º ano (ano 1) da disciplina de Biologia e Geologia. Esta divisão teve como único objetivo avaliar a resposta de alunos com diferentes níveis de aproveitamento a Biologia e Geologia, não se refletindo na divisão dos grupos de trabalho em sala de aula.

O grupo A era constituído por 24 alunos, cuja classificação no ano letivo anterior foi entre 0 e 13 valores. Destes 24 alunos, 7 frequentaram o 11º ano, nesta unidade curricular, pela segunda vez. O grupo A é, pelas suas características, o grupo que apresenta maiores dificuldades cognitivas. O grupo B, por sua vez, era constituído por 29 alunos, com classificações entre os 14 e os 20 valores. O quadro 6 sintetiza as características já referidas da amostra desta investigação.

Quadro 6: Características da amostra desta investigação.

| | Grupo A | Grupo B |
|---|---|---|
| **Nº alunos** | 24 | 29 |
| **Classificação ano letivo anterior** | 0 – 13 Valores | 14 – 20 Valores |
| **Género** | 16 Masculino; 8 Feminino | 12 Masculino; 17 Feminino |

## 2.4. Estudo de Caso

A investigação desenvolvida é um estudo de caso inclusivo (Coutinho, 2014). Um estudo de caso é um plano de investigação que envolve o estudo intensivo e aprofundado daquilo que é definido como o "caso". Um caso pode se quase tudo: um único indivíduo, um pequeno ou grande grupo de indivíduos, até mesmo uma nação pode ser considerada um caso de estudo.

A utilização desta metodologia de investigação tem aumentado nos últimos anos nas Ciências Sociais e Humanas (Gay, Mills & Airasian, 2011; Coutinho, 2014). Os objetivos orientadores de um estudo de caso podem ser coincidentes com os objetivos das investigações em Ciências Sociais e Humanas: explorar, descrever, explicar, avaliar e/ou transformar (Gómez *et al.*, 1996, citado por Coutinho, 2014). Para Yin (1994, citado por Carmo & Ferreira, 2008) um estudo de caso é uma abordagem empírica que investiga um fenómeno no seu contexto real.

Num estudo de caso recorre-se a diversas fontes de dados, tornando-se possível assegurar diferentes perspetivas dos participantes e obter várias medições do mesmo fenómeno. A triangulação dos dados de várias fontes garante a credibilidade das conclusões retiradas, conferindo-lhes uma maior legitimidade. Apesar de ser considerado um estudo qualitativo, o investigador pode proceder à recolha de dados quantitativos, tornando-se numa metodologia mista (Yin, 2004; Coutinho, 2014).

O estudo de caso pode ser holístico ou inclusivo. Coutinho (2014) apresenta-nos o exemplo em que o "caso" de estudo é uma turma. Quando analisamos a turma na sua globalidade, trata-se de um estudo holístico ou global. Se ao estudarmos essa turma a dividirmos em subunidades (género, estrato socioeconómico ou aproveitamento) trata-se de um caso inclusivo.

O processo de amostragem num estudo de caso é não aleatório ou não probabilístico, dinâmico e sequencial (pode ser alterado com a evolução do estudo) e de ajuste automático (permite uma redefinição da amostra caso se justifique). O processo de amostragem só termina quando toda a informação pretendida é recolhida (Coutinho, 2014).

## 2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolha de Dados

### Domínio da Biologia

Como referido no capítulo 4, existiram 5 momentos de avaliação (quadro 7). No primeiro momento de avaliação procedeu-se ao registo do desempenho dos estudantes, no decorrer da atividade. Foram avaliados quatro parâmetros, com recurso a uma grelha de observação (apêndice 4), definida pelo grupo disciplinar da escola onde decorreu a investigação. Os quatro parâmetros definidos são: interesse, autonomia e curiosidade; sentido de responsabilidade e reflexão crítica; cooperação; apresentação e fundamentação da opinião. As classificações atribuídas foram Insuficiente, Suficiente e Bom

Quadro 7: Recolha de dados no domínio da Biologia.

| Momento | Técnica / Instrumento | Descrição |
|---|---|---|
| 1 | Grelha de Observação | - Registos relativos ao interesse, autonomia, curiosidade, sentido de responsabilidade, reflexão crítica, cooperação, apresentação e fundamentação da opinião, demonstrados pelos alunos, durante a intervenção. |
| 2 | Relatório aula laboratorial | - Relatório da atividade laboratorial, realizados pelos estudantes. |
| 3 | Teste 1 | - Teste escrito, composto por 5 questões de escolha múltipla, relacionadas com a atividade desenvolvida. |
| 4 | Teste 2 | - Teste escrito, composto por 2 questões de escolha múltipla e 1 questão de desenvolvimento. |
| 5 | Inquérito | - Inquérito composto por 5 questões, com o objetivo de recolher a opinião dos estudantes, relativamente à atividade desenvolvida. |

No segundo momento de avaliação recorreu-se aos relatórios da atividade laboratorial, realizados pelos estudantes. A estrutura do relatório e a respetiva cotação está de acordo com o estabelecido pelo grupo disciplinar da escola. Os critérios utilizados para a sua correção encontram-se no apêndice 5 e a classificação final atribuída foi arredondada às unidades.

No terceiro momento de avaliação foi realizado um teste escrito (apêndice 6), onde foram incluídas 5 questões de escolha múltipla, relacionadas com o trabalho desenvolvido. A cotação atribuída a cada uma das questões foi a mesma. Por essa razão, de modo a facilitar o tratamento dos dados e a sua compreensão apenas foi considerado o número de respostas corretas dos estudantes, neste instrumento de avaliação.

No quarto momento de avaliação, à semelhança do terceiro, foi realizado um teste escrito (apêndice 7) que incluía duas questões de escolha múltipla e uma de desenvolvimento. As questões de escola múltipla foram analisadas separadamente da questão de desenvolvimento. Para as questões de escolha múltipla teve-se em

consideração o número de respostas corretas. Para a questão de desenvolvimento foram considerados três tópicos de resposta e considerou-se o número de tópicos alcançados pelos estudantes.

No quinto e último momento de avaliação, foram recolhidas as opiniões dos estudantes, relativamente à atividade desenvolvida, com recurso a um inquérito (apêndice 8). O inquérito utilizado é constituído por cinco questões e é uma adaptação do inquérito utilizado por Vasconcelos *et al*. (2012). Para evitar influenciar as respostas dos estudantes, este foi um inquérito anónimo. Por este motivo, durante o tratamento dos seus dados não será feita a distinção entre os grupos A e B, considerando-se apenas um único grupo, os 53 alunos que integram a nossa amostra.

### Domínio da Geologia

Os dados recolhidos no domínio da Geologia pretendiam selecionar um tema com subaproveitamento, orientar a preparação da atividade desenvolvida e avaliar a sua eficiência. Os diferentes momentos de recolha de dados, no domínio da Geologia, encontram-se esquematizados no quadro 8.

Quadro 8: Recolha de dados no domínio da Geologia.

| Momento | | Técnica / Instrumento | Descrição |
|---|---|---|---|
| 1. Investigação preliminar | 1.1. | Inquérito | - Inquérito para apuramento de temas com subaproveitamento, junto de alunos (46) e professores (4). |
| | 1.2. | Entrevista | - Entrevista a 7 dos alunos inquiridos anteriormente, para apuramento de temas com subaproveitamento. |
| 2. Investigação principal | 2.1 | Teste | - Teste de diagnóstico digital, com recurso ao *software Hot Potatoes*, constituído por 2 questões de escolha múltipla e 2 de associação. |
| | 2.2. | Grelha de observação | - Registos relativos ao interesse, autonomia, curiosidade, sentido de responsabilidade, reflexão crítica, cooperação, apresentação e fundamentação da opinião, demonstrados pelos alunos, durante a intervenção. |
| | 2.3. | Teste 1 | - Teste digital, com recurso ao *software Hot Potatoes*, constituído por 1 questão de associação, 6 de verdadeiro e falso e 1 de escolha múltipla. |
| | 2.4. | Teste 2 | - Teste escrito, constituído por 1 questão de escolha múltipla e 2 de desenvolvimento. |
| | 2.5 | Inquérito | - Inquérito composto por 5 questões, com o objetivo de recolher a opinião dos estudantes, relativamente à atividade desenvolvida. |

O apuramento dos temas com subaproveitamento (investigação preliminar) ocorreu numa primeira fase com recurso a um inquérito (apêndice 9) junto de 46 alunos que tinham frequentado a disciplina de Biologia e Geologia ano 2, no ano letivo anterior, e 4 professores que já haviam lecionado esses conteúdos. Desses 46 alunos, 7 integram a amostra da investigação principal, são estudantes que ficaram retidos no 11º ano.

Dos cinco temas mais referidos como problemáticos no inquérito feito anteriormente, foi feita uma tentativa de apurar quais as dificuldades específicas

nesses temas e quais os mais problemáticos. Para isso realizaram-se entrevistas individuais (apêndice 10) aos 7 alunos retidos. Optou-se por entrevistar apenas estes alunos por uma questão de disponibilidade dos mesmos e porque eram os únicos estudantes que integram a nossa amostra e que já haviam tido contacto com os conteúdos selecionados.

Definido o tema de trabalho – *Processos de meteorização química e física* – terminou a investigação preliminar e passou-se à investigação principal. Foram averiguadas quais as principais falhas nos conhecimentos prévios necessários à compreensão desta temática, por parte dos estudantes da nossa amostra. Esse levantamento foi feito com recurso a um teste diagnóstico em formato digital (apêndice 11), desenvolvido no *software Hot Potatoes*, um recurso educativo para a criação de testes digitais. A classificação atribuída foi entre 0 a 20 valores, arredondada às unidades, e é constituído por duas questões de escolha múltipla e duas de associação.

Foram feitos registos quanto à prestação dos alunos durante a atividade. Esse registo foi feito através de uma grelha de observação (apêndice 4), definida pelo grupo disciplinar da escola, que tem em conta quatro parâmetros: interesse, autonomia e curiosidade; sentido de responsabilidade e reflexão crítica; cooperação; apresentação e fundamentação da opinião. As classificações atribuídas foram Insuficiente, Suficiente e Bom.

Após a intervenção, foi realizado um teste em formato digital (apêndice 13), à semelhança do teste diagnóstico, com recurso ao *software Hot Potatoes*. A classificação deste teste também é entre 0 e 20 valores, arredondada às unidades, e é constituído por uma questão de associação, seis de verdadeiro e falso e uma de escolha múltipla.

Um outro instrumento de avaliação foi um teste escrito (apêndice 14). Este teste é constituído por uma questão de escolha múltipla e duas de desenvolvimento. Cada uma das questões é analisada separadamente. Na questão de escolha múltipla, apenas se tem em conta se os estudantes responderam corretamente. Nas questões de desenvolvimento tem-se em conta o número de tópicos de resposta alcançados, para cada uma das questões. Cada questão de desenvolvimento tem três tópicos de resposta.

Para terminar, foram recolhidas as opiniões dos estudantes, relativamente à atividade desenvolvida, com recurso a um inquérito (apêndice 8). O inquérito utilizado é constituído por cinco questões, e é uma adaptação do inquérito utilizado por

Vasconcelos *et al*. (2012). Para evitar influenciar as respostas dos estudantes, este foi um inquérito anónimo. Por este motivo, durante o tratamento dos seus dados não será feita a distinção entre os grupos A e B, considerando-se apenas um único grupo, os 53 alunos que integram a nossa amostra.

## 2.6. Tratamento de Dados

Os dados recolhidos foram organizados em tabelas de frequências e sujeitos a testes de qui-quadrado ou testes exatos de Fisher, sempre que oportuno. Os testes qui-quadrado e de Fisher foram utilizados para verificar a existência de associações estatisticamente significativas entre o nível das respostas e os grupos com menor (grupo A) ou maior (grupo B) aproveitamento, à disciplina de Biologia e Geologia.

Os inquéritos de opinião dos estudantes sobre as intervenções realizadas e os dados recolhidos na investigação preliminar de Geologia não foram alvo destes testes estatísticos. No primeiro caso, devido ao anonimato das respostas, não é possível associar as respostas aos grupos A e B. No que respeita aos dados da investigação preliminar apenas importa averiguar as frequências absolutas e relativas para a definição do tema de Geologia.

O teste de qui-quadrado é representado pela letra grega $\chi^2$ e é um teste não paramétrico, que se aplica a variáveis discretas, testando a existência de associações estatisticamente significativas entre as variáveis definidas (Ravid, 2011). Este teste indica apenas se duas variáveis estão ou não associadas, não indicando o grau de relacionamento entre elas, como um coeficiente de correlação (Hill & Hill, 2012).

Quando a aplicação de teste qui-quadrado não é viável, pode proceder-se à junção de categorias ou recorrer ao teste de Fisher (Ravid, 2011; Hill & Hill, 2012). O teste de Fisher apenas pode ser aplicado a tabelas de contingência do tipo 2x2 e corresponde ao cálculo do valor exato da probabilidade de as variáveis em estudo serem independentes, sendo, por isso, frequentemente designado como teste exato de Fisher (Samuels & Witmer, 2003).

# 3. Resultados e discussão

## 3.1. Domínio da Biologia

### Observação da prestação dos alunos

Os resultados da prestação dos estudantes no decorrer da intervenção encontram-se nos quadros 9, 10, 11 e 12. Para tornar possível a aplicação dos testes

estatísticos, procedeu-se à junção de categorias, sendo estabelecidas apenas duas: "*Bom"* e "*Suficiente/Insuficiente"*.

Verifica-se que a maioria dos estudantes que integram a amostra obteve a classificação "*Bom"* em todos os parâmetros avaliados. Apesar dos bons resultados em termos globais, observam-se associações estatisticamente significativas entre a classificação obtida e os grupos A e B, em todos os parâmetros, exceto a nível da cooperação. O grupo A apresenta piores resultados do que o grupo B a nível do interesse, autonomia e curiosidade ($\chi^2$=10,15; g.l.=1; $p$<0.01), do sentido de responsabilidade e reflexão crítica ($\chi^2$=20,65; g.l.=1; $p$<0.01) e da apresentação e fundamentação da opinião ($\chi^2$=15,7; g.l.=1; $p$<0.01). A nível da cooperação com os outros, os resultados do grupo A são tão bons como os do grupo B (teste de Fisher: $p$=0.081), não se verificando uma associação estatisticamente significativa entre o nível de cooperação e os grupos estabelecidos.

Apesar das associações estatisticamente significativas, os resultados obtidos são extremamente positivos nos dois grupos. Existe apenas um estudante que obtém *Insuficiente* em todos os parâmetros avaliados. Estes resultados indicam a eficiência da atividade desenvolvida a nível do interesse, autonomia, curiosidade, sentido de responsabilidade, reflexão crítica, cooperação, apresentação e fundamentação das opiniões, por parte dos estudantes.

Quadro 9: Resultados do interesse, autonomia e curiosidade – Biologia (N=53); *fa (*frequência absoluta*); fr* (frequência relativa).

| | **Interesse, autonomia e curiosidade** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | | **B** | | **TOTAL** | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **Bom** | 12 | 0,50 | 26 | 0,90 | 38 | 0,72 |
| **Suficiente** | 11 | 0,46 | 3 | 0,10 | 14 | 0,26 |
| **Insuficiente** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **Faltou** | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 10: Resultado do sentido de responsabilidade e reflexão crítica – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta)*; fr* (frequência relativa).

| | **Sentido de responsabilidade e reflexão crítica** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | | **B** | | **TOTAL** | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **Bom** | 8 | 0,33 | 27 | 0,93 | 35 | 0,66 |
| **Suficiente** | 15 | 0,63 | 2 | 0,07 | 17 | 0,32 |
| **Insuficiente** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **Faltou** | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 11: Resultados da cooperação com os outros – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Coopera com os outros | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* |
| **Bom** | 18 | 0,75 | 27 | 0,93 | 45 | 0,85 |
| **Suficiente** | 5 | 0,21 | 1 | 0,03 | 6 | 0,11 |
| **Insuficiente** | 1 | 0,04 | 1 | 0,03 | 2 | 0,04 |
| **Faltou** | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 12: Resultados da apresentação e fundamentação da opinião – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Apresenta e fundamenta a sua opinião | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* |
| **Bom** | 9 | 0,38 | 26 | 0,90 | 35 | 0,66 |
| **Suficiente** | 14 | 0,58 | 3 | 0,10 | 17 | 0,32 |
| **Insuficiente** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **Faltou** | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

## Relatório da aula laboratorial

Os resultados dos estudantes no relatório da aula laboratorial encontram-se no quadro 13. Para o cálculo do valor de qui-quadrado procedeu-se à junção de categorias, estabelecendo-se apenas duas: *"classificação igual ou inferior a 13 valores ou não entregou"; "classificação igual ou superior a 14 valores"*.

É possível observar que os resultados em termos globais são positivos, com 67% dos estudantes a obterem uma classificação superior a 14 valores. A percentagem de notas negativas é muito baixa, apenas 2% (corresponde a um aluno). Contudo, existe um dado preocupante - cerca de 17% dos estudantes não entregaram o relatório da aula laboratorial, sendo que a maioria pertence ao grupo A, identificado como grupo com mais dificuldades cognitivas.

A explicação para o elevado número de alunos que não entrega um elemento de avaliação importante, dadas as suas dificuldades cognitivas, poderá estar ser o seu desinteresse, demonstrado ao longo do ano, por todas as atividades desenvolvidas fora do contexto de sala de aula. Os alunos que não entregaram os relatórios são, maioritariamente, alunos que se envolveram ativamente na atividade laboratorial, tendo um bom desempenho na mesma. Contudo, não se empenham nas atividades extra aula.

Observam-se ainda associações estatisticamente significativas entre a classificação obtida e os grupos A e B ($\chi^2$=11,35; g.l.=1; $p$<0.01), sendo que o grupo B apresenta melhores resultados do que o A. Esta diferença poderá dever-se às

dificuldades cognitivas associadas ao grupo A e ao grande número de alunos deste grupo que não entregou o relatório.

Quadro 13: Resultados do relatório da aula laboratorial – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Relatório da aula laboratorial | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* |
| **N.E.** | 8 | 0,33 | 1 | 0,03 | 9 | 0,17 |
| **0-9** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **10-13** | 5 | 0,21 | 3 | 0,10 | 8 | 0,15 |
| **14-17** | 9 | 0,38 | 13 | 0,45 | 22 | 0,42 |
| **18-20** | 1 | 0,04 | 12 | 0,41 | 13 | 0,25 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

## Teste 1

Os resultados dos estudantes no teste 1 encontram-se no quadro 14. Os alunos não respondentes são alunos que faltaram ao teste, não sendo por isso contabilizados para o teste estatístico. Os resultados estão expressos no número de respostas corretas, tendo-se estabelecido duas categorias para o teste de Fisher: *"0 a 2 respostas corretas"* e *"3 a 5 respostas corretas"*.

Os resultados globais obtidos são francamente positivos, com cerca de 81% dos estudantes a ter três a cinco questões corretas e apenas 15% com uma classificação insatisfatória, acertando no máximo duas questões. Através do teste de Fisher, verifica-se a existência de associações estatisticamente significativas entre os alunos do grupo A e do grupo B (Teste de Fisher: $p$=0.0116). Os alunos do grupo A, apesar de terem maioritariamente um desempenho positivo, têm resultados inferiores quando comparados com os estudantes do grupo B. Os resultados positivos deste teste apontam, também, para a eficiência da metodologia adotada, no desenvolvimento da capacidade de mobilização de saberes e capacidades.

Quadro 14: Resultados do teste 1 – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Resultados do teste 1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* |
| **N.R.** | 1 | 0,04 | 1 | 0,03 | 2 | 0,04 |
| **0-2** | 7 | 0,29 | 1 | 0,03 | 8 | 0,15 |
| **3-5** | 16 | 0,67 | 27 | 0,93 | 43 | 0,81 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

## Teste 2

Os resultados dos estudantes no teste 2 encontram-se nos quadros 15 e 16. No quadro 15 temos os resultado das duas questões de escolha múltipla e no quadro

16 da questão de desenvolvimento. Os alunos assinalados como não respondentes faltaram ao teste e, por esse motivo, não foram considerados para o teste estatístico. Nas questões de escolha múltipla (apenas duas), foram criadas duas categorias: *"acertou uma ou nenhuma questão"* e "*acertou as duas questões"*. Na pergunta de desenvolvimento, foram tidos em conta três tópicos de resposta (apêndice 7), estabelecendo-se duas categorias no teste estatístico: "*acertou um ou nenhum tópico"* e "*acertou dois ou três tópicos"*.

Os resultados obtidos nas questões de escolha múltipla são positivos. Cerca de 68% dos estudantes respondem corretamente às duas questões, 19% acerta apenas uma questão e apenas 8% não respondem corretamente a nenhuma das duas questões. Existem associações estatisticamente significativas ($\chi^2$=17,97; g.l.=1; $p$<0.01) entre os níveis de resposta e os estudantes do grupo A, que apresentam piores resultados, e os estudantes do grupo B, com melhores resultados.

Na questão de desenvolvimento verifica-se uma grande dispersão de resultados. Cerca de 49% dos estudantes não referem nenhum dos tópicos ou referem apenas um e 45 % assinala dois ou 3 tópicos de resposta. Estes resultados refletem uma maior dificuldade no que respeita à capacidade de escrita científica. Essa dificuldade é especialmente evidente nos estudantes do grupo A, em que 50% não acertou nenhum dos indicadores de resposta e o máximo conseguido foram dois tópicos. Apesar da dispersão dos resultados, verifica-se também a existência de associações estatisticamente significativas ($\chi^2$=11,61; g.l.=1; $p$<0.01) entre o nível das respostas e os grupos A e B, sendo que o primeiro apresenta piores resultados do que o segundo.

Neste teste os resultados obtidos são positivos, especialmente nas questões de escolha múltipla, apontando para a eficiência da atividade desenvolvida. Contudo, as dificuldades evidenciadas no que respeita à capacidade de escrita científica não devem ser ignoradas. Tanto os alunos do grupo A como do grupo B evidenciaram ainda problemas neste ponto.

Quadro 15: Resultados do teste 2, escolha múltipla – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | **Teste 2 - escolha múltipla** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | | **B** | | **TOTAL** | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **N.R.** | 1 | 0,04 | 2 | 0,07 | 3 | 0,06 |
| **0** | 4 | 0,17 | 0 | 0,00 | 4 | 0,08 |
| **1** | 9 | 0,38 | 1 | 0,03 | 10 | 0,19 |
| **2** | 10 | 0,42 | 26 | 0,90 | 36 | 0,68 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 16: Resultados do teste 2, questão de desenvolvimento – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Teste 2 - Questão de desenvolvimento | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* | *fa* | *fr* |
| **N.R.** | 1 | 0,04 | 2 | 0,07 | 3 | 0,06 |
| **0 Id** | 12 | 0,50 | 2 | 0,07 | 14 | 0,26 |
| **1 Id** | 6 | 0,25 | 6 | 0,21 | 12 | 0,23 |
| **2 Id** | 5 | 0,21 | 9 | 0,31 | 14 | 0,26 |
| **3 Id** | 0 | 0,00 | 10 | 0,34 | 10 | 0,19 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

## Inquérito de opinião

As opiniões dos estudantes relativas à atividade desenvolvida encontram-se no quadro 17. Uma vez que estes dados foram recolhidos de forma anónima, evitando influenciar as respostas dos estudantes, não é possível associar os resultados obtidos aos grupos estabelecidos.

Cerca de 81% dos estudantes consideraram que a metodologia utilizada lhes permitiu aprenderem conteúdos científicos e 58% consideram que conseguiu captar a sua atenção. Cerca de 51% dos estudantes referiram ainda que a metodologia utilizada os ajudou a desenvolver a capacidade de escrita científica, 42% que lhes permitiu desenvolver a capacidade de argumentação e 32% que aprenderam a trabalhar melhor em equipa. Apenas 19% consideraram que aprenderam a procurar soluções para resolver os problemas do quotidiano e 6% dos alunos consideram que esta metodologia dificultou a sua aprendizagem por não ser fornecida a resposta direta às questões.

Relativamente à colocação de questões, 45% considerou que colocou questões autonomamente, 36% selecionou questões dentro das apresentadas e colocou novas questões e 15% apenas se envolveu nas questões fornecidas. No que toca à argumentação e comunicação dos resultados, 60% considerou que foi orientado pela professora neste processo, 34% estabeleceu autonomamente a sua argumentação e comunicação dos resultados e 2% considerou que foi a professora que lhes forneceu as argumentações.

Quanto às tarefas realizadas, 87% considera que foram interessantes e motivadoras, 6% considerou que estas não tinham interesse e 4% considera que foram muito extensas. Quanto aos materiais utilizados, 91% considerou que estavam bem organizados e apresentados, 4% que eram demasiado longos e 2% que eram confusos e extensos. As opiniões são, maioritariamente, muito positivas quanto à

metodologia, tarefas e materiais utilizados, sendo que os alunos reconhecem o desenvolvimento de saberes e capacidades referidos na literatura da especialidade.

Quadro 17: Resultados do inquérito de opinião – Biologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| Inquérito de opinião | | *fa* | *fr* |
|---|---|---|---|
| **1**. Em relação à metodologia utilizada nas aulas para lecionar "Mecanismos de Evolução" considerei que (selecione as opções que se aplicam nesta situação): | **A)** ensinou a procurar soluções para resolver problemas do quotidiano | 10 | 0,19 |
| | **B)** dificultou a aprendizagem, por não ser fornecida a resposta direta às questões | 3 | 0,06 |
| | **C)** ensinou a trabalhar melhor em equipa | 17 | 0,32 |
| | **D)** permitiu aprender conteúdos científicos | 43 | 0,81 |
| | **E)** captou a minha atenção | 31 | 0,58 |
| | **F)** ajudou a desenvolver a capacidade de argumentar em grupo e no grupo turma | 22 | 0,42 |
| | **G)** ajudou a desenvolver a capacidade de escrita científica | 27 | 0,51 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| **2.** Após a apresentação do problema (assinale apenas a opção mais correta): | **A)** coloquei questões | 24 | 0,45 |
| | **B)** selecionei questões dentro das que foram apresentadas e coloquei novas questões | 19 | 0,36 |
| | **C)** envolvi-me nas questões fornecidas pela professora e pelos documentos materiais | 8 | 0,15 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| **3.** Na argumentação e comunicação aos meus colegas sobre o resultado do problema (assinale apenas a opção mais correta): | **A)** estabeleci autonomamente argumentação lógica para comunicar as soluções das questões-problema formuladas | 18 | 0,34 |
| | **B)** a professora orientou-me no processo de argumentação e no desenvolvimento da comunicação da solução às questões-problema formuladas | 32 | 0,60 |
| | **C)** foi a professora que me deu as argumentações para saber comunicar as soluções às questões-problema formuladas | 1 | 0,02 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| **4.** As tarefas realizadas foram (assinale apenas a opção mais correta): | **A)** Muito extensas | 2 | 0,04 |
| | **B)** Interessantes e motivadoras | 46 | 0,87 |
| | **C)** Sem interesse | 3 | 0,06 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| **5.** Relativamente aos materiais utilizados (assinale apenas a opção mais correta): | **A)** Estavam bem organizados e bem apresentados | 48 | 0,91 |
| | **B)** Eram confusos e extensos | 1 | 0,02 |
| | **C)** Eram demasiado longos | 2 | 0,04 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| | **Total** | 53 | 1,00 |

## 3.2. Domínio da Geologia

### Investigação Preliminar – Inquérito

Os resultados obtidos no inquérito do estudo preliminar encontram-se no quadro 18. Estes dados não foram sujeitos a nenhum teste estatístico uma vez que apenas interessava definir quais os temas mais apontados como problemáticos. Os

inquiridos foram 46 alunos que já frequentaram o 11º ano de Biologia e Geologia e 4 professores que já lecionaram esses conteúdos.

Os cinco temas mais referidos como problemáticos pelos alunos e, particularmente, pelos professores são: *"Meteorização química e física"*, *"Minerais e as suas propriedades"*; *"Cristalização e diferenciação dos magmas"*, *"Minerais e matéria cristalina"*; *"Minerais de origem metamórfica, recristalização e minerais índice"*.

Quadro 18: Resultados do inquérito dos temas com subaproveitamento – Geologia (N=50); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | | Professores | | Alunos | | TOTAL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **Ocupação antrópica e problemas do quotidiano** | Bacias Hidrográficas | 1 | 0,25 | 13 | 0,28 | 14 | 0,28 |
| | Zonas Costeiras | 0 | 0 | 12 | 0,26 | 12 | 0,24 |
| | Zonas de Vertente | 0 | 0 | 13 | 0,28 | 13 | 0,26 |
| **Rochas Sedimentares** | Meteorização química e física | 3 | 0,75 | 14 | 0,30 | 17 | 0,34 |
| | Minerais e as suas propriedades | 2 | 0,5 | 9 | 0,20 | 11 | 0,22 |
| | Classificação das rochas sedimentares | 0 | 0 | 12 | 0,26 | 12 | 0,24 |
| | Ambientes sedimentares | 0 | 0 | 9 | 0,20 | 9 | 0,18 |
| | Estrato, sequência estratigráfica, ambientes e paleoambientes | 0 | 0 | 9 | 0,20 | 9 | 0,18 |
| | Princípios da estratigrafia | 0 | 0 | 6 | 0,13 | 6 | 0,12 |
| | Fósseis e processos de fossilização | 0 | 0 | 3 | 0,07 | 3 | 0,06 |
| | Escala do tempo geológico | 0 | 0 | 3 | 0,07 | 3 | 0,06 |
| **Rochas magmáticas** | Definição de magma | 0 | 0 | 1 | 0,02 | 1 | 0,02 |
| | Composição e classificação dos magmas | 2 | 0,5 | 9 | 0,20 | 11 | 0,22 |
| | Cristalização e diferenciação dos magmas | 4 | 1 | 20 | 0,43 | 24 | 0,48 |
| | Minerais e matéria cristalina | 1 | 0,25 | 16 | 0,35 | 17 | 0,34 |
| | Características das rochas magmáticas | 0 | 0 | 5 | 0,11 | 5 | 0,1 |
| | Exemplos de rochas magmáticas | 0 | 0 | 13 | 0,28 | 13 | 0,26 |
| **Rochas metamórficas** | Agentes de metamorfismo | 0 | 0 | 5 | 0,11 | 5 | 0,1 |
| | Minerais de origem metamórfica, recristalização e minerais índice | 2 | 0,5 | 26 | 0,57 | 28 | 0,56 |
| | Tipos de metamorfismo | 1 | 0,25 | 5 | 0,11 | 6 | 0,12 |
| | Classificação das rochas metamórficas | 0 | 0 | 14 | 0,30 | 14 | 0,28 |
| **Comportamento dos materiais** | Comportamento dúctil e frágil | 0 | 0 | 15 | 0,33 | 15 | 0,3 |
| | Falhas | 2 | 0,5 | 7 | 0,15 | 9 | 0,18 |
| | Dobras | 1 | 0,25 | 8 | 0,17 | 9 | 0,18 |
| **Exploração sustentada de recursos geológicos** | Recursos geológicos | 0 | 0 | 6 | 0,13 | 6 | 0,12 |
| | Recursos hidrogeológicos | 0 | 0 | 4 | 0,09 | 4 | 0,08 |
| | Recursos energéticos | 0 | 0 | 1 | 0,02 | 1 | 0,02 |
| | Recursos minerais | 0 | 0 | 5 | 0,11 | 5 | 0,1 |

### Investigação preliminar – Entrevistas

Os dados recolhidos das entrevistas aos 7 estudantes retidos, dos 46 inquiridos anteriormente, encontram-se no quadro 19. Estes não foram sujeitos a nenhum teste estatístico já que apenas se pretendia selecionar os dois temas mais problemáticos entre os cinco assinalados anteriormente (inquérito) e encontrar linhas orientadoras para a nossa intervenção.

Dos estudantes entrevistados, 57% não gostam de Geologia afirmando que esta não é uma área interessante e que é muito abstrata. No entanto, 43% dos estudantes demonstram interesse por esta área, afirmando que é interessante compreender os constituintes da Terra e compreender os fenómenos naturais.

As principais dificuldades reconhecidas a nível do tema *"Processos de meteorização química e física"* são: identificar o agente de meteorização em situações reais (100%); compreender as reações químicas que ocorrem nas rochas (86%); distinguir os processos de meteorização química e física (57%); compreender a atuação dos agentes físicos de meteorização (43%); compreender a influências das amplitudes térmicas nas rochas (29%).

A nível do tema *"Minerais e suas propriedades"* reconhecem dificuldades na compreensão da influência do arranjo atómico nas propriedades dos minerais (86%), compreensão das propriedades dos minerais (86%), constituição química dos minerais (29%), classificação dos minerais (29%) e formação dos minerais (29%). No tema *"Cristalização e diferenciação dos magmas"* os estudantes evidenciam dificuldades em compreender o processo de cristalização (100%), de diferenciação do magma (100%), a série de Bowen (100%), em associar o processo de cristalização à formação de minerais (71%) e compreender que o magma não solidifica todo ao mesmo tempo (57%).

O tema *"Minerais e matéria cristalina"* revelam sentir dificuldades na compreensão dos conceitos de isomorfismo (100%) e polimorfismo (86%) e na compreensão das condições de formação de um cristal (14%). Por fim, no tema *"Minerais de origem metamórfica, recristalização e minerais índice"*, a ocorrência de recristalização no estado sólido (100%), transformação de um mineral num mineral diferente (86%) e o conceito de mineral indicador (43%) são as principais dúvidas assinaladas pelos estudantes.

Dos cinco temas assinalados, 86% dos estudantes consideraram que os temas *"Meteorização química e física"* e *"Cristalização e diferenciação dos magmas"* são os temas mais problemáticos. Quando questionados quanto ao que consideram ser essencial para a sua aprendizagem, numa aula de Biologia e Geologia, estes assinalaram a análise de casos reais (100%), imagens (100%), vídeos (100%) e gráficos ou esquemas (71%) como facilitadores da aprendizagem.

Quadro 19: Resultados das entrevistas dos temas com subaproveitamento – Geologia (N=7); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| Questão | Indicador/Resposta | *fa* | *fr* |
|---|---|---|---|
| 1. Gosta de Geologia? | 1. Sim. | 3 | 0,43 |
| | 2. Não. | 4 | 0,57 |
| 1.1. Justifique, por favor. | 1.1. É interessante conhecer os constituintes da Terra. | 3 | 0,43 |
| | 1.2. É interessante compreender os fenómenos naturais. | 1 | 0,14 |
| | 2.1. A Geologia não é interessante. | 4 | 0,57 |
| | 2.2. A Geologia é muito abstrata. | 2 | 0,29 |
| 2. Relativamente ao tema "*Processos de meteorização química e física*", quais as principais dificuldades que sentiu na abordagem do mesmo? | 1. Distinção entre meteorização química e física. | 4 | 0,57 |
| | 2. Identificar o agente de meteorização em situações reais. | 7 | 1,00 |
| | 3. Compreender como as amplitudes térmicas podem provocar a meteorização das rochas. | 2 | 0,29 |
| | 4. Compreender as diferentes reações químicas que provocam a meteorização das rochas. | 6 | 0,86 |
| | 5. Compreender a atuação dos agentes físicos de meteorização. | 3 | 0,43 |
| 3. Relativamente ao tema "*Minerais e as suas propriedades"*, quais as principais dificuldades que sentiu na abordagem do mesmo? | 1. Constituição química dos minerais. | 2 | 0,29 |
| | 2. Classificação dos minerais. | 2 | 0,29 |
| | 3. Influência do arranjo atómico nas propriedades dos minerais. | 6 | 0,86 |
| | 4. Formação dos minerais. | 2 | 0,29 |
| | 5. Propriedades dos minerais. | 6 | 0,86 |
| 4. Relativamente ao tema "Cristalização e diferenciação dos magmas", quais as principais dificuldades que sentiu na abordagem do mesmo? | 1. Compreender o processo de cristalização. | 7 | 1,00 |
| | 2. Compreender o processo de diferenciação do magma. | 7 | 1,00 |
| | 3. Compreender a série de Bowen. | 7 | 1,00 |
| | 4. Associar o processo de cristalização à formação de minerais. | 5 | 0,71 |
| | 5. Compreender que o magma não solidifica todo ao mesmo tempo. | 4 | 0,57 |
| 5. Relativamente ao tema "Minerais e matéria cristalina", quais as principais dificuldades que sentiu na abordagem do mesmo? | 1. Compreensão do isomorfismo. | 7 | 1,00 |
| | 2. Compreensão do polimorfismo. | 6 | 0,86 |
| | 3. Compreensão das condições de formação de um cristal. | 1 | 0,14 |
| 6. Relativamente ao tema "Minerais de origem metamórfica, recristalização e minerais índice", quais as principais dificuldades que sentiu na abordagem do mesmo? | 1. Ocorrência de recristalização no estado sólido. | 7 | 1,00 |
| | 2. Conceito de mineral indicador. | 3 | 0,43 |
| | 3. Transformação de um mineral noutro mineral diferente. | 6 | 0,86 |
| 7. Dos temas referidos anteriormente, quais os temas que considera serem os mais problemáticos? | 1. Meteorização química e física. | 6 | 0,86 |
| | 2. Minerais e as suas propriedades. | 1 | 0,14 |
| | 3. Cristalização e diferenciação dos magmas. | 6 | 0,86 |
| | 4. Minerais e matéria cristalina. | 1 | 0,14 |
| | 5. Minerais de origem metamórfica, recristalização e minerais índice. | 4 | 0,57 |
| 8. O que considera ser importante numa aula de Biologia e Geologia, para facilitar a sua aprendizagem? | 1. Análise de gráficos/esquemas. | 5 | 0,71 |
| | 2. Análise de casos reais. | 7 | 1,00 |
| | 3. Análise de imagens. | 7 | 1,00 |
| | 4. Análise de vídeos. | 7 | 1,00 |

### Teste Diagnóstico

Os resultados do teste diagnóstico encontram-se no quadro 20. Para o teste estatístico estabeleceram-se duas categorias: *"classificação inferior ou igual a treze valores"* e *"classificação igual ou superior a 14 valores"*.

Os resultados do teste diagnóstico revelam problemas sérios a nível dos conhecimentos prévios dos estudantes, necessários à compreensão dos processos de meteorização química e física. Cerca de 89% dos estudantes obteve uma classificação igual ou inferior a 13 valores e 32% uma classificação inferior a 10 valores. Entre os estudantes do grupo A, 50% obteve uma classificação inferior a 10 valores. A aplicação do teste de Fisher revela que não existem associações estatisticamente significativas entre os alunos dos grupos A e B (Teste de Fisher: *p=0.6214)*, sendo que ambos apresentam tendencialmente classificações inferiores a 13 valores.

Quadro 20: Resultados do teste diagnóstico – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | **Teste Diagnóstico** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | | **B** | | **TOTAL** | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **0-9** | 12 | 0,50 | 5 | 0,17 | 17 | 0,32 |
| **10-13** | 8 | 0,33 | 22 | 0,76 | 30 | 0,57 |
| **14-20** | 1 | 0,04 | 2 | 0,07 | 3 | 0,06 |
| **N.R.** | 3 | 0,13 | 0 | 0,00 | 3 | 0,06 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

### Observação da prestação dos alunos

No quadro 21, 22, 23 e 24 são apresentados os resultados do desempenho dos estudantes, no decorrer da atividade de Geologia. Para o teste estatístico foram estabelecidas duas categorias: *"Bom"* e *"Suficiente/Insuficiente"*.

De forma global, os resultados obtidos são muito positivos, com a maioria dos estudantes a obter a classificação *"Bom"* em todos os parâmetros avaliados. Apesar de os resultados positivos, existem associações estatisticamente significativas, entre o nível das respostas e os grupos A e B.

O grupo A tem tendencialmente resultados inferiores (suficiente/insuficiente), comparativamente com o grupo B a nível do interesse, autonomia e curiosidade ($\chi^2$=27,9; g.l.=1; $p$<0.01), do sentido de responsabilidade e reflexão crítica ($\chi^2$=17,02; g.l.=1; $p$<0.01), da cooperação com os outros ($\chi^2$=11,09; g.l.=1; $p$<0.01) e da apresentação e fundamentação da sua opinião ($\chi^2$=16,88; g.l.=1; $p$<0.01). Apesar de existirem associações estatisticamente significativas, os resultados obtidos apontam para uma eficiência da atividade desenvolvida a nível dos parâmetros avaliados.

Quadro 21: Resultados do interesse, autonomia e curiosidade – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Interesse, autonomia e curiosidade | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **Bom** | 6 | 0,25 | 24 | 0,83 | 30 | 0,57 |
| **Suficiente** | 14 | 0,58 | 5 | 0,17 | 19 | 0,36 |
| **Insuficiente** | 3 | 0,13 | 0 | 0,00 | 3 | 0,06 |
| **Faltou** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 22: Resultados do sentido de responsabilidade e reflexão crítica – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Sentido de responsabilidade e reflexão crítica | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **Bom** | 5 | 0,21 | 27 | 0,93 | 32 | 0,60 |
| **Suficiente** | 15 | 0,63 | 2 | 0,07 | 17 | 0,32 |
| **Insuficiente** | 3 | 0,13 | 0 | 0,00 | 3 | 0,06 |
| **Faltou** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 23: Resultados da cooperação com os outros – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Coopera com os outros | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **Bom** | 11 | 0,46 | 26 | 0,90 | 37 | 0,70 |
| **Suficiente** | 10 | 0,42 | 2 | 0,07 | 12 | 0,23 |
| **Insuficiente** | 2 | 0,08 | 1 | 0,03 | 3 | 0,06 |
| **Faltou** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 24: Resultados da apresentação e fundamentação da sua opinião – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Apresenta e fundamenta a sua opinião | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **Bom** | 8 | 0,33 | 26 | 0,90 | 34 | 0,64 |
| **Suficiente** | 13 | 0,54 | 3 | 0,10 | 16 | 0,30 |
| **Insuficiente** | 2 | 0,08 | 0 | 0,00 | 2 | 0,04 |
| **Faltou** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

### Teste 1

Os resultados do teste 1, no domínio da Geologia, encontram-se no quadro 25. Para aplicação dos testes estatísticos foram estabelecidas duas categorias: *"classificação igual ou inferior a 13 valores"* e *"classificação igual ou superior a 14 valores"*.

Os resultados obtidos no teste 1 são francamente positivos, principalmente se comparados com os resultados do teste diagnóstico. Cerca de 85% dos estudantes obtiveram uma classificação igual ou superior a 14 valores, e ninguém teve uma classificação inferior a 10 valores. O teste de Fisher revela que não existem associações estatisticamente significativas entre o nível das respostas e os grupos A e B (Teste de Fisher: $p$=0,2114), sendo que ambos obtiveram tendencialmente uma classificação igual ou superior a 14 valores. Estes resultados evidenciam uma clara evolução dos estudantes após a intervenção. Os resultados deste teste apontam para a eficiência da intervenção realizada no domínio da Geologia.

Quadro 25: Resultados do teste 1 – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | **Teste 1** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | | **B** | | **TOTAL** | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **>10** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| **10-13** | 4 | 0,17 | 2 | 0,07 | 6 | 0,11 |
| **14-20** | 18 | 0,75 | 27 | 0,93 | 45 | 0,85 |
| **NR** | 2 | 0,08 | 0 | 0,00 | 2 | 0,04 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

### Teste 2

Os resultados do teste 2 encontram-se nos quadros 26, 27 e 28 e contêm os dados referentes à questão de escolha múltipla, questão de desenvolvimento 1 e questão de desenvolvimento 2, respetivamente. Apenas foram considerados os respondentes para o cálculo dos testes estatísticos. Para a questão de escolha múltipla foram estabelecidas duas classes: *"0 respostas corretas"* e *"1 resposta correta"*. Cada uma das questões de desenvolvimento tem três tópicos de resposta, tendo sido estabelecidas duas categorias para o teste estatístico: *"indica 0 a 1 indicador"* e *"indica 2 a 3 indicadores"*.

Os resultados obtidos na questão de escolha múltipla são muito positivos. Cerca de 92% dos alunos responderam corretamente, não se verificando associações estatisticamente significativas entre os níveis de resposta e os grupos A e B (Teste de Fisher: $p$=0.46). Apenas 2% (um estudante) errou esta questão.

Relativamente à questão de desenvolvimento 1, os resultados também foram positivos, com 60% dos alunos a indicarem os três tópicos de resposta (apêndice 14). O teste qui-quadrado indica a existência de associações estatisticamente significativas entre os níveis de resposta e os grupos A e B ($\chi^2$=6.07; g.l.=1; $p$<0.05). Os estudantes do grupo A respondem pior, comparativamente com os alunos do grupo B, evidenciando maiores dificuldades. Contudo, a maioria dos alunos do grupo A (63%) indicou 2 a 3 tópicos de resposta, o que é profundamente positivo, tendo em conta as suas dificuldades.

A questão de desenvolvimento 2 também apresenta resultados muito bons, com 60% dos alunos a indicarem os três tópicos de resposta (apêndice 14). O teste de Fisher revela a existência de associações estatisticamente significativas entre os alunos do grupo A e do grupo B (Teste de Fisher: $p$=0.026), sendo que estes primeiros apresentam piores resultados do que os segundos. Contudo, mais uma vez o grupo A obteve resultados muito satisfatórios, com 63% dos seus estudantes a considerarem 2 a três dos tópicos nas suas respostas.

Os resultados neste instrumento de avaliação apontam também para uma eficiência da intervenção do domínio da Geologia, em termos de aprendizagem dos estudantes. Os resultados obtidos nas três questões foram muito bons. É especialmente importante salientar o desempenho tanto dos alunos do grupo A como do grupo B nas questões de desenvolvimento, onde geralmente evidenciam mais dificuldades. Os bons resultados nestas duas questões poderão também indicar o desenvolvimento da capacidade de escrita científica por parte dos estudantes dos dois grupos.

Quadro 26: Resultados do teste 2, escolha múltipla – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | **Teste 2 - escolha múltipla** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | | **B** | | **TOTAL** | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **0** | 1 | 0,04 | 0 | 0,00 | 1 | 0,02 |
| **1** | 22 | 0,92 | 27 | 0,93 | 49 | 0,92 |
| **NR** | 1 | 0,04 | 2 | 0,07 | 3 | 0,06 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 27: Resultados do teste 2, questão de desenvolvimento 1 – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | **Teste 2 - questão de desenvolvimento 1** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | | **B** | | **TOTAL** | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **0 Id** | 7 | 0,29 | 1 | 0,03 | 8 | 0,15 |
| **1 Id** | 9 | 0,38 | 8 | 0,28 | 17 | 0,32 |
| **2 Id** | 5 | 0,21 | 17 | 0,59 | 22 | 0,42 |
| **3 Id** | 2 | 0,08 | 0 | 0,00 | 2 | 0,04 |
| **N.R.** | 1 | 0,04 | 3 | 0,10 | 4 | 0,08 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

Quadro 28: Resultados do teste 2, questão de desenvolvimento 2 – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

| | Teste 2 - questão de desenvolvimento 2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | | B | | TOTAL | |
| | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** | ***fa*** | ***fr*** |
| **0 Id** | 3 | 0,13 | 0 | 0 | 3 | 0,06 |
| **1 Id** | 4 | 0,17 | 2 | 0,07 | 6 | 0,11 |
| **2 Id** | 6 | 0,25 | 4 | 0,14 | 10 | 0,19 |
| **3 Id** | 9 | 0,38 | 23 | 0,79 | 32 | 0,60 |
| **NR** | 2 | 0,08 | 0 | 0,00 | 2 | 0,04 |
| **TOTAL** | 24 | 1,00 | 29 | 1,00 | 53 | 1,00 |

## Inquérito de opinião

No quadro 29 encontram-se os resultados do inquérito de opinião dos estudantes, relativamente à atividade realizada no domínio da Geologia. Cerca de 83% dos estudantes consideraram que a metodologia utilizada permitiu aprender conteúdos científicos, 43% a trabalhar melhor em equipa e 42% a captar a sua atenção.

Cerca de 40% dos estudantes referiram ainda que a metodologia utilizada os ajudou a desenvolver a capacidade de escrita científica, 34% a desenvolver a capacidade de argumentação. Apenas 19% considerou que aprendeu a procurar soluções para resolver os problemas do quotidiano e 13% que esta metodologia dificultou a sua aprendizagem por não ser fornecida a resposta direta às questões.

Relativamente à colocação de questões, 38% dos estudantes considerou que colocaram questões, 36% que selecionou questões dentro das apresentadas e colocou novas questões e 23% que apenas se envolveu nas questões fornecidas. No que toca à argumentação e comunicação dos resultados, 62% considerou que foram orientados pela professora no processo de argumentação e comunicação dos resultados, 30% que estabeleceu autonomamente a sua argumentação e comunicação dos resultados e 4% considerou que foi a professora que lhes forneceu as argumentações.

Quanto às tarefas realizadas, 66% considerou que foram interessantes e motivadoras, 17% que não tinham interesse e 13% que foram muito extensas. Quanto aos materiais utilizados, 83% considerou que estavam bem organizados e apresentados, 6% que eram demasiado longos e 8% que eram confusos e extensos. As opiniões são, maioritariamente, positivas quanto à metodologia, tarefas e materiais utilizados, sendo que os alunos reconhecem o desenvolvimento de saberes e capacidades referidos na literatura da especialidade.

Quadro 29: Resultados do inquérito de opinião – Geologia (N=53); *fa* (frequência absoluta); *fr* (frequência relativa).

**Inquérito de opinião - Geologia**

| | | *fa* | *fr* |
|---|---|---|---|
| **1**. Em relação à metodologia utilizada nas aulas para lecionar "Processos de meteorização química e física" considerei que (selecione as opções que se aplicam nesta situação): | **A)** ensinou a procurar soluções para resolver problemas do quotidiano | 10 | 0,19 |
| | **B)** dificultou a aprendizagem, por não ser fornecida a resposta direta às questões | 7 | 0,13 |
| | **C)** ensinou a trabalhar melhor em equipa | 23 | 0,43 |
| | **D)** permitiu aprender conteúdos científicos | 44 | 0,83 |
| | **E)** captou a minha atenção | 22 | 0,42 |
| | **F)** ajudou a desenvolver a capacidade de argumentar em grupo e no grupo turma | 18 | 0,34 |
| | **G)** ajudou a desenvolver a capacidade de escrita científica | 21 | 0,40 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| **2.** Após a apresentação do problema (assinale apenas a opção mais correta): | **A)** coloquei questões | 20 | 0,38 |
| | **B)** selecionei questões dentro das que foram apresentadas e coloquei novas questões | 19 | 0,36 |
| | **C)** envolvi-me nas questões fornecidas pela professora e pelos documentos materiais | 12 | 0,23 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| **3.** Na argumentação e comunicação aos meus colegas sobre o resultado do problema (assinale apenas a opção mais correta): | **A)** estabeleci autonomamente argumentação lógica para comunicar as soluções das questões-problema formuladas | 16 | 0,30 |
| | **B)** a professora orientou-me no processo de argumentação e no desenvolvimento da comunicação da solução às questões-problema formuladas | 33 | 0,62 |
| | **C)** foi a professora que me deu as argumentações para saber comunicar as soluções às questões-problema formuladas | 2 | 0,04 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| **4.** As tarefas realizadas foram (assinale apenas a opção mais correta): | **A)** Muito extensas | 7 | 0,13 |
| | **B)** Interessantes e motivadoras | 35 | 0,66 |
| | **C)** Sem interesse | 9 | 0,17 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| **5.** Relativamente aos materiais utilizados (assinale apenas a opção mais correta): | **A)** Estavam bem organizados e bem apresentados | 44 | 0,83 |
| | **B)** Eram confusos e extensos | 4 | 0,08 |
| | **C)** Eram demasiado longos | 3 | 0,06 |
| | **N.R.** | 2 | 0,04 |
| | **Total** | 53 | 1,00 |

# 4. Conclusões

Antes de mais, importa clarificar que com este estudo não se pretendeu avaliar se o recurso ao trabalho prático segundo a metodologia ABRP é melhor do que outras abordagens, apenas se também é eficiente e passível de ser implementado no ensino da Biologia e da Geologia. Assim, as conclusões desta investigação são as seguintes:

- Os resultados sugerem que as atividades desenvolvidas foram eficientes no processo de aprendizagem a nível dos mecanismos de evolução zoológica e dos processos de meteorização das rochas, temas identificados como problemáticos.
- Mesmo os estudantes com um menor aproveitamento escolar (grupo A) beneficiam com esta metodologia, conseguindo alcançar resultados satisfatórios. Apesar de na maioria dos momentos de avaliação o grupo A apresentar resultados inferiores aos do grupo B, estes também são bem sucedidos.

- Os estudantes desenvolveram não só os seus conhecimentos concetuais mas também as suas capacidades investigativas.
- A maioria dos alunos considerou as atividades desenvolvidas interessantes e motivadoras, o que sugere o desenvolvimento do seu interesse pela Biologia e Geologia.
- Tanto a nível da Biologia como da Geologia os estudantes consideraram que foram pouco autónomos na colocação de questões, argumentação e comunicação dos resultados, tendo sido orientados pela professora. Tal facto poderá dever-se à pouca familiarização com a metodologia utilizada.

Com base nestes resultados sugere-se a implementação das atividades desenvolvidas e, de uma forma mais abrangente, do trabalho prático segundo a metodologia ABRP no ensino das ciências, particularmente no ensino da Biologia e Geologia. É possível sugerir que esta abordagem se revelou eficiente no processo de aprendizagem dos estudantes, podendo ser uma boa alternativa às abordagens mais tradicionais. Uma das principais vantagens desta metodologia é que além do desenvolvimento dos conhecimentos concetuais permite ainda o desenvolvimento de conhecimentos procedimentais e atitudinais, essenciais para o sucesso dos estudantes.

# 5. Considerações finais

Durante a realização desta investigação foram encontrados alguns obstáculos. A principal dificuldade encontrada foi a coincidência temporal entre o planeamento e a implementação da investigação. A inexperiência da investigadora aliada à urgência de seleção do tema, metodologia, instrumentos e recursos a serem utilizados, condicionaram as conclusões que poderiam ser retiradas com este estudo.

Considera-se que existem ainda algumas questões que teria sido interessante explorar e que podem ser consideradas em investigações futuras. Através dos inquéritos de opinião dos estudantes, tanto na vertente da Biologia como da Geologia, percebeu-se que muitos estudantes consideraram que foram orientados pela professora, revelando pouca autonomia. Seria interessante avaliar se com uma maior familiarização com esta abordagem estes reconheciam um aumento na sua autonomia. Outros estudos também interessantes seriam a comparação desta abordagem com outras mais tradicionais e a avaliação da sua eficiência em diferentes níveis de escolaridade.

## 5.1. Implicações para o desenvolvimento profissional

A investigação desenvolvida permitiu o desenvolvimento dos conhecimentos e capacidades da investigadora. A oportunidade de aplicação em contexto real de sala de aula dos conhecimentos previamente desenvolvidos, na formação inicial de professores, possibilitou a compreensão e contacto direto com as potencialidades e limitações da abordagem selecionada.

Este tipo de abordagem implica um esforço adicional por parte dos docentes na seleção e preparação dos materiais. Contudo, a motivação dos estudantes e do professor, o benefício no processo de aprendizagem e a dinâmica estabelecida na sala de aula, compensam o esforço adicional. Perante a experiência proporcionada pelo desenvolvimento desta investigação, reconhece-se a importância da aplicação deste tipo de atividades no ensino das ciências.

# 9. Referências bibliográficas

Afonso, M. (2008). *A educação científica no 1.º ciclo do Ensino Básico: Das teorias às práticas*. Porto: Porto Editora.

Aires-Barros, L. (1991). *Alteração e Alterabilidade de Rochas*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica.

Ávila, G.C. (2008). The edge of evolution: the search for the limits of Darwinism. *Revista Brasileira de História. 28* (56), 593-596.

Blatt, H., Tracy, R. J. & Owens, B. E. (2006). *Petrology: Igneous, Sedimentary and Metamorphic*. (3rd ed). New York: W. H. Freeman and Company.

Boggs, S. (2001). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. (3rd ed). New Jersey: Prentice-Hall.

Brusca, R.C. & Brusca, G.J. (2003). *Invertebrates* (2nd ed.). Massachusetts: Sinauer Associates.

Carmo, H. & Ferreira, M.M. (2008). *Metodologia de Investigação: Guia para a auto-aprendizagem* (2ª ed.). Lisboa: Universidade Aberta.

Carvalho, C.J. & Dourado, L. (2009). A formulação de Questões a partir de Cenários Problemáticos: um estudo com alunos de ciências naturais do 3º ciclo do ensino básio português. *Actas do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia*. Braga: Universidade do Minho. (2615-2628).

Carvalho, G. (2003). *Geologia Sedimentar: Volume I Sedimentogénese*. Lisboa: Âncora Editora.

Chiappe, L. M. (2009). Downsized Dinosaurs: The Evolutionary Transition to Modern Birds. *Evo Edu Outreach*. 2, 248-256.

Coutinho, C. (2014). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*. (2ª ed). Coimbra: Almedina.

Darwin, C. (2009). *A Origem das Espécies*. Lisboa: Guimarães Editores.

Dilley, S. (2013). Nothing in biology makes sense except in light of theology?. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences. 44*, 774-786.

Farke, A. A. (2004). Horn use In Triceratops (Dinosauria: Ceratopsidae): Testing Behavioral Hypotheses Using Scale Models. *Palaeontologia Electronica*. 7(1), 1-10.

Gay, L. R., Mills, G. E. & Airasian, P. W. (2011). *Educational Research: Competencies for analysis and applications*. (3rd ed). New Jersey: Pearson Education.

Gillooly, J.F., Allen, A.P. & Charnov, E.L. (2006). Dinosaur Fossils Predict Body Temperatures. *PLoS Biology, 4* (8), 1467-1469.

Grotzinger, Jordan, Press & Siever. (2007). *Understanding Earth* (5th ed.). New York: W. H. Freeman and Company.

Hall, B.K. (2010). Charles Darwin, embryology, evolution and skeletal plasticity. *Journal of Applied Ichthyology. 26*, 148-151.

Hildebrand, M. & Goslow, G. (2001). *Analysis of Vertebrate Structure*. (5th ed). New York: John Wiley & Sons.

Hill, A. & Hill, M. (2012). *Investigação por questionário*. Lisboa: Edições Sílabo.

Hurlburt, G.R. (1994). Were dinosaurs cold or warm-blooded?: An exercise in scientific inference. *Tested studies for laboratory teaching. 15*, 181-214.

Jacobs, J. (2013). Velociraptor [em linha]. *Sciences 360*. Acedido Agosto 21, 2014, em http://www.sciences360.com/index.php/velociraptor-2-8507.

Jerison, H.J. (2004). Dinosaur Brains. In Adelman, G. & Smith, B.H. *Encyclopedia of Neuroscience* (3rd ed.). Amsterdam: Elsevier.

Kardong, K.V. (2009). *Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.

Kennett, P. (2008). *Weathering rocks breaking up and breaking down: Matching pictures and descriptions of weathered rocks with the processes of weathering that formed them*. Earthlearningidea. Acedido em 10 de Dezembro, 2013, em http://www.earthlearningidea.com/PDF/46_Weathering_final_2.pdf.

Kisia, S.M. (2010). *Vertebrates: structures and functions*. Enfield: Science Publishers.

Kustschera, U. & Niklas, K.J. (2004). The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis. *Naturwissenschaften. 91*, 255-276.

Larsson, H., Sereno, P. & Wilson, J. (2000). Forebrain enlargement among nonavian theropod dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 20(3), 615-618.

Leeder, M. (2011). *Sedimentology and Sedimentary Basins: From turbulence to tectonics*. (2nd ed). Oxford: Blackwell Science.

Leite, L. (2000). O trabalho laboratorial e a avaliação das aprendizagens dos alunos. *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho, 91 – 108.

Leite, L. & Esteves, E. (2005). Ensino Orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Licenciatura em Ensino de Física e Química. *Actas do VIII Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia.* Braga.

Leite, L. & Esteves, L. (2006). Trabalho em grupo e Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: Um estudo com futuros professores de Física e Química. *Atas do Congreso Internacional PBL.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Peru.

Liem, Bemis, Walker & Grande (2001). *Functional Anatomy of the Vertebrates: An Evolutionary Perspective*. (3rd ed). United States of America: Harcourt.

Losos, J.B., Arnold, S.J., Bejerano, J., Brodie, E.D., Hibbett, D., Hoekstra, H.E., *et al.* (2013). Evolutionary Biology for the 21st Century. *PLoS Biology. 11* (1), 1-8.

Martins, I., Veiga, M., Teixeira, F., Tenreiro-Vieira, C., Vieira, R., Rodrigues, A., *et al*. (2007). *Educação em Ciências e Ensino Experimental Formação de Professores*. Lisboa: Ministério da Educação - Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular.

Mendes, A. & Rebelo, D. (2011). Trabalho prático na educação em Ciências. *Cadernos*. 1, 3-9.

Ministério da Educação. (2003). *Programa de Biologia e Geologia: 11º ou 12º anos*. Lisboa: Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário.

Padian, K. & Ricqlès, A. (2009). L'origine et l'évolution des oiseaux : 35 années de progress. *C. R. Palevol*. 8, 257-280.

Perkins, S. (2000). Feathered fossil still stirs debate. *Science News*. 158, 119.

Piccini, S. (2012a). *Jurassic Hunters: Caudipteryx*. Itália: Geoworld.

Piccini, S. (2012b). *Jurassic Hunters: Triceratops*. Itália: Geoworld.

Piccini, S. (2012c). *Jurassic Hunters: Tyrannosaurus*. Itália: Geoworld.

Piccini, S. (2012d). *Jurassic Hunters: Velociraptor*. Itália: Geoworld.

Plummer, C.C., McGeary, D. & Carlson, D.H. (2003). *Physical Geology* (9th ed.). New York: McGraw-Hill.

Pomerol, C., Lagabrielle, Y. & Renard, M. (2002). *Éléments de géologie.* (12e ed.). Paris: Dunod.

Pough, F.H., Janis, C.M. & Heiser, J.B. (2002). *Vertebrate Life*. (6th ed). New Jersey: Prentice-Hall.

Puttick, M. N., Thomas, G. H. & Benton, M. J. (2014). High Rates of Evolution Preceded the Origin of Birds. *Evolution*. 68(5), 1497-1510.

Randall, Burggren & French. (1997). *Eckert Animal Physiology: Mechanisms and Adaptions*. (4th ed). United States of America: Freeman and Company.

Ravid, R. (2011). *Pratical statistics for educators* (4ª ed). Rowman & Littlefield Publishers.

Samuels, M. L., & Witmer, J. A. (2003). *Statistics for the life sciences* (3ª ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Santos, C.M.D. (2008). Os dinossauros de Hennig: sobre a importância do monofiletismo para a sistemática biológica. *Scientiæ studia. 6* (2), 179-200.

Skinner, B. J., Porter, S. C. & Park, J. (2004). *Dynamic Earth: An introduction to Physical Geology*. (5th ed). United States of America: John Wiley & Sons.

Universidade do Porto. (2011). *A Evolução de Darwin*. Porto: Universidade do Porto.

Vasconcelos, C. & Almeida, A. (2012). *Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas no Ensino das Ciências: Propostas de trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geologia.* Porto: Porto Editora.

Vasconcelos, C., Amador, M.F., Soares, R.B. & Pinto, T.F. (2012). Questionar, Investigar e Resolver Problemas: Reconstruindo Cenários Geológicos. *Investigações em Ensino de Ciências. 17* (3), 709-720.

Velde, B. & Meunier, A. (2008). The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks. Berlin: Springer.

Xu, You, Du & Han (2011). An Archaeopteryx-like theropod from China and the origin of Avialae. *Nature. 475,* 465-470.

Yin, R. K. (2004). *Case study methods*. Acedido em 20 de Janeiro, 2014, em http://www.cosmoscorp.com/Docs/AERAdraft.pdf.

# 10. Apêndices

Todos os apêndices do presente relatório encontram-se no CD anexo, sendo ainda possível a sua consulta nos endereços eletrónicos indicados.

- **Apêndice 1:** Protocolo da atividade laboratorial, no domínio da Biologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OaXpGODQxTGNBcWM/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 2:** Desenhos dos moldes internos das cavidades endocranianas dos géneros de dinossauros utilizados (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OeFhJaHc1SVZhS3M/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 3:** Resultados obtidos pelos alunos na atividade laboratorial, no domínio da Biologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OVUFWclJFU0ZlQmM/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 4:** Grelha de Observação das atividades práticas, no domínio da Biologia e da Geologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OYmZJLUxHcGtHR3c/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 5:** Critérios de correção do Relatório da aula laboratorial, no domínio da Biologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OLXJUOFNZTzlOTzQ/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 6:** Teste 1, no domínio da Biologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OM1RZSExhZjVkanM/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 7:** Teste 2, no domínio da Biologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OeEwyVmZubC1jelU/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 8:** Inquérito de opinião dos alunos, no domínio da Biologia e da Geologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OQUdOOWVZWnQ3Z1E/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 9:** Inquérito dos temas com subaproveitamento, no domínio da Geologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OVGlrd3ZxeEExRWc/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 10:** Guião da entrevista relativa aos temas com subaproveitamento, no domínio da Geologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9ORFRjTkRvVVYzRk0/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 11:** Teste diagnóstico, no domínio da Geologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OSWk0SzRhWXhEbWM/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 12:** Material utilizado na atividade prática, no domínio da Geologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9ObnRXUndBMkJPMDQ/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 13:** Teste 1, no domínio da Geologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OWDk0NEJtMHJ4bjA/edit?usp=sharing).
- **Apêndice 14:** Teste 2, no domínio da Geologia (https://drive.google.com/file/d/0B2WpEmKr9b9OdGY0QWI5a2xmYTQ/edit?usp=sharing).