Modelação de Deformações Rochosas: Uma Investigação-ação no 11.º ano de escolaridade

Luís Castro Cardoso
Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3ºCiclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário
Unidade de Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2024/2025

Modelação de Deformações Rochosas: Uma Investigação-Ação no Contexto do Ensino do 11.º Ano.

Luís Castro Cardoso

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3ºCiclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências

2024/2025

Orientadora

Cecília Vieira Guerra, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

UNIDADE DE ENSINO
DAS CIÊNCIAS

Resumo

A Geologia, enquanto ciência que estuda os processos dinâmicos da Terra, apresenta desafios acrescidos no ensino, dado que muitos dos fenómenos decorrem de escalas temporais e espaciais que não são diretamente observáveis. Neste contexto, a utilização de modelos físicos em sala de aula surge como uma estratégia pedagógica eficaz para tornar os conceitos mais acessíveis e promover aprendizagens significativas. Este estudo propõe verificar se o uso de modelos no ensino da deformação rochosa promove o sucesso escolar em alunos do 11.º ano de escolaridade a frequentar uma escola secundária do norte de Portugal. A metodologia seguiu o plano de investigação-ação e incluiu a utilização de modelos físicos para ensinar sobre deformações rochosas, nomeadamente a caixa de deformação construída para esta intervenção pedagógica, para facilitar a compreensão dos alunos sobre os processos geológicos. A recolha de dados foi realizada através de observação participante e da recolha documental dos produtos de aprendizagem dos alunos (por exemplo, Vs de Gowin produzidos pelos alunos). A análise de conteúdo dos dados recolhidos permitiu avaliar o impacto do uso da estratégia de modelação no desenvolvimento das aprendizagens essenciais dos alunos relacionadas com o comportamento das rochas e os diferentes regimes de deformação (frágil e dúctil). Os resultados evidenciam uma evolução positiva do desenvolvimento das aprendizagens dos alunos ao longo da sequência didática, com melhoria progressiva nas médias obtidas pelos alunos e maior capacidade de relacionar os modelos com situações reais da dinâmica terrestre. Verificou-se também que os modelos favoreceram a motivação, a participação e a articulação de saberes, embora tenham sido identificadas dificuldades persistentes na compreensão da deformação em regime frágil. Em conclusão, a intervenção demonstrou que o recurso a modelos no ensino da Geologia contribui para o desenvolvimento das aprendizagens essenciais, potenciando a compreensão de conceitos complexos e reforçando a importância da modelação enquanto estratégia pedagógica inovadora.

Palavras-chave: Modelação, Caixa de deformação, Deformação Rochosa, V de Gowin.

Abstract

Geology, as the science that studies the dynamic processes of the Earth, presents particular challenges in teaching, since many of its phenomena occur on temporal and spatial scales that are not directly observable. In this context, the use of physical models in the classroom emerges as an effective pedagogical strategy to make concepts more accessible and to promote meaningful learning. This study aims to verify whether the use of models in teaching rock deformation fosters academic success in 11th grade students attending a secondary school in northern Portugal. The methodology followed an action-research plan and included the use of physical models to teach rock deformation, namely the deformation box specifically built for this pedagogical intervention, in order to facilitate students' understanding of geological processes. Data collection was carried out through participant observation and the compilation of students' learning products (for example, Gowin's Vs produced by the students). Content analysis of the collected data allowed the evaluation of the impact of modelling as a strategy on the development of students' essential learning outcomes related to rock behaviour and the different deformation regimes (brittle and ductile). The results reveal a positive evolution of student learning throughout the didactic sequence, with a progressive improvement in the class averages and an increased ability to relate models to real situations of Earth dynamics. It was also found that the models fostered motivation, participation, and knowledge integration, although persistent difficulties were identified in the understanding of brittle deformation. In conclusion, the intervention demonstrated that the use of models in the teaching of Geology contributes to the development of essential learning, enhancing the understanding of complex concepts and reinforcing the importance of modelling as an innovative pedagogical strategy.

Keywords: Modelling, Deformation box, Rock Deformation, V diagrams.

Índice

Lista de Tabelas 6

Lista de Gráficos 7

Lista de Figuras i

Lista de Abreviaturas i

1. Introdução 1

1.1 Contextualização da investigação 1

1.2 Contextualização curricular 3

1.3 Problema e objetivos de investigação 4

1.4 Estrutura do documento 4

2. Enquadramento teórico 6

2.1 Ensino das geociências e da deformação de rochas 6

2.2 Modelação e modelos no ensino da geologia 9

3. Sequência Didática: Deformação rochosa: respostas das rochas aos esforços tectónicos 12

3.1 Planificação 12

3.2 Caracterização das aulas 14

3.2.1 Aula 1 14

3.2.2 Aula 2 16

3.2.3 Aula 3 17

3.2.4 Aula 4 e 5 18

4. Metodologia de investigação 23

4.1 Investigação-Ação 23

4.2 Caracterização da amostra 24

4.3 Técnicas e instrumentos de recolha e análise de dados 25

4.3.1. Observação participante 25

4.3.2. Recolha documental 26

4.3.3. Análise de conteúdo 27

4.4 Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados 28
4.5 Normas éticas 28
5. Análise e discussão dos resultados 30
5.1 Comportamento das rochas 30
5.2 Deformação Em Regime Frágil 32
5.3 Deformação Em Regime Dúctil 34
5.4 Articulação de saberes sobre deformação das rochas 36
6. Conclusão 40
6.1 Conclusões 40
6.2 Limitações do Estudo 41
6.3 Sugestões para Futuras Investigações 42
7. Referências bibliográficas 0
8. Apêndices 2
Apêndice 1 2
Apêndice 2 3
Apêndice 3 4
Apêndice 4 5
Apêndice 5 6
Apêndice 6 7
Apêndice 7 8
Apêndice 8 9
Apêndice 9 10
Apêndice 10 11
Apêndice 11 12
Apêndice 12 12
Apêndice 13 12
9. Anexos 13
Anexo 1 13

Anexo 2 13

Anexo 3 13

Anexo 4 14

Anexo 5 15

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Problema e objetivos da investigação. 4
Tabela 2 - Algumas conceções alternativas nos temas da convergência e divergência de placas. Retirado de (Francek, 2013). 9
Tabela 3 - *Sequência "Didática Deformação rochosa: Respostas das rochas aos esforços tectónicos"* 13
Tabela 4 - Instrumentos para Recolha e análise de Dados. 25

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Cotações do Guia de aula 1 por grupos. 31
Gráfico 2 - Médias das cotações da grelha de observação por grupo da primeira aula. A cotação máxima é de 21 pontos. 31
Gráfico 3 - Médias das cotações da grelha de observação por grupo da segunda aula. A cotação máxima é de 21 pontos. 33
Gráfico 4 - Cotações do Guia de aula 2 por grupos. 33
Gráfico 5 - Médias das cotações da grelha de observação por grupo da terceira aula. A cotação máxima é de 21 pontos. 35
Gráfico 6 - Cotações do Guia de aula 3 por grupos. 36
Gráfico 7 - Médias das cotações da grelha de observação por grupo da quarta e quinta aula. A cotação máxima é de 21 pontos. 37
Gráfico 8 - Cotações de todos os instrumentos de avaliação por grupo. 38
Gráfico 9 - Média das cotações dos instrumentos de avaliação da turma. 38

Lista de Figuras

Figura 1 - Tipos de forças tectónicas e respetivas deformações geológicas. Retirado de Oliveira (2009). 6
Figura 2 - Influência da pressão e temperatura no comportamento rochoso do calcário sobre tensão (esquerda) e compressão (direita). Adaptado de Panchuk (2021). 7
Figura 3 - Influência de fluidos circundantes no comportamento rochoso. A zona sombreada a azul representa o enfraquecimento da resistência da rocha às pressões litostáticas. Retirado de Gottardi and Hughes (2022, p. 2207) 7
Figura 4 - Exploração da vela (imagens da esquerda e do meio) e *silly putty* (imagem da direita)..... 15
Figura 5 - Montagem e exploração do modelo de falhas. 16
Figura 6 - Exploração do modelo das dobras. 18
Figura 7 - Desenho esquemático da caixa de deformação de Fonseca et al. (2004) (A). Caixa de deformação construída (B). 19
Figura 8 - Desenho original para a caixa de deformação com o mecanismo para prender a meia-de-vidro aos painéis elevados da caixa (canto inferiro esquerdo da imagem). 20
Figura 9 - Simulação de regimes compressivos na caixa de deformação. 21
Figura 10 - Simulação de regimes distensivos na caixa de deformação. 22
Figura 11 - Conclusão do V de Gowin de regimes compressivos do grupo 5. 36

Lista de Abreviaturas

AE	APRENDIZAGEM ESSENCIAL
ASE	AÇÃO SOCIAL ESCOLAR
DGE	DIREÇÃO-GERAL DA EDUCAÇÃO
EOARP	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
IP	INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA
IPP	INICIAÇÃO À PRÁTICA PROFISSIONAL
I-A	INVESTIGAÇÃO-AÇÃO
PASEO	PERFIL DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
PES	PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA
PII	PROJETO DE INVESTIGAÇÃO-INTERVENÇÃO
SD	SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1. Introdução

Este capítulo está organizado em quatro subcapítulos. O primeiro aborda a contextualização da investigação. O segundo apresenta a contextualização curricular, identificando as Aprendizagens Essenciais (AE) e as competências do Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) que se pretendeu desenvolver na implementação da sequência didática (SD) que se desenvolveu no âmbito do projeto de investigação-intervenção (PII). No terceiro subcapítulo são identificados a problemática e os respetivos objetivos da investigação. Por fim, o quarto subcapítulo elabora sobre a estrutura do documento de relatório de estágio.

1.1 Contextualização da investigação

De acordo com Pinho Ribeiro (2018), o ensino da Geologia apresenta desafios significativos relacionados com a promoção das aprendizagens devido às escalas temporais e espaciais dos processos geológicos, o que torna difícil a sua observação direta e compreensão pelos alunos. Algumas das dificuldades mais relevantes para este estudo, identificadas por (Francek, 2013), estão relacionadas com os temas da convergência de placas e divergência de placas. O estudo da tectónica de placas apresenta desafios para os alunos, especialmente nos conceitos de convergência e divergência de placas. Processos como subducção e formação de montanhas são difíceis de visualizar, uma vez que ocorrem em escalas temporais e espaciais longas e não podem ser observados diretamente (En-Nhili et al., 2023). Além disso, ideias prévias incorretas e a terminologia científica muitas vezes confusa contribuem para conceções alternativas persistentes, que dificultam a compreensão dos mecanismos como o vulcanismo e a dinâmica de placas (En-Nhili & El Alaoui, 2025).

Uma das principais barreiras para a aprendizagem de conceitos geológicos abstratos, como a tectónica de placas, é tornar compreensível um processo lento, de grande escala e invisível, que só pode ser estudado por meio de evidências indiretas e representações. Deste modo, urge investir no desenvolvimento de metodologias de ensino ativas para a aprendizagem da geologia, como o uso de modelos científicos e analogias, que se justifica pela sua capacidade de tornar conceitos abstratos mais acessíveis e visualmente compreensíveis pelos alunos (Bolacha, 2014).

Os modelos científicos são recursos essenciais para ajudar a compreender a dinâmica geológica, permitindo representar fenómenos que ocorrem a escalas

inacessíveis à observação direta (Bolacha, 2014). Os modelos geológicos desempenham um papel central no ensino, pois permitem representar processos naturais complexos de forma simplificada e experimental.

É essencial que os professores de ciências promovam uma abordagem crítica sobre as limitações dos modelos, incentivando a reflexão e análise dos alunos (Pinho Ribeiro, 2018). A estratégia de modelação permite aos alunos compreenderem processos como a formação de dobras e falhas, tornando a aprendizagem mais significativa e interativa (Pinho Ribeiro, 2018). Segundo Vasconcelos and Gomes (2014), a modelação não só facilita a compreensão dos conceitos científicos, mas também desenvolve competências cognitivas como a capacidade de abstração e raciocínio analógico.

Contudo, se os modelos não forem adequadamente contextualizados, podem gerar conceções alternativas (CA) em múltiplos conceitos de geologia. As CA representam ideias prévias que os alunos possuem sobre fenómenos científicos ou naturais. Estas CA, de natureza espontânea ou induzida, têm origem em experiências do quotidiano, na cultura ou no próprio contexto escolar, influenciando a forma como os estudantes interpretam a ciência. Ao mesmo tempo, reconhece-se que as conceções espontâneas podem constituir resistências à aprendizagem, o que reforça a necessidade de estratégias educativas que apoiem a sua transformação (Maria Leidemer Bruxel, 2020; Solbes et al., 2006). No caso do ensino da geologia é comum encontrar CA relativas aos diferentes temas que podem ser abordados nesta disciplina, mas para o contexto desta investigação serão abordadas CA relativas à deformação rochosa em contextos tectónicos. Exemplos destas CA são dados no subcapítulo 2.1.

Durante a observação em sala de aula é possível identificar como as CA se manifestam nas dificuldades dos alunos ao compreender conceitos geológicos complexos, como os relacionados com tectónica de placas e deformação rochosa. No ano letivo de 2024/2025, no decorrer da prática de ensino supervisionada (PES) e iniciação à prática profissional (IPP), o autor do relatório, professor estagiário de biologia e geologia numa escola da região metropolitana do Porto, teve a oportunidade de observar uma turma do 11.º ano de escolaridade. Durante esta fase foram identificadas algumas dificuldades dos alunos, nomeadamente na compreensão de fenómenos geológicos mais abstratos, como a formação de estruturas geológicas relacionadas com limites de placas e o tempo a que decorrem essas transformações. Diante dessas observações, a escolha de explorar o ensino da geologia através da estratégia de modelação revelou-se especialmente adequada, alinhando-se com os interesses

pessoais do professor-estagiário, a facilidade de aplicação aos conteúdos curriculares e a possibilidade de promover uma aprendizagem mais ativa, prática e colaborativa.

Assim, neste PII pretendeu-se compreender de que forma a utilização de modelos e analogias em Geologia pode contribuir para o desenvolvimento das aprendizagens dos alunos do 11.º ano de escolaridade sobre os princípios das deformações rochosas, onde se aborda a transformação e deformação dos estratos rochosos quando são alvo de forças tectónicas.

1.2 Contextualização curricular

A "deformação de rochas" é um domínio que faz parte do currículo das Aprendizagens Essenciais (AE) da disciplina de Biologia e Geologia do 11.º ano de escolaridade (DGE, 2018). Assim, As AE selecionadas foram:

- Interpretar situações de falha (normal/inversa/desligamento) salientando elementos de falha e tipo de tensões associadas.
- Interpretar situações de dobra (sinforma/antiforma) e respetivas macroestruturas (sinclinal/anticlinal).
- Planificar e realizar procedimentos laboratoriais para simular deformações, identificando analogias e escalas.

(DGE, 2018, pp. 9, 10)

A concretização destas AE implica que se desenvolvam estratégias e recursos didáticos com o objetivo de desenvolver nos alunos uma compreensão dos diferentes tipos de deformações, nomeadamente falhas e dobras, bem como da sua importância e impacto na história geológica da Terra.

Adicionalmente, para complementar e consolidar as aprendizagens essenciais definidas, torna-se fundamental promover o desenvolvimento de diversas competências delineadas no PASEO (Martins et al., 2017). Entre estas, destacam-se:

- Linguagens e textos;
- Saber científico, técnico e tecnológico;
- Raciocínio e resolução de problemas;
- Pensamento crítico e criativo;
- Relacionamento interpessoal;
- Informação e comunicação.

As AETs constituem uma mais-valia para o desenvolvimento das AEs em "Deformação de rochas", pois permitem articular conteúdos específicos de Biologia e Geologia com competências interdisciplinares, como raciocínio e resolução de problemas, pensamento crítico e criativo, comunicação e trabalho colaborativo (Martins

et al., 2017). Ao interpretar falhas e dobras e realizar simulações laboratoriais (DGE, 2018), os alunos consolidam conceitos geológicos enquanto aplicam estratégias cognitivas e socio-emocionais, tornando a aprendizagem mais significativa e contextualizada.

1.3 Problema e objetivos de investigação

A estratégia de modelação pode ajudar a tornar conceitos geológicos complexos mais acessíveis e concretos para os alunos (Vasconcelos & Gomes, 2014). Dada a complexidade do domínio "deformação rochosas", bem como a dificuldade inerente à sua transposição para o contexto de sala de aula (En-Nhili & El Alaoui, 2025; Ferreira et al., 2015; Vasconcelos & Gomes, 2014) considerou-se pertinente recorrer a modelos, simulações e analogias em geologia para a representação das deformações rochosas. Assim, neste PII pretendeu-se verificar se o uso de modelos no ensino da deformação rochosa pode contribuir para o desenvolvimento de AE e AET em alunos do 11.º ano de escolaridade. Para tal, foram definidos objetivos científicos, pedagógicos e profissionais que orientam a intervenção (Tabela 1).

Tabela 1 - Problema e objetivos da investigação.

Objetivos científicos	• Demonstrar os efeitos das diferentes forças tectónicas nas camadas da litosfera, utilizando o modelo da caixa de deformação. • Ensinar aos alunos a recolher dados e interpretar as estruturas formadas no modelo, usando métodos científicos. • Relacionar os processos simulados no modelo com fenómenos geológicos reais.
Objetivos pedagógicos	• Fomentar a compreensão visual e prática dos conceitos de deformação geológica. • Promover o trabalho colaborativo para a realização de experiências práticas. • Desenvolver a capacidade de interpretar fenómenos geológicos através de analogias práticas.
Objetivos profissionais	• Evoluir enquanto professor dinâmico e reflexivo no ensino das ciências. • Desenvolver competências pedagógicas e científicas para lecionar no 3ºciclo e secundário.

1.4 Estrutura do documento

Ao longo de cinco capítulos, este documento visa contextualizar, abordar metodologias, planificar e desenvolver recursos fundamentais para a implementação deste projeto de investigação.

O primeiro capítulo é dedicado à contextualização da investigação, contextualização curricular, identificação da problemática da investigação e aos respetivos objetivos. O segundo capítulo centra-se no enquadramento teórico, abordando o ensino da deformação rochosa, o Ensino Orientado para a Aprendizagem por Resolução de problemas (EOARP) e a estratégia de modelação (Ferreira et al., 2015) .

O terceiro capítulo é dirigido para a IP, onde se apresenta a planificação, os recursos educativos a serem desenvolvidos, a caracterização das aulas de intervenção e o modelo que será construído. No quarto capítulo desenvolvem-se a metodologia da investigação educacional de investigação-ação (I-A), a caracterização da amostra que será alvo da IP, as técnicas e instrumentos utilizados, bem como a sua validade e as normas éticas, o cronograma da Iniciação à Prática Profissional, incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (IPP-PES) e a descrição das correspondentes fases.

No quinto capítulo apresentam-se a análise e discussão dos resultados obtidos ao longo da IP, e no sexto capítulo são abordadas as conclusões e limitações deste estudo, acabando com sugestões para futuras investigações que se enquadrem nos moldes desta.

Este trabalho é ainda complementado com as referências bibliográficas e os apêndices e anexos.

2. Enquadramento teórico

Este capítulo está organizado em dois subcapítulos. O primeiro aborda os temas e estratégias usadas no ensino das geociências e da deformação rochosa, e o segundo descreve com maior detalhe a metodologia e estratégias usadas na implementação desta IP.

2.1 Ensino das geociências e da deformação de rochas

A deformação das rochas resulta de fatores físicos como a aplicação de tensões tectónicas, que podem ser compressivas, distensivas ou cisalhantes, consoante a direção e o tipo de esforço exercido (Figura 1), e de fatores químicos do seu ambiente geológico (Bonito, 2021b). As forças atuam sobre as rochas, alterando a sua forma, volume ou disposição interna (Bolacha, 2014). Dependendo da natureza do material e das condições envolventes, as rochas podem exibir um comportamento frágil, formando falhas, ou um comportamento dúctil, originando dobras (Bolacha et al., 2006).

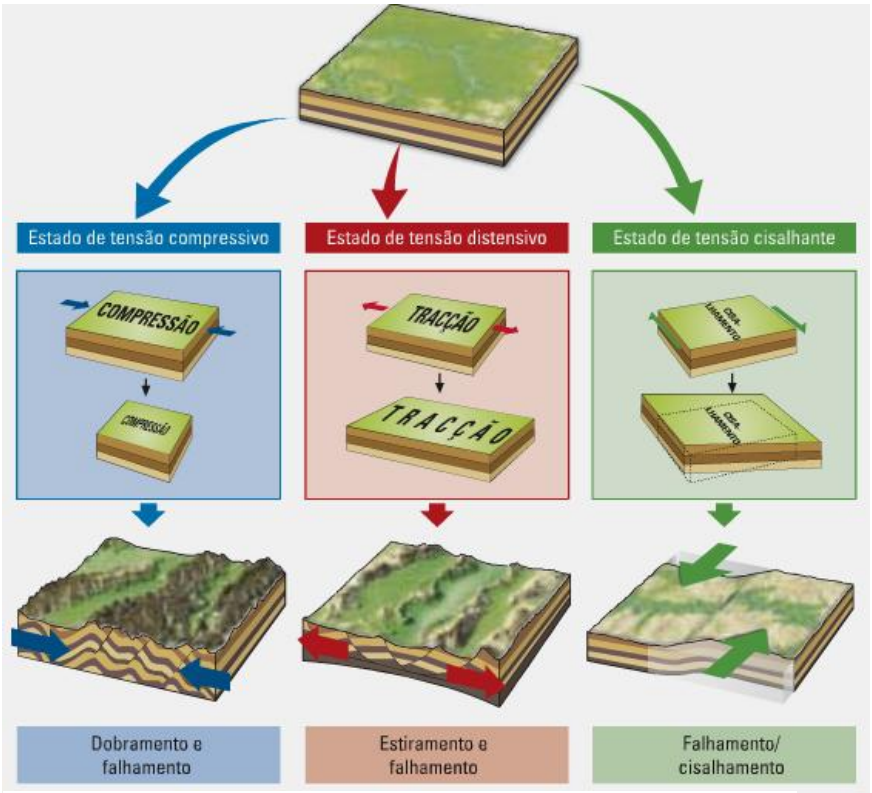


Figura 1 - Tipos de forças tectónicas e respetivas deformações geológicas. Retirado de Oliveira (2009).

O comportamento mecânico das rochas depende de fatores como a pressão, a temperatura, a composição mineralógica e a presença de fluidos (Bonito, 2021b). Em condições superficiais, as rochas tendem a comportar-se de maneira frágil, sofrendo fraturas. Em contraste, a temperaturas e pressões elevadas, como nas profundezas da litosfera, manifestam um comportamento dúctil, resultando na formação de dobras (Bolacha, 2014) (Figuras 2 e 3).

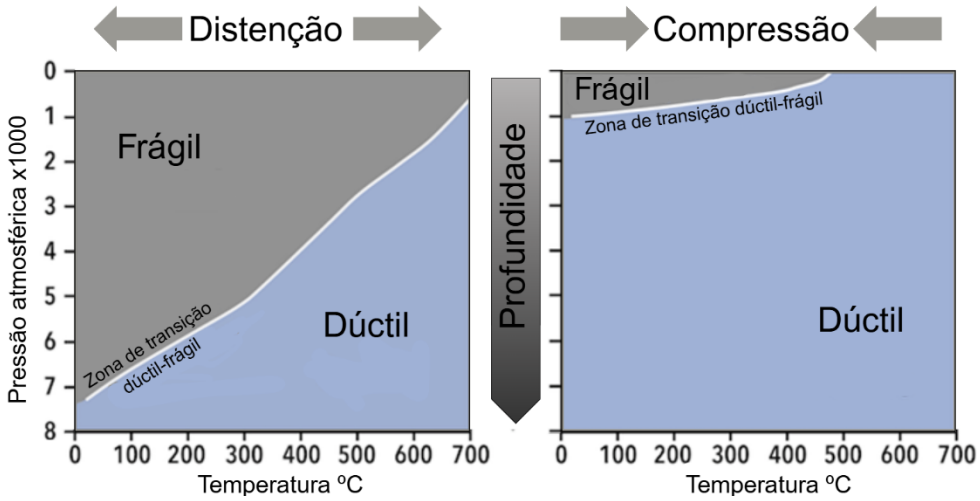


Figura 2 - Influência da pressão e temperatura no comportamento rochoso do calcário sobre tensão (esquerda) e compressão (direita). Adaptado de Panchuk (2021).

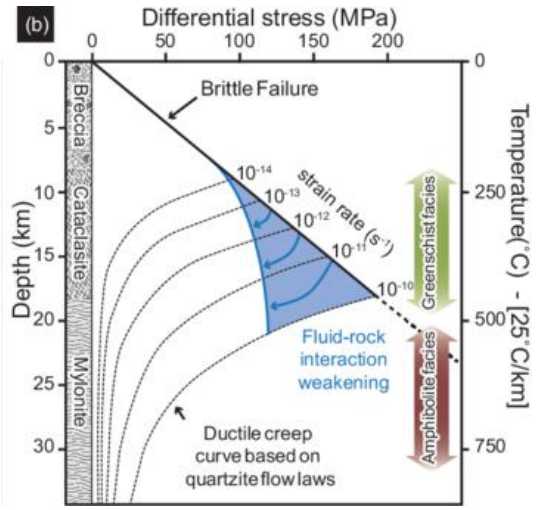


Figura 3 - Influência de fluidos circundantes no comportamento rochoso. A zona sombreada a azul representa o enfraquecimento da resistência da rocha às pressões litostáticas. Retirado de Gottardi and Hughes (2022, p. 2207)

Estes conceitos são fundamentais para a compreensão da dinâmica litosférica e devem ser explorados de modo prático e interativo no ensino secundário (Constante & Vasconcelos, 2010). Ensinar a deformação das rochas de forma eficaz requer uma abordagem que combine a teoria com a realização de atividades práticas, permitindo aos alunos compreender os mecanismos que regulam as estruturas da litosfera. Deste modo, o ensino destes processos pode ser reforçado através da utilização de materiais análogos, como velas aquecidas e plasticina, que exemplificam as diferenças entre comportamento frágil e dúctil (Bolacha et al., 2006).

Ensinar Ciências, em particular Geologia, no contexto educativo do século XXI exige a adoção de estratégias pedagógicas que promovam aprendizagens significativas, alicerçadas na participação ativa dos alunos. Os professores devem explorar estratégias e recursos didáticos para ajudar os alunos a compreender a importância da deformação das rochas na geodinâmica terrestre e riscos associados, como sismos e movimentos de vertente*. Para promover uma aprendizagem significativa dos alunos sobre este tema da geologia, é essencial recorrer a modelos didáticos e experiências laboratoriais que ilustrem estes fenómenos (Ferreira et al., 2015). Deste modo, o ensino da deformação das rochas pode integrar modelos experimentais, estudos de caso e atividades de campo para garantir uma aprendizagem ativa e significativa por parte dos alunos. A modelação e o uso de modelos, enquanto recursos didáticos no ensino da geologia, serão explorados no subcapítulo seguinte.

A implementação eficaz destes métodos e estratégias requer, por parte do professor, a identificação das CA mais recorrentes dos alunos no tópico da Geologia. Para esta IP foram identificadas as CAs mais comuns no tema da deformação rochosa (Tabela 2), as quais foram consideradas na sua elaboração e tomadas em conta no desenvolvimento das aulas e atividades de modelação. A CA assinalada, apesar de relacionada com o domínio do “Magmatismo e rochas magmáticas”, pode ser explorada com recurso ao modelo da caixa de deformação ao simular vulcanismo fissural numa zona de divergência de placas.

*Movimentos de vertente são deslocamentos de grandes massas de rocha ou solo ao longo de encostas.

Tabela 2 - Algumas conceções alternativas nos temas da convergência e divergência de placas. Retirado de (Francek, 2013).

Convergência de placas	Divergência de placas
As placas não se dobram.	Quando duas placas divergem são formados espaços entre elas.
As montanhas formam-se através da acumulação de material rochoso.	Quando duas placas divergem, material rochoso preenche os espaços formados entre elas.
Quando duas placas colidem, o seu movimento para.	Quando duas placas divergem, água preenche os espaços formados entre elas.
	A maioria dos vulcões são picos altos com crateras no cume.

2.2 Modelação e modelos no ensino da geologia

A implementação de modelos físicos e atividades experimentais em ensino da geologia tem demonstrado ser uma estratégia didática eficaz para o desenvolvimento de aprendizagens dos alunos. A utilização de diferentes materiais e simulações permite explorar a complexidade dos processos geológicos e preparar os alunos para a compreensão do mundo natural de forma crítica e fundamentada. Além da realização de atividades práticas, a análise de casos reais relacionados com a geologia pode contribuir para a consolidação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos. A exploração de fotografias e de estruturas geológicas deformadas, como as falhas da Califórnia (Estados Unidos) ou as dobras em Sagres e Almograve (Portugal), permite relacionar a teoria com casos práticos reais centrados na realidade geológica (Bonito, 2021b).

A modelação de processos geológicos surge, assim, como uma estratégia didática essencial, permitindo representar fenómenos complexos de forma concreta, prática e visual (Chamizo, 2013). Esta estratégia aproxima-se da metodologia científica com recurso a modelos científicos como representações simplificadas de realidades complexas, que permitem explorar conceitos abstratos e investigar processos naturais inacessíveis à observação direta (Chamizo, 2013; Deus & Fonseca, 2021).

A modelação desempenha um papel fundamental no ensino das Ciências. Modelos representativos construídos com materiais acessíveis, como sabão, madeira, esferovite ou plasticina, permitem aos alunos simular estruturas e fenómenos tectónicos, como dobras, falhas e deslocamentos de placas. Este processo favorece

uma aprendizagem ativa e participativa, incentivando os alunos a manipular materiais, aplicar forças e observar as consequências dessas ações, o que contribui significativamente para a motivação e o envolvimento no processo educativo (Bonito, 2021a).

A exploração de modelos, como a caixa de deformação que utiliza camadas de farinha e borras de café para simular processos geológicos, permite aos alunos visualizar a formação de estruturas como falhas e dobras (Mateus et al., 2000). Outros recursos úteis na contextualização destes fenómenos poderão ser materiais como o uso de barras de sabão, que ajudam a demonstrar falhas de desligamento, e as folhas de papel, que auxiliam a representação de dobras (Suárez & de la Torre, 1996).

A utilização de modelos facilita a compreensão de processos geológicos complexos que, pela sua escala espacial e temporal, não são passíveis de observação direta. Através da modelação, os alunos desenvolvem competências cognitivas como o raciocínio analógico, a capacidade de abstração e o pensamento crítico (Bolacha et al., 2006; Vasconcelos & Gomes, 2014).

A visualização dinâmica dos comportamentos elásticos, plásticos ou frágeis dos materiais contribui também para uma melhor compreensão dos conceitos essenciais da deformação rochosa (Bonito, 2021a; Vasconcelos & Gomes, 2014). Estes benefícios são complementados pelo estímulo à criatividade, à autonomia e ao uso responsável de recursos económicos no contexto educativo (Bonito, 2021a).

Dentro desta estratégia, a modelação análoga assume um lugar de destaque. Esta técnica, utilizada desde o século XIX, permite simular processos geológicos em ambiente laboratorial ou de sala de aula, com materiais como areias coloridas, esferovite, madeira ou plasticina. A modelação análoga proporciona uma visualização tridimensional das estruturas geológicas e das suas relações com as formas superficiais, incorporando variáveis como o tempo geológico e a irreversibilidade dos fenómenos naturais (Deus & Fonseca, 2021). Estas simulações são especialmente eficazes após a observação direta no campo, permitindo selecionar e controlar variáveis que representem, de forma conceptual, os processos naturais em estudo (Deus & Fonseca, 2021).

Um exemplo de aplicação desta estratégia é o uso do *silly putty* como material análogo para simular a deformação das rochas. A sua natureza viscoelástica permite representar os três tipos de comportamento rochoso (elástico, plástico e frágil), dependendo da intensidade e duração da força aplicada. Por ser facilmente fabricado

com materiais domésticos, como cola branca e borato de sódio, o *silly putty* apresenta-se como uma alternativa económica, acessível e reprodutível para experiências didáticas, especialmente no estudo de colisões tectónicas e deformações dúcteis (Pereira Pérez, 2020). No entanto, importa reconhecer que, apesar das suas vantagens, este material possui limitações na representação de fenómenos de elevada resistência ou fraturação (Pereira Pérez, 2020).

Apesar da sua eficácia pedagógica, a modelação deve ser aplicada com rigor e consciência crítica. Como alertam Vasconcelos and Gomes (2014), os modelos não devem ser interpretados como réplicas exatas da realidade geológica, mas como construções conceptuais com propósitos educativos específicos. A simplificação inerente aos modelos acarreta o risco de gerar conceções alternativas (CA), especialmente se não forem devidamente contextualizadas e discutidas (Pinho Ribeiro, 2018). Assim, o papel do professor é fundamental enquanto mediador e facilitador, conduzindo os alunos na análise crítica dos modelos e na distinção entre representação e realidade (Bolacha et al., 2006; Vasconcelos & Gomes, 2014).

A eficácia da modelação como estratégia didática depende ainda de critérios técnicos, como o isomorfismo, ou seja, a correspondência estrutural entre o modelo e o fenómeno natural que se pretende representar. A escolha de materiais com propriedades adequadas é crucial para a validade e fiabilidade das simulações, especialmente em contextos como o estudo da deformação das rochas (Bolacha, 2014). Além disso, a modelação deve ser entendida como parte de um processo contínuo e evolutivo, refletindo o próprio desenvolvimento da ciência, onde os modelos são constantemente revistos, ajustados e melhorados (Bolacha et al., 2006).

Em síntese, a modelação constitui uma estratégia didática de elevada relevância para o ensino da Geologia, permitindo superar os constrangimentos do espaço, do tempo e dos recursos típicos do contexto escolar. Quando utilizada com rigor científico e pedagógico, promove aprendizagens significativas, desenvolve competências cognitivas e aproxima os alunos da prática científica. No entanto, a sua aplicação exige uma abordagem crítica e contextualizada, que reconheça simultaneamente o poder explicativo dos modelos e as suas limitações enquanto representações simplificadas da realidade geológica

3. Sequência Didática: Deformação rochosa: respostas das rochas aos esforços tectónicos

Este capítulo está organizado em dois subcapítulos principais. O primeiro aborda a planificação da sequência didática, destacando a importância desse processo para a organização das atividades e para a adaptação ao contexto e às necessidades dos alunos. O segundo subcapítulo descreve a caracterização das aulas, detalhando a estrutura e os objetivos específicos de cada uma, bem como os recursos utilizados para promover uma aprendizagem ativa e significativa.

3.1 Planificação

A Sequência Didática "Deformação rochosa: Respostas das rochas aos esforços tectónicos" visa desenvolver Aprendizagens Essenciais (AE) relacionadas com o domínio da Deformação de rochas no 11º ano de escolaridade. A SD explorou estratégia da modelação permitindo aos alunos visualizar, experimentar, debater e testar conceitos teóricos (Vasconcelos & Gomes, 2014), ao longo das cinco aulas onde foram realizadas atividades práticas em grupo e individuais, tais como a exploração de modelos físicos e o preenchimento de Vs de Gowin, respetivamente. A sequência é constituída por cinco aulas, distribuídas da seguinte forma: duas com duração de 50 minutos, uma de 100 minutos e, por fim, duas de 150 minutos, totalizando 500 minutos. O planeamento destas aulas foi realizado em articulação com as AE selecionadas e com o Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO), conforme apresentado no subcapítulo 1.2 (Tabela 3).

Tabela 3 - *Sequência "Didática Deformação rochosa: Respostas das rochas aos esforços tectónicos"*

Título: "Deformação rochosa: Respostas das rochas aos esforços tectónicos"					
Aulas	Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5
Duração (minutos)	50	100	50	150	150
Metodologia de ensino	Ensino Orientado para a Aprendizagem por Resolução de Problemas				
Avaliação	Diagnóstica			Formativa	
AEs	Relacionar a génese de dobras e falhas com o comportamento (dúctil/ frágil) de rochas sujeitas a tensões.	Interpretar situações de falha (normal/ inversa/ desligamento) salientando elementos de falha e tipo de tensões associadas.	Interpretar situações de dobra (sinforma/ antiforma) e respetivas macroestruturas (sinclinal/anticlinal).	Planificar e realizar procedimentos laboratoriais para simular deformações, identificando analogias e escalas.	Planificar e realizar procedimentos laboratoriais para simular deformações, identificando analogias e escalas.
PASEO	A – Linguagens e textos; C – Raciocínio e resolução de problemas; D – Pensamento crítico e pensamento criativo; E – Relacionamento interpessoal; I – Saber científico, técnico e tecnológico				
Descrição da aula	Resolução dos protocolos do guia e exploração de modelos de comportamento rochoso. Planificação em apêndice 1.	Resolução dos protocolos do guia e exploração de modelos de falhas. Planificação em apêndice 3.	Resolução dos protocolos do guia e exploração de modelos de dobras. Planificação em apêndice 5.	Exploração da caixa de deformação (regime compressivo). Realização de um V de Gowin. Planificação em apêndice 7.	Exploração da caixa de deformação (regime distensivo). Realização de um V de Gowin. Planificação em apêndice 9.
Recursos educativos	Suporte CANVA (link); Guia da aula (Apêndice 2); Velas e *silly putty.*	Suporte CANVA (link); Guia da aula (Apêndice 4); Modelo de esponjas.	Suporte CANVA (link); Guia da aula (Apêndice 6); Modelo das plasticinas.	V de Gowin regimes compressivos (Apêndice 8); Caixa de deformação (Apêndice 10).	V de Gowin regimes distensivos (Apêndice 8); Caixa de deformação (Apêndice 10).
Produtos de aprendizagem dos alunos	Guias da aula preenchidos pelos alunos (em grupo) (Anexo 1)	Guias da aula preenchidos pelos alunos (em grupo) (Anexo 2)	Guias da aula preenchidos pelos alunos (em grupo) (Anexo 3)	Vs de Gowin preenchidos pelos alunos (em grupo) (Anexo 4)	Vs de Gowin preenchidos pelos alunos (em grupo) (Anexo 5)

3.2 Caracterização das aulas

Neste subcapítulo será apresentada a descrição detalhada de cada uma das aulas que compõem a sequência didática.

3.2.1 Aula 1

A primeira aula teve início com uma breve apresentação do PII e da sua finalidade, de modo a mitigar eventuais resistências por parte dos alunos à sua participação após o início do processo. Esta introdução procurou clarificar os objetivos da IP e preparar o contexto para o novo domínio que seria abordado nas aulas subsequentes, explicando de que forma a estratégia de modelação seria integrada ao longo das sessões.

De seguida, solicitou-se que os alunos se organizassem em pequenos grupos de três a quatro elementos. Os grupos mantiveram-se os mesmos ao longo da SD, de forma a garantir continuidade e promover a dinâmica colaborativa já estabelecida.

Os alunos iniciaram a exploração de um guia da aula 1 (Apêndice 2), especificamente concebido para intercalar momentos práticos com questões de natureza reflexiva. Estas questões tinham como principal objetivo incentivar os alunos a refletirem criticamente sobre o que acabavam de observar e a estabelecerem relações entre essas observações e o comportamento das rochas, fenómenos frequentemente considerados abstratos e de difícil visualização direta.

Os objetivos desta primeira aula abordavam os diferentes tipos de comportamentos rochosos (frágil, plástico e elástico). De forma a relacionar a modelação com estes objetivos foi elaborado o guia 1 (Apêndice 2) a partir da adaptação da atividade da vela e da utilização do *silly putty* (Pereira Pérez, 2020). Devido a constrangimentos temporais, estas atividades foram simplificadas, mantendo a ênfase no comportamento dos materiais e em como é que diversos fatores externos os podem influenciar de forma a não criar CA (Vasconcelos & Gomes, 2014).

A exploração da vela envolvia a quebra da mesma sob diferentes condições de temperatura, de forma a simular o comportamento dúctil e frágil das rochas a temperaturas mais ou menos elevadas, respetivamente. Para a segunda atividade desta aula foi explorado o *silly putty* por ser um modelo simples que demonstra os três

comportamentos rochosos e que pode ser aplicado em vários grupos simultaneamente. Dependendo das forças exercidas e da duração da sua aplicação, o *silly putty* consegue demonstrar um comportamento dúctil, frágil ou elástico (este recurso pode ser facilmente adquirido online). Esta característica foi utilizada para demonstrar como a duração da aplicação de forças iguais pode resultar em comportamentos diferentes. Ambas as abordagens práticas são eficazes para facilitar a compreensão de processos geológicos complexos que ocorrem em escalas temporais e espaciais inacessíveis à observação direta dos alunos (Bonito, 2021a; Vasconcelos & Gomes, 2014).

Tendo em conta o perfil da turma e a sua recetividade a estratégias *hands-on,* esta atividade foi reorganizada em segmentos mais pequenos e sequenciais, de modo a facilitar a assimilação dos conceitos em causa por parte dos alunos. Ao intercalar momentos de experimentação com questões orientadoras, procurou-se promover uma aprendizagem ativa, motivadora e centrada na experiência dos alunos.

Durante a realização da atividade, o professor investigador (PI) assumiu o papel de orientador da aprendizagem dos alunos, intervindo pontualmente para os apoiar na exploração do guia e na consolidação dos conceitos (Figura 4).

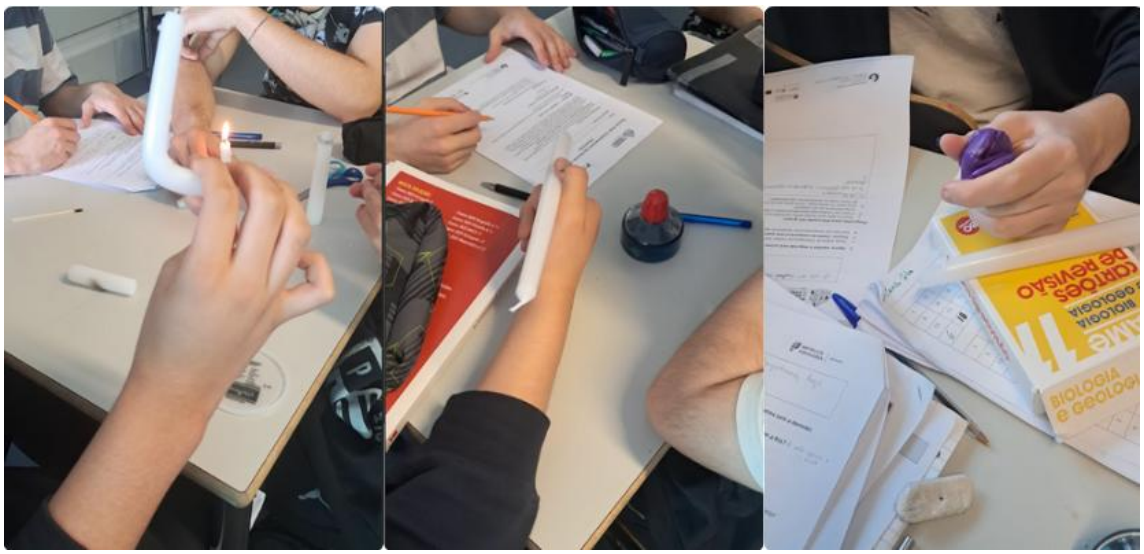


Figura 4 - Exploração da vela (imagens da esquerda e do meio) e *silly putty* (imagem da direita).

A aula terminou com uma reflexão final, utilizando um suporte CANVA* como suporte visual. Esta etapa teve como propósito identificar e corrigir eventuais conceções alternativas que pudessem persistir, funcionando simultaneamente como momento de síntese e conclusão da sessão.

*Suporte CANVA

3.2.2 Aula 2

Os alunos, em grupo, deram início à exploração do guia da aula (Apêndice 4), o qual incluía uma atividade prática centrada na construção de um modelo simples de falhas geológicas, utilizando esponjas de cozinha coloridas. Esta atividade visava proporcionar uma abordagem prática à compreensão dos comportamentos rochosos em regime frágil.

O modelo consistia em três esponjas sobrepostas, de forma a simular camadas sedimentares, posteriormente cortadas na diagonal para simular a existência de uma falha (Figura 5). Após a construção do modelo, os alunos foram desafiados a simular os três principais tipos de falhas, normal, inversa e de desligamento, observando atentamente que tipo de falhas estavam associadas à força que eles estavam a aplicar ao modelo. Posteriormente, responderam a um conjunto de questões orientadoras, disponíveis no guia da aula 2 (Apêndice 4), que os incentivaram a refletir criticamente sobre as observações realizadas, promovendo a aplicação e consolidação dos conceitos abordados.



Figura 5 - Montagem e exploração do modelo de falhas.

Ao longo desta fase, o PI assumiu o papel de orientador da aprendizagem, intervindo sempre que necessário para apoiar os alunos na construção do modelo, na interpretação dos fenómenos simulados e na análise das questões propostas.

Esta atividade revelou-se particularmente eficaz por permitir aos alunos construírem o seu próprio modelo físico, contribuindo para um maior envolvimento e sentido de apropriação no processo de aprendizagem.

Na segunda fase da aula, recorreu-se novamente ao suporte visual CANVA para realizar uma reflexão final em conjunto com os alunos. Esta apresentação teve como principal objetivo consolidar os conhecimentos fundamentais relativos à deformação em regime frágil e aos diferentes tipos de falhas.

3.2.3 Aula 3

Nesta aula, os alunos, em grupo, iniciaram a exploração do guia da aula 3 (Apêndice 6), o qual incluía uma atividade prática de construção de um modelo físico de dobras, utilizando argilas de cores diferentes que simulavam diferentes camadas estratigráficas. Esta atividade teve como objetivo proporcionar uma representação acessível e concreta da deformação em regime dúctil. Seguindo os passos do guia da aula 3 proposto, os alunos comprimiram o modelo, observando a formação de dobras na plasticina e simulando assim os processos geológicos reais (Kopecká, 2024).

Após a atividade prática, os alunos responderam a um conjunto de questões incluídas no guia da aula, que procuravam levá-los a refletir sobre as observações realizadas e a aplicar os conceitos científicos trabalhados. Esta estratégia visou consolidar os conhecimentos adquiridos sobre dobras e as suas macroestruturas e trabalhar nos alunos a capacidade de formular e opinar criticamente e cientificamente fundamentada, desenvolvendo o seu pensamento crítico. Tal como nas aulas anteriores, o guia foi concebido para promover a construção do conhecimento de forma autónoma, mas orientada, permitindo que os alunos mantivessem um papel ativo e participativo.

Durante toda esta fase, o PI desempenhou o papel de facilitador da aprendizagem, orientando os grupos na construção e manipulação do modelo (Figura 6), bem como na análise das questões reflexivas. Esta abordagem, semelhante à da segunda aula, permitiu aos alunos criar o seu próprio modelo didático, reforçando o envolvimento no processo de aprendizagem e favorecendo a apropriação dos conteúdos.



Figura 6 - Exploração do modelo das dobras.

A aula terminou com uma reflexão final, com recurso ao suporte visual CANVA (ver tabela da SD), com o objetivo de clarificar possíveis CA ainda presentes. Durante esta apresentação, procurei estabelecer um diálogo contínuo com os alunos, promovendo a sua participação ativa e evitando que este momento se tornasse excessivamente transmissivo. Esta estratégia reforçou a compreensão dos conceitos relativos à deformação dúctil e à formação de dobras, enquanto manteve a coerência pedagógica com as aulas anteriores.

3.2.4 Aula 4 e 5

As duas últimas aulas foram dedicadas à exploração, com a ajuda do PI, do modelo da caixa de deformação (Apêndice 10) em regime compressivo (quarta aula) e regime distensivo (quinta aula), que englobou todas as aprendizagens abordadas ao longo desta SD. Devido à sua maior complexidade, foi requerido aos alunos um entendimento abrangente dessas aprendizagens e, por isso, era de esperar que eles conseguissem associar todos os diferentes conceitos abordados nas aulas anteriores. Este tipo de modelos podem ser utilizados num ambiente didático para mostrar como é que movimentos geológicos podem alterar a morfologia rochosa de um local ao longo de milhares de anos (Fonseca et al., 2004).

A caixa construída foi baseada no desenho de Fonseca et al. (2004) (Figura 7A) e adaptada para uso na implementação nesta SD. É composta por painéis de madeira nas faces inferior, frontal e traseira e por dois painéis de vidro nas laterais para permitir a observação para o interior do modelo. Adicionalmente, as forças de compressão e distensão são aplicadas com o auxílio de um êmbolo que desliza no interior do modelo. (Figura 7B).

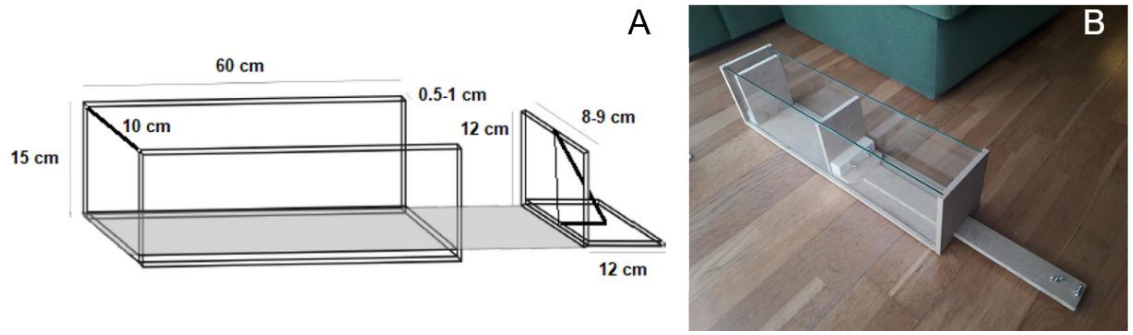


Figura 7 - Desenho esquemático da caixa de deformação de Fonseca et al. (2004) (A). Caixa de deformação construída (B).

A principal diferença entre as duas caixas está no mecanismo de simulação de forças distensivas. Fonseca et al. (2004) Usaram uma câmara de ar que enchia e, consequentemente, distendia as camadas que eram colocadas por cima. Na minha caixa a distensão foi simulada com recurso a uma meia-de-vidro que preenchia a área da base entre a parede da pega e a parede fixa. Para prender esta meia ao êmbolo e à parede fixa foram colocados painéis elevados dentro da câmara que deixavam um espaço de 3 mm entre si e a base da caixa. Este espaço era suficiente para permitir a passagem da meia que era fixa do outro lado apertando o mecanismo (Figura 8). Para assegurar que a meia se mantinha com largura constante durante a sua distensão, foram colocados no seu interior painéis de acetato com a mesma largura que o interior da caixa. Os acetatos atravessavam os painéis elevados e prendiam no mesmo mecanismo que prendia as meias. Este mecanismo permitiu que a caixa pudesse ser utilizada para simular regimes compressivos e distensivos, necessitando apenas de desmontar ou montar a meia-de-vidro, respetivamente. Esta propriedade da caixa de deformação era essencial para evitar ter de construir duas caixas (uma para cada tipo de força tectónica) ou limitar a SD a um dos dois regimes. Este mecanismo inovativo foi desenhado por mim e não consegui encontrar um equivalente na literatura.

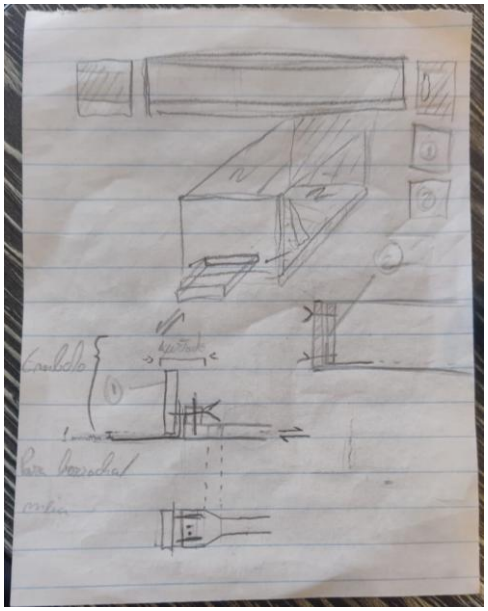


Figura 8 - Desenho original para a caixa de deformação com o mecanismo para prender a meia-de-vidro aos painéis elevados da caixa (canto inferiro esquerdo da imagem).

Para além da construção e funcionamento da caixa, revelou-se igualmente essencial assegurar a preparação adequada dos materiais utilizados no seu interior. a aplicação dos modelos implicou a necessidade de testar previamente os materiais e protocolos, de modo a garantir que funcionavam como pretendido e que não gerassem CA nos alunos. Este aspeto foi particularmente relevante durante a preparação das misturas de areias com farinha e chocolate em pó, destinadas a simular com mais fidelidade regimes distensivos (exploradas na aula 5). Se a mistura tivesse pouca areia, os materiais retinham muita da sua coesão e não abatiam como se observa em contextos geológicos reais. Contudo, se a mistura tivesse muita areia, a coesão dos materiais diminuiria bastante, e seria impossível de visualizar com facilidade a formação de estruturas geológicas. A ausência de testes prévios poderia comprometer a fiabilidade das simulações e gerar interpretações incorretas por parte dos alunos.

A exploração da caixa foi dividida nas duas aulas. Na quarta aula foi simulado o efeito de forças tectónicas compressivas em estratos rochosos horizontais e ao mesmo tempo vou explorar com os alunos os seus efeitos e estruturas formadas durante a sua atuação (Figura 9). Para a quarta aula, onde se trabalhou regimes compressivos, foram utilizados a farinha, chocolate em pó e uma mistura dos dois, para simular as diferentes camadas estratigráficas. Estes materiais mostram-se úteis para simular regimes compressivos devido à sua facilidade de formar falhas e dobras nas camadas (Deus & Fonseca, 2021).



Figura 9 - Simulação de regimes compressivos na caixa de deformação.

Na quinta aula o processo foi repetido, mas com forças tectónicas distensivas (Figura 10). Para que os alunos conseguissem visualizar tanto comportamentos dúcteis como comportamentos frágeis durante estas duas aulas, vários materiais foram utilizados para simular os estratos na caixa de deformação. Na quinta aula, onde também foram trabalhados os regimes distensivos, para além da farinha e do chocolate em pó, foi misturado em cada camada um bocado de areia, necessária para uma melhor simulação das camadas rochosas da crusta. Sem a areia, as misturas de farinha e chocolate em pó apresentam muita coerência entre os seus grãos, o que faz com que os blocos se separem durante a distensão e não abatam. Com a adição da areia esta coerência é perdida e os estratos tendem a abater com mais facilidade, simulando com um maior grau de fidelidade os processos geológicos reais (Deus & Fonseca, 2021).

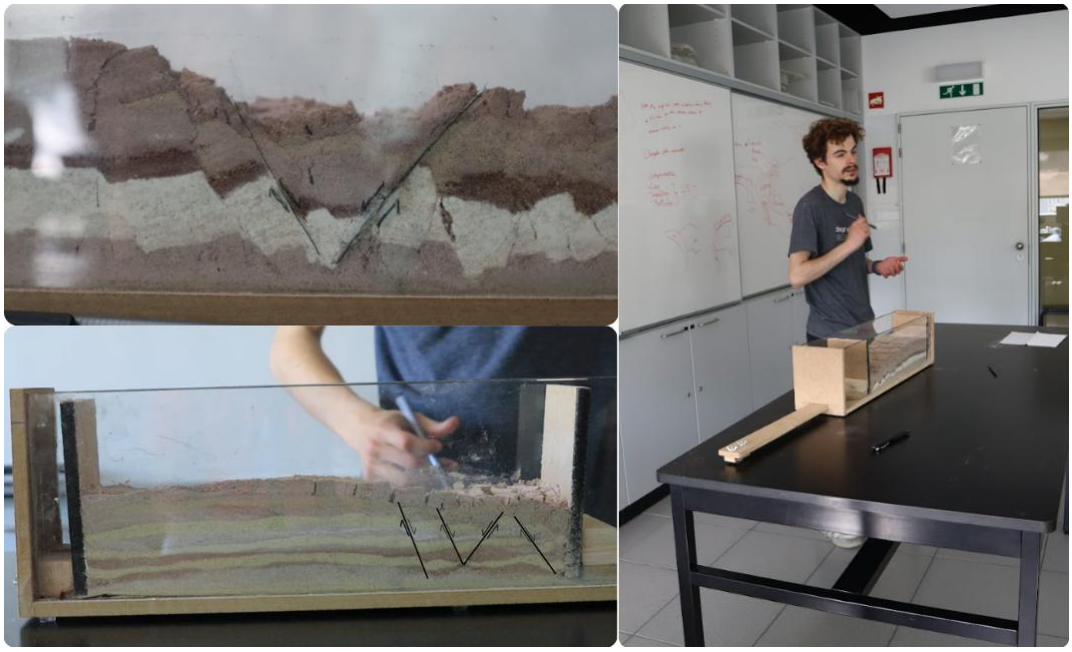


Figura 10 - Simulação de regimes distensivos na caixa de deformação.

A fase de exploração da caixa de deformação foi planeada, na aula 4 e na aula 5, para demorar o primeiro bloco de 50 minutos, com os restantes 100 minutos da aula reservados para a realização, em grupo, dos respetivos Vs de Gowin, um para forças compressivas (Apêndice 8) e o outro para as distensivas (Apêndice 8). Estes Vs de Gowin foram posteriormente usados pelo professor-investigador para avaliar o sucesso do uso da estratégia de modelação na aprendizagem dos alunos ao longo desta SD.

4. Metodologia de investigação

Neste capítulo apresenta-se a metodologia de Investigação selecionada, a investigação-ação, a amostra onde foi aplicada, os instrumentos de recolha e análise de dados utilizados e as questões associadas à ética da investigação em Educação.

4.1 Investigação-Ação

A I-A é um método investigativo com raízes históricas e filosóficas profundas, amplamente associado a Kurt Lewin, que, em 1946, procurou estabelecer bases científicas para as Ciências Sociais, integrando abordagens quantitativas e qualitativas (de Barros, 2012; Kemmis, 2006). No entanto, Tripp (2005) identifica John Collier como precursor do termo, apesar de que H.G. Moreno é creditado pela sua aplicação da I-A em projetos comunitários na Europa, em 1913.

A I-A define um processo cíclico contínuo que combina momentos de investigação e ação, promovendo reflexão sobre a prática e fomentando a mudança (Coutinho, 2014). Este processo inclui quatro fases sequenciais (planificação, ação, observação e reflexão). Após a identificação do problema que irá guiar a investigação elabora-se um plano de intervenção, e posteriormente, a ação é implementada e os resultados são recolhidos, permitindo ao investigador refletir e reformular o problema, conduzindo a novos ciclos investigativos (Cohen et al., 2002).

Este método distingue-se pela sua abordagem prática e interventiva, sendo frequentemente utilizado no contexto educacional para promover melhorias no ensino-aprendizagem (Traqueia et al., 2021). Destaca-se a sua aplicação na tradição britânica por John Elliot e Clem Adelman, na vertente crítica e emancipatória de Wilfred Carr e Stephen Kemmis na Austrália, bem como na abordagem participativa de Paulo Freire e Orlando Fals Borda, que enfatizam o empoderamento e a transformação social (Kemmis, 2006).

No contexto educacional, a I-A visa não apenas a investigação da realidade, mas também a sua modificação através de um processo colaborativo e reflexivo. Segundo Coutinho (2014), esta metodologia permite a análise e a implementação de mudanças na prática docente, promovendo a inovação e o desenvolvimento profissional dos professores. Além disso, a combinação de métodos quantitativos e qualitativos fortalece

a robustez dos resultados obtidos, permitindo uma compreensão abrangente do fenómeno estudado (Coutinho, 2014).

A natureza cíclica da I-A permite uma adaptação contínua das estratégias pedagógicas com base nos resultados obtidos. Contudo, em contextos específicos, como no âmbito da IPP-PES, pode ser viável apenas um ciclo de implementação, seguido de uma análise reflexiva para futuras intervenções (Coutinho, 2014).

Para além da sua estrutura metodológica, a I-A caracterizasse pela procura da mudança e resolução de problemas de forma participativa, envolvendo todos os agentes educativos na construção do conhecimento. A abordagem mista de recolha e análise de dados, através de técnicas quantitativas e qualitativas, permite uma triangulação que reforça a validade e a fidelidade dos resultados (Traqueia et al., 2021). Assim, a I-A não só contribui para a investigação científica, como também fomenta a transformação social e educativa, consolidando-se como uma metodologia essencial para a inovação pedagógica e a melhoria contínua das práticas docentes.

4.2 Caracterização da amostra

A amostra desta investigação é composta por 22 alunos do 11.º ano, todos de nacionalidade portuguesa. O grupo apresenta um equilíbrio de género, com 13 rapazes e 9 raparigas. No que respeita à faixa etária, seis alunos têm 15 anos e dezasseis possuem 16 anos (obtido dia 15/05/2024).

Nenhum dos alunos registou retenções em anos letivos anteriores, garantindo uma homogeneidade em termos de percurso escolar. Relativamente ao apoio socioeconómico, a maioria dos alunos (15) não beneficia de escalão da Associação Social Escolar (ASE), enquanto cinco pertencem ao escalão B, um ao escalão A e um ao escalão C.

A turma inclui um aluno com dislexia, o que exige a adoção de estratégias diferenciadas no processo de ensino-aprendizagem. A presença de alunos com diferentes contextos socioeconómicos e necessidades educativas específicas reforça a importância de metodologias pedagógicas inclusivas, promovendo um ensino equitativo e adaptado às necessidades de todos os discentes.

No contexto deste estudo, a amostra utilizada corresponde a uma amostra de conveniência, enquadrando-se numa abordagem de amostragem não probabilística. Esta escolha deve-se ao facto de a turma em questão ter sido atribuída no âmbito da IPP, refletindo, assim, um contexto específico. Consequentemente, não é possível garantir a representatividade da amostra, o que implica que os resultados obtidos não podem ser extrapolados para além do grupo analisado (Coutinho, 2014).

4.3 Técnicas e instrumentos de recolha e análise de dados

A Tabela 3 apresenta uma síntese dos instrumentos selecionados para a recolha e análise de dados. Foram utilizadas as técnicas de observação participante e recolha documental ao longo da IP para avaliar o desempenho dos alunos. Foi criada uma rúbrica de observação para avaliar o desempenho dos discentes durante as aulas; guias de aula que desempenhavam um papel de protocolo das atividades e de diagnóstico dos conhecimentos dos alunos sobre os temas de cada aula; e Vs de Gowin que serviam como avaliação final dos conceitos trabalhados ao longo da IP.

Tabela 4 - Instrumentos para Recolha e análise de Dados.

Recolha de dados		Analise de dados	
Técnica	**Instrumento**	**Técnica**	**Instrumento**
Observação participante	Rúbrica/grelha de Observação	Análise do conteúdo da grelha	-
Recolha documental	Vs de Gowin de modelo	As respostas dos alunos ao Vs de Gowin	Rúbrica de avaliação do Vs de Gowin
	Guias das aulas	As respostas dos alunos ao Vs de Gowin	Comparação entre as respostas dos alunos

4.3.1. Observação participante

Um dos métodos utilizados foi a observação participante, dado que esta permite recolher dados sobre as aprendizagens dos alunos e as interações estabelecidas entre os pares (Damião, 2019). Neste âmbito, recorreu-se à observação direta e ao uso de uma rúbrica de avaliação contruída pelo PI (Apêndice 11). A observação foi utilizada com o objetivo de analisar o comportamento e a postura dos alunos face às estratégias implementadas, bem como para avaliar o desenvolvimento de determinadas

competências. Isto permitiu fazer uma avaliação mais focada nas atitudes e valores dos discentes, que pôde ser usada posteriormente na análise de dados para averiguar se havia correlação entre resultados mais fracos e pior comportamento dentro da sala de aula.

4.3.2. Recolha documental

Para avaliar a componente teórica da IP recorreu-se à recolha documental e à consequente análise do conteúdo, pois estes instrumentos abrangem a documentação produzida pelos alunos, permitindo recolher informação acerca dos conhecimentos adquiridos, da compreensão de conceitos e do desenvolvimento de determinadas competências (de Jesus, 2019). Para recolher estes dados foram utilizados os guias de aula (Apêndices 2, 4 e 6) e os Vs de Gowin (Apêndice 8.)Foram aplicadas três guias de aula, um para cada aula e temática (comportamento rochoso e os fatores que o influenciam, comportamento rochoso em regime frágil, e comportamento rochoso em regime dúctil), que serviu como protocolo para as atividades da respetiva aula, e como avaliação diagnóstica aos temas de cada aula.

Para além disso, foram aplicados dois Vs de Gowin que serviram como avaliação final de todas as temáticas trabalhadas nas aulas anteriores. O objetivo desta abordagem foi comparar a compreensão dos conteúdos pelos alunos antes e depois da utilização de modelos e simulações, de modo a obter conclusões mais robustas sobre o potencial destas estratégias. Os guias das aulas focavam-se em um tema de cada vez e proporcionaram os alunos a relacionar o que estavam a observar ao longo da atividade com os seus conhecimentos prévios, servindo assim como diagnóstico. Já os Vs de Gowin, relacionados com a atividade de exploração da caixa de deformação, avaliavam as três temáticas em simultâneo e serviram como avaliação final, o que permitia fazer a comparação entre estes instrumentos e avaliar o desempenho da IP.

4.3.3. Análise de conteúdo

A recolha documental constituiu o eixo central da interpretação dos dados e análise do conteúdo recolhidos no âmbito da presente investigação. Os documentos analisados foram os guias de aula (Apêndices 2, 4 e 6), aplicados nas três primeiras sessões, e os Vs de Gowin (Apêndice 8), elaborados nas duas últimas aulas da sequência didática. A lógica da análise assentou na articulação entre avaliação diagnóstica dos guias e avaliação final dos Vs de Gowin, o que possibilitou observar a progressão das aprendizagens dos discentes ao longo da intervenção. Para facilitar a avaliação dos alunos ao longo da SD a turma foi dividida em seis grupos que se mantiveram constantes ao longo das cinco aulas. Assim foi possível visualizar a evolução de cada grupo separadamente e comparar com o progresso do resto dos grupos.

Os três guias (Apêndices 2, 4 e 6) corresponderam aos três temas abordados nas primeiras aulas da sequência didática (comportamento das rochas, deformação em regime frágil e deformação em regime dúctil). As respostas dos grupos de alunos foram comparadas entre si, sendo-lhes atribuída uma classificação relativa. Assim, a resposta considerada menos completa e menos adequada obteve a pontuação mais baixa, enquanto a mais consistente e cientificamente fundamentada recebeu a pontuação mais elevada. As respostas intermédias foram pontuadas de forma proporcional. Este procedimento permitiu avaliar o grau de compreensão inicial dos alunos em cada tema, funcionando como diagnóstico das conceções e dificuldades presentes.

Nas duas últimas aulas, os alunos construíram Vs de Gowin (Apêndice 8), que tiveram como finalidade sintetizar e integrar os conhecimentos adquiridos sobre os três temas trabalhados. Estes produtos foram avaliados através de uma rúbrica de avaliação previamente elaborada, a qual avaliava os seguintes componentes do V de Gowin: Teoria e Princípios, Conceitos, Resultados, Questão-Problema, Procedimento, Discussão, e Conclusão. A utilização desta grelha permitiu conferir maior objetividade e fiabilidade ao processo avaliativo, reduzindo a subjetividade inerente à análise qualitativa.

A análise de conteúdo dos guias de aula e dos Vs de Gowin proporcionou uma leitura sistemática da evolução conceptual dos alunos, permitindo comparar o seu desempenho inicial e final relativamente às aprendizagens essenciais definidas. Esta abordagem analítica revelou-se adequada ao objetivo do estudo, ao possibilitar não

apenas a identificação de progressos, mas também a análise das dificuldades persistentes e das conceções alternativas que se mantiveram ao longo da intervenção.

Os dados recolhidos na observação participante, apesar de não avaliarem as AEs diretamente, avaliam os valores e atitudes dos alunos individualmente ao longo das aulas, e podem ser correlacionados com os dados da recolha documental.

4.4 Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados

A validade e a fiabilidade são aspetos essenciais na avaliação de um instrumento de recolha de dados, pois asseguram a precisão e a pertinência das informações obtidas (Coutinho, 2014). A validade refere-se ao rigor e à coerência dos resultados, enquanto a fiabilidade diz respeito à estabilidade e consistência das medições, independentemente das condições em que são realizadas. Um instrumento de recolha de dados é considerado fiável quando gera resultados semelhantes ao ser aplicado repetidamente à mesma amostra em diferentes momentos (Coutinho, 2014). Neste estudo, os instrumentos de recolha de dados foram desenvolvidos e validados com o contributo do professor-cooperante e da orientadora de estágio, garantindo a sua adequação metodológica e científica.

4.5 Normas éticas

As questões éticas na investigação dizem respeito aos princípios que orientam a conduta dos investigadores, determinando aquilo que é eticamente aceitável ou não. Estas questões são complexas e podem variar consoante o contexto. No domínio da educação, as preocupações éticas incluem a responsabilidade de salvaguardar a dignidade dos participantes e de ponderar os possíveis impactos da investigação, sobretudo quando envolve menores de idade (Cohen et al., 2002).

Neste sentido, torna-se essencial considerar aspetos como o consentimento e o assentimento informados, a confidencialidade, o anonimato e a participação voluntária. Para garantir a integridade da investigação, foram estabelecidos princípios éticos, legislação e comités de ética que analisam as propostas de investigação, avaliando as suas implicações e a adequação dos métodos utilizados.

A Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) dispõe de uma Comissão de Ética, responsável por supervisionar os projetos desenvolvidos pelos seus

investigadores, assegurando o cumprimento das normas éticas estabelecidas. Para este efeito, foi realizado um pedido de parecer à Comissão de Ética relativamente ao estudo que se desenvolveu e implementou, bem como os termos de Assentimento Informado e Consentimento Informado (Apêndice 12 e Apêndice 13), que foram recolhidos junto dos encarregados de educação dos alunos e dos próprios, respetivamente, após a apreciação favorável à aplicação da presente investigação (Proc. CE2025/p218)

5. Análise e discussão dos resultados

O presente capítulo apresenta e discute os resultados obtidos durante a implementação da IP, com o objetivo de verificar em que medida o uso da estratégia de modelação no ensino da deformação rochosa contribuiu para o sucesso escolar dos alunos do 11.º ano de escolaridade. Para além disso, procura-se refletir sobre os objetivos científicos definidos anteriormente no capítulo 1, relacionando-os com as aprendizagens efetivamente desenvolvidas pelos alunos.

5.1 Comportamento das rochas

A primeira aula da IP centrou-se na exploração dos diferentes comportamentos das rochas (elástico, frágil e dúctil), recorrendo ao modelo da vela e ao *silly putty* (Pereira Pérez, 2020). Estes materiais foram selecionados pela sua capacidade em representar de forma simples e acessível as respostas distintas dos materiais perante diferentes condições de temperatura e esforço.

Os resultados obtidos através da análise das respostas dos grupos ao guia da aula 1 (Apêndice 2) revelam uma média da turma de 16,83 valores, evidenciando um desempenho globalmente satisfatório. Apesar disso, verificaram-se diferenças assinaláveis entre grupos, com o grupo 1 a registar a pontuação mais baixa (14/20) e os grupos 4, 5 e 6 a alcançar valores próximos do máximo (18/20). Esta dispersão sugere que, embora a maioria dos alunos tenha compreendido os conceitos trabalhados, subsistiram algumas dificuldades pontuais, possivelmente associadas a CA previamente identificadas na literatura (Bonito, 2021a), tais como dificuldades em relacionar forças aplicadas com os resultados observados, nomeadamente na exploração do *silly putty*.

A representação gráfica das cotações (Gráfico 1) permite visualizar de forma imediata esta variação entre grupos, sublinhando que, mesmo numa atividade introdutória, o recurso a modelos favoreceu uma aprendizagem mais significativa, cumprindo o objetivo pedagógico de fomentar a compreensão visual e prática de conceitos geológicos. Estes resultados alinham-se com Constante and Vasconcelos (2010), que defendem a relevância de atividades experimentais simples e lúdico-práticas para potenciar a motivação e a compreensão.

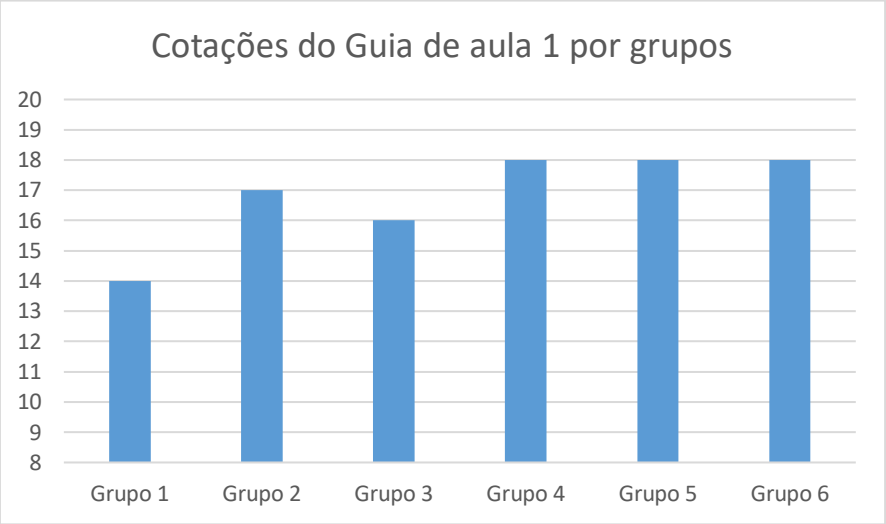


Gráfico 1 - Cotações do Guia de aula 1 por grupos.

Para além dos resultados do guia, a análise dos resultados obtidos através da aplicação da grelha de observação (Gráfico 2) permite identificar que os grupos com maior envolvimento na manipulação da vela e do *silly putty* (Vasconcelos & Gomes, 2014) foram também aqueles que obtiveram melhores desempenhos no guia da aula 1 (Anexo 1). Os resultados apresentados no gráfico 2 mostram ainda que a maioria dos alunos participou ativamente na atividade prática, embora haja diferenças na capacidade de explicitar, em discurso, as relações entre o modelo e o comportamento real das rochas. Este aspeto confirma que a modelação favorece a motivação dos alunos (Constante & Vasconcelos, 2010), mas exige mediação docente para assegurar que a observação prática é devidamente traduzida em compreensão conceptual.

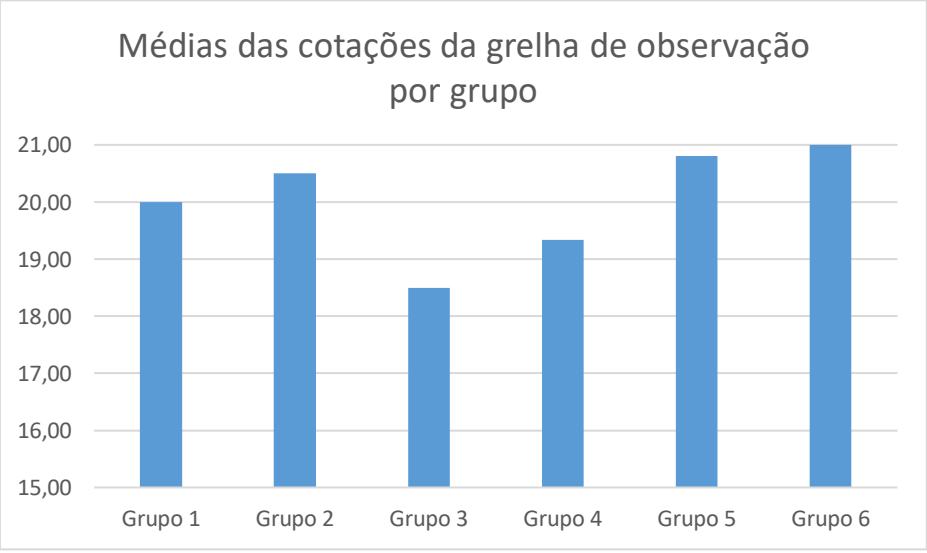


Gráfico 2 - Médias das cotações da grelha de observação por grupo da primeira aula. A cotação máxima é de 21 pontos.

5.2 Deformação Em Regime Frágil

A segunda aula abordou a deformação em regime frágil, através da construção e exploração de um modelo construído com esponjas para a simulação de falhas. Este modelo possibilitou a observação direta dos principais tipos de falhas (normal, inversa e de desligamento), mas os resultados evidenciaram maiores dificuldades dos alunos face ao tema explorado na anterior (comportamento das rochas).

A análise das respostas dos grupos ao guia da aula 2 (Anexo 2) indica uma média da turma de 15,17 valores, o resultado mais baixo obtido ao longo de toda a sequência didática (SD). O grupo 4 destacou-se com a pontuação mínima (11/20), ao passo que os grupos 5 e 6 atingiram valores máximos (19/20). Esta dispersão mais acentuada na pontuação sugere que o conceito de falha, pelas suas características espaciais e pela necessidade de compreender movimentos relativos das placas, representou um desafio acrescido para alguns alunos (Chamizo, 2013; Vasconcelos & Gomes, 2014).

Os resultados obtidos com a aplicação da grelha de observação na aula 2 (Gráfico 3) mostra que, apesar do envolvimento dos grupos, alguns alunos apresentaram dificuldades em manipular corretamente o modelo de simulação das falhas e em relacionar as observações com os conceitos teóricos, o que justifica os valores mais baixos em determinadas respostas e a variação observada nas cotações dos guias de aula (Vasconcelos & Gomes, 2014). Esta limitação foi particularmente evidente em situações em que os alunos descreveram apenas o movimento aparente das esponjas, sem conseguir transpor essa observação para a explicação do processo geológico correspondente. Verificou-se ainda que, embora o modelo tenha despertado interesse e promovido participação, a interpretação conceptual exigiu maior mediação do professor-investigador, revelando a complexidade acrescida da deformação em regime frágil face a outros temas da sequência didática.

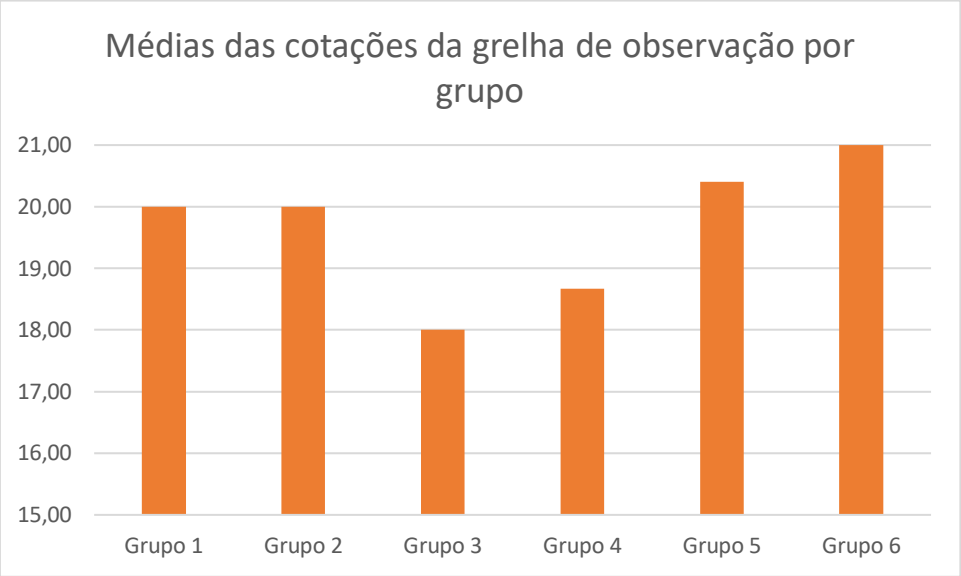


Gráfico 3 - Médias das cotações da grelha de observação por grupo da segunda aula. A cotação máxima é de 21 pontos.

O gráfico de resultados de cotação por grupo (Gráfico 4) evidencia estas discrepâncias, demonstrando que, embora alguns grupos tenham consolidado os conceitos, outros mantiveram algumas CA relativas ao movimento de placas ou não conseguiram representar corretamente os fenómenos (Anexo 2).

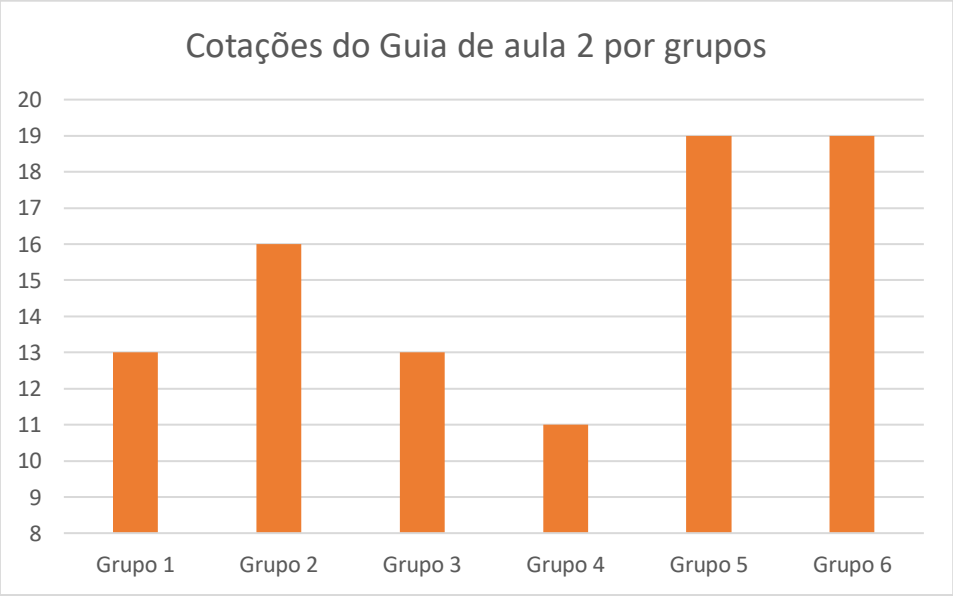


Gráfico 4 - Cotações do Guia de aula 2 por grupos.

Os grupos de 3 e 4 mostram a relação entre um menor aproveitamento da aula, obtendo uma nota mais baixa no guia da aula 2. Apesar de que o grupo 1 contraria esta

tendência, por ter tido um bom aproveitamento da aula, mas obteve uma nota igualmente fraca no guia (Anexo 2).

Estes resultados são consistentes com literatura, uma vez que autores como Francek (2013); Pinho Ribeiro (2018) destacam a frequência de CA relacionadas com falhas e limites de placas, sublinhando a dificuldade que os alunos sentem em visualizar e compreender processos de deformação frágil.

Apesar destas limitações, considera-se que o recurso às esponjas para a elaboração do modelo de simulação das falhas cumpriu parcialmente o objetivo científico de demonstrar os efeitos das forças tectónicas nas camadas da litosfera, contribuindo para a aprendizagem, ainda que com desigualdades entre grupos.

5.3 Deformação Em Regime Dúctil

A terceira aula centrou-se na deformação em regime dúctil, utilizando modelos de dobras construídos com argila. A estratégia de modelação através da exploração de modelos mostrou-se eficaz, permitindo aos alunos visualizar a formação de estruturas como antiformas, sinformas e dobras anticlinas/sinclinais.

Os resultados obtidos com a análise das respostas dos grupos ao guia da aula 3 (Anexo 3) evidenciam uma média de 16,50 valores, superior à obtida na aula anterior, o que indica uma recuperação do desempenho da turma. Os grupos 5 e 6 atingiram a pontuação máxima (20/20), enquanto o grupo 4 voltou a registar dificuldades significativas (11/20).

A análise dos registos das grelhas de observação da aula 3 (Gráfico 5) mostra que a exploração de modelos em argila/plasticina favoreceu o envolvimento coletivo dos alunos, com todos os grupos a manipular ativamente o material. De forma geral, verificou-se que um maior empenho prático se traduziu em melhores resultados, sugerindo uma correlação entre a participação na manipulação do modelo e a consolidação dos conceitos (Bonito, 2021a). No entanto, o grupo 3 não evidenciou o mesmo desempenho em relação aos restantes grupos. O gráfico 5 indica que a maioria dos grupos conseguiu relacionar corretamente as dobras produzidas em laboratório com as estruturas geológicas reais. Estes resultados sugerem que a utilização de materiais moldáveis como a argila constitui um recurso particularmente eficaz para a visualização de processos de deformação contínua, facilitando a transposição entre a experiência prática e a interpretação teórica. Ainda assim, a análise revelou algumas dificuldades

no uso consistente da terminologia geológica, confirmando a necessidade de reforçar a mediação docente na clarificação da nomenclatura associada às diferentes tipologias de dobras.

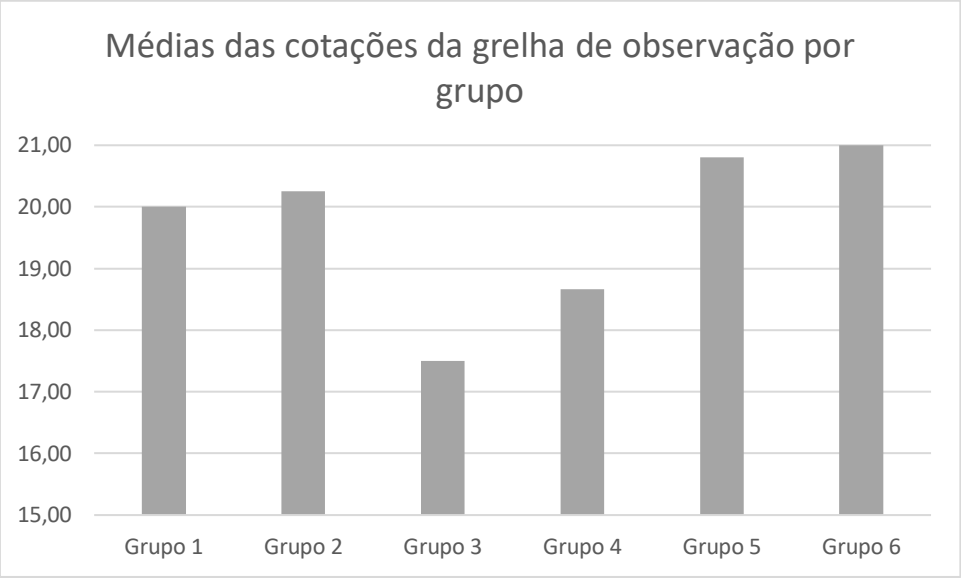


Gráfico 5 - Médias das cotações da grelha de observação por grupo da terceira aula. A cotação máxima é de 21 pontos.

O gráfico com as cotações das respostas dos grupos ao guia da aula 3 (Gráfico 6) mostra que a maioria dos alunos conseguiu compreender satisfatoriamente os processos associados à deformação dúctil. Estes resultados estão em consonância com os resultados obtidos por outros autores, como Bonito (2021a); Constante and Vasconcelos (2010), que apontam o envolvimento ativo dos alunos na exploração de atividades que explorem modelos em geologia como fator determinante para a consolidação de aprendizagens, sobretudo em temáticas abstratas como as deformações geológicas em regime dúctil.

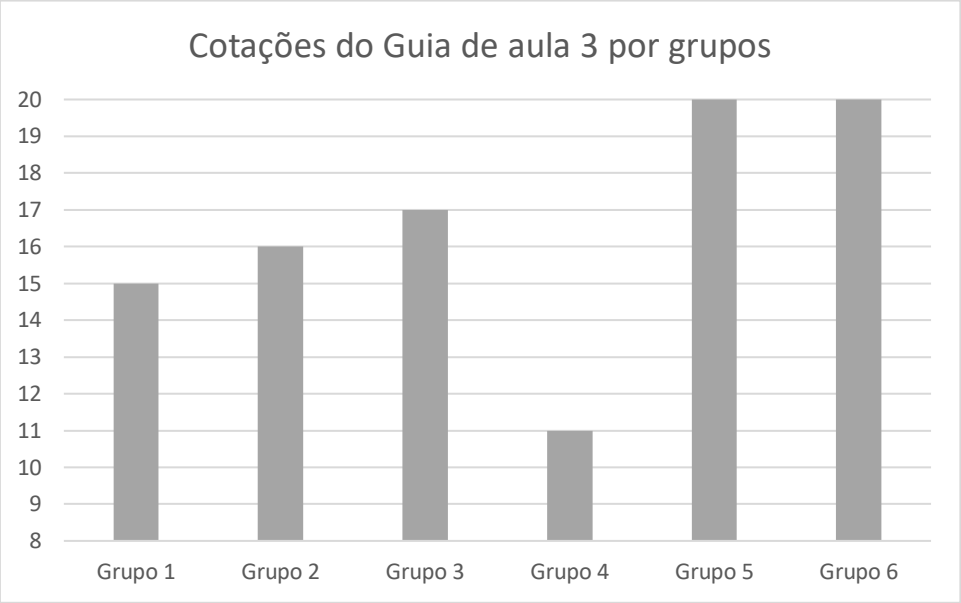
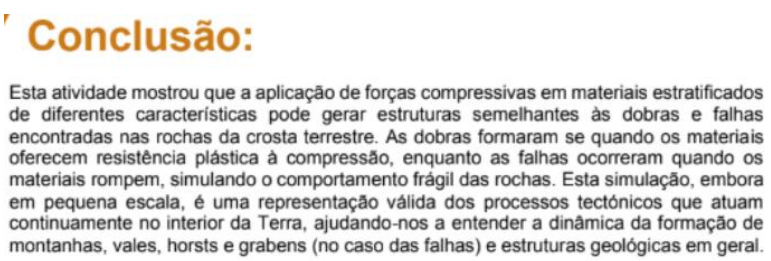


Gráfico 6 - Cotações do Guia de aula 3 por grupos.

5.4 Articulação de saberes sobre deformação das rochas

As duas últimas aulas da SD tiveram como foco a articulação dos saberes adquiridos sobre os três temas (comportamento das rochas, deformação em regime frágil e deformação em regime dúctil), através da utilização da caixa de deformação em regimes compressivos (aula 4) e distensivos (aula 5). Nestes momentos, os alunos realizaram Vs de Gowin como instrumento de avaliação final (Anexos 4 e 5).

Os resultados obtidos com a análise das respostas dos grupos ao V de Gowin de regimes compressivos revelaram uma média de 17,62 valores, já acima da média de qualquer guia anterior. Embora persistam fragilidades em campos do V de Gowin como "Discussão e Resultados", todos os grupos demonstraram uma compreensão dos conceitos principais, tais como identificar e relacionar estruturas geológicas com as forças tectónicas que as formam (Figura 11).



Conclusão:

Esta atividade mostrou que a aplicação de forças compressivas em materiais estratificados de diferentes características pode gerar estruturas semelhantes às dobras e falhas encontradas nas rochas da crosta terrestre. As dobras formaram se quando os materiais oferecem resistência plástica à compressão, enquanto as falhas ocorreram quando os materiais rompem, simulando o comportamento frágil das rochas. Esta simulação, embora em pequena escala, é uma representação válida dos processos tectónicos que atuam continuamente no interior da Terra, ajudando-nos a entender a dinâmica da formação de montanhas, vales, horsts e grabens (no caso das falhas) e estruturas geológicas em geral.

Figura 11 - Conclusão do V de Gowin de regimes compressivos do grupo 5.

No V de Gowin de regimes distensivos, a média subiu para 18,10 valores, representando o valor mais elevado de toda a SD. O grupo 5 atingiu a pontuação máxima (20/20), e apenas o grupo 4 apresentou uma média mais baixa (15,71), o que mostra uma evolução global positiva ao nível dos resultados dos alunos e uma diminuição da dispersão.

O gráfico obtido com a análise dos registos de observação de aula 4 e de aula 5 (Gráfico 7) evidencia níveis de participação muito elevados em ambas as aulas, sugerindo que o modelo da caixa de deformação despertou grande interesse e curiosidade nos alunos. Além do envolvimento prático, registou-se também uma melhoria na capacidade de argumentação e discussão em grupo, ainda que persistam fragilidades nos campos da "Discussão e Conclusão" dos Vs de Gowin.

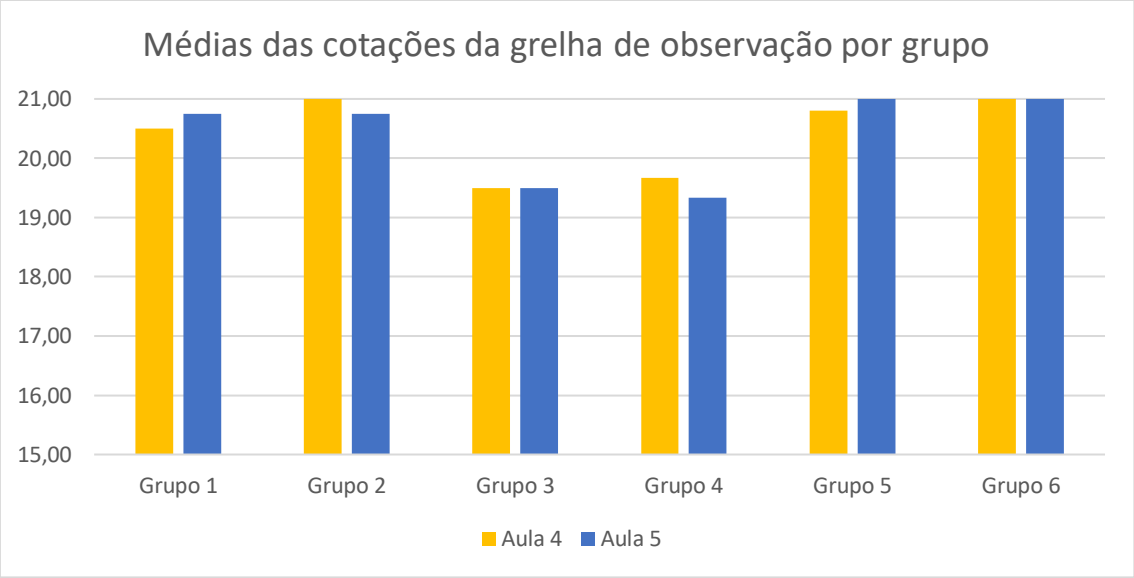


Gráfico 7 - Médias das cotações da grelha de observação por grupo da quarta e quinta aula. A cotação máxima é de 21 pontos.

O gráfico comparativo das cotações por grupo (Gráfico 8) demonstra uma evolução clara entre as avaliações diagnósticas (respostas aos guias das aulas 1, 2 e 3) e a avaliação final (respostas aos Vs de Gowin preenchidos nas aulas 4 e 5). Por sua vez, o gráfico da média da turma por instrumento de avaliação (Gráfico 9) evidencia a progressão contínua.

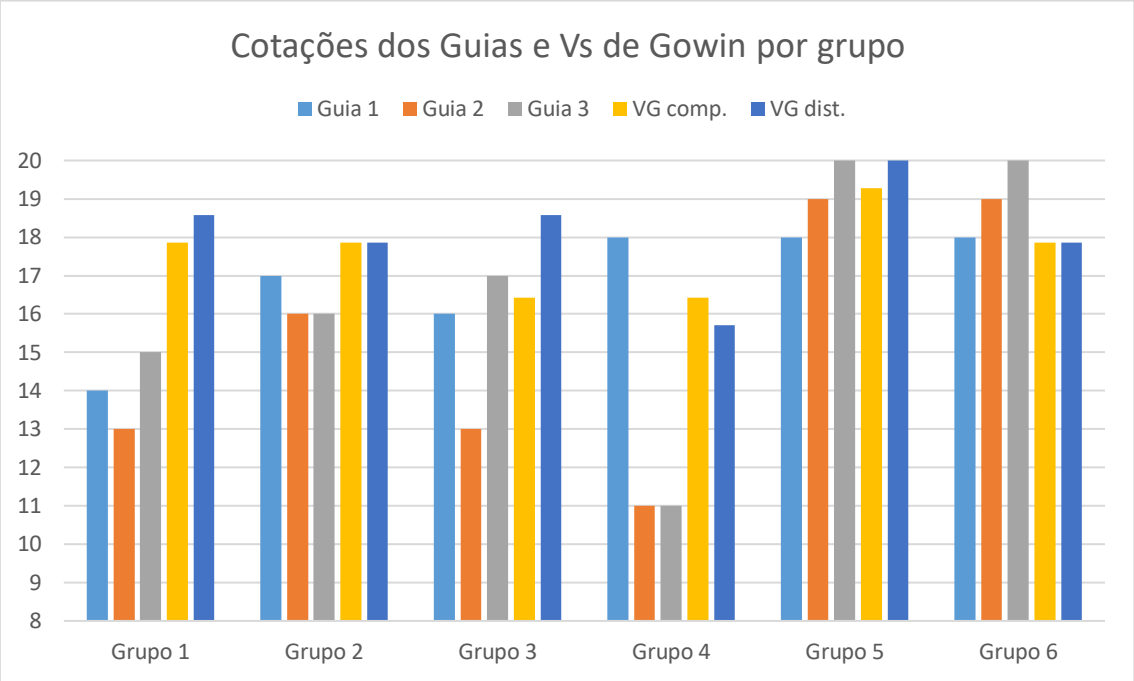


Gráfico 8 - Cotações de todos os instrumentos de avaliação por grupo.

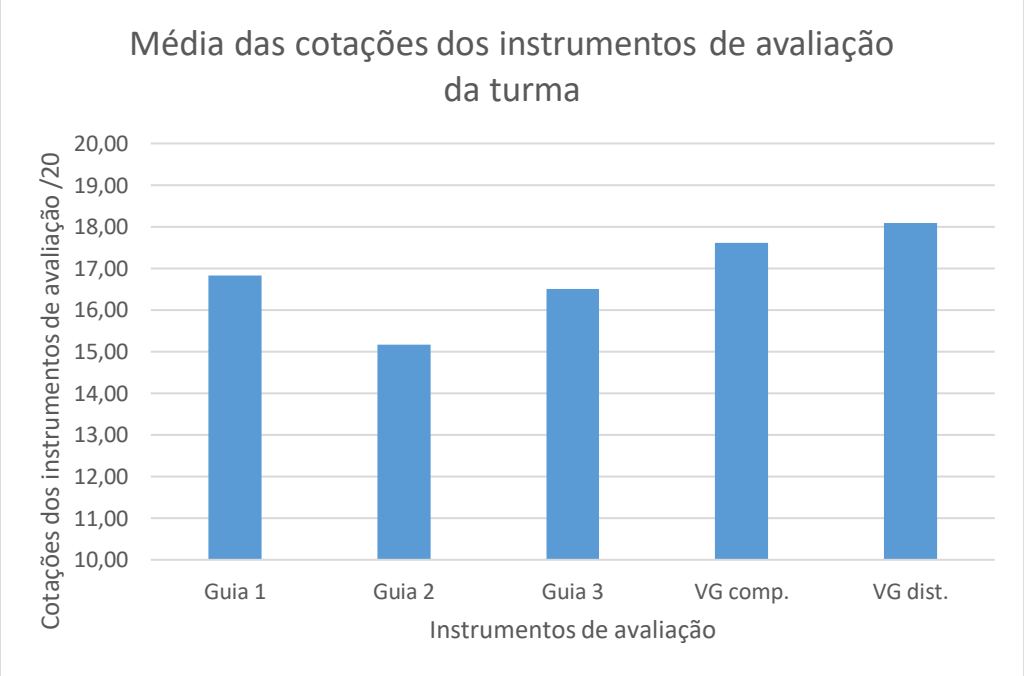


Gráfico 9 - Média das cotações dos instrumentos de avaliação da turma.

Estes resultados estão alinhados com os resultados dos estudos promovidos por autores como Chamizo (2013); Pereira Pérez (2020), que defendem o papel da modelação no desenvolvimento de competências transversais dos alunos, tais como o

pensamento crítico, a capacidade de resolução de problemas, a comunicação científica e a articulação de saberes entre diferentes áreas do conhecimento.

Contudo, as dificuldades persistentes observadas em determinados grupos alertam para a necessidade de uma mediação cuidadosa por parte do professor durante a exploração destes recursos didáticos, já que os modelos podem também gerar CA que, se não forem devidamente identificadas e desconstruídas, podem dificultar a aprendizagem efetiva dos alunos (Vasconcelos & Gomes, 2014).

Estes resultados corroboram ainda o que vários autores têm sublinhado acerca da importância dos modelos no ensino das Ciências, em particular da Geologia. Ferreira et al. (2015) destaca que os modelos favorecem aprendizagens significativas ao permitirem a visualização de fenómenos que, pela sua escala temporal e espacial, não são acessíveis à experiência direta dos alunos. Do mesmo modo, (Bolacha, 2014) salienta que a modelação ajuda a ultrapassar a elevada abstração de certos conteúdos geológicos, favorecendo a sua compreensão e retenção.

Em síntese, e de forma global, a análise dos resultados obtidos através da aplicação dos instrumentos de avaliação diagnóstica (guias das aulas 1, 2 e 3) e avaliação final (Vs de Gowin das aulas 4 e 5) permite evidenciar progressos claros na compreensão dos alunos sobre o comportamento das rochas, a deformação em regime frágil e a deformação em regime dúctil. Esta evolução é visível tanto nas médias das cotações da turma, como na redução das disparidades de resultados entre os grupos, sugerindo que a estratégia de modelação desempenhou um papel relevante na promoção das AEs e no desenvolvimento de competências previstas no PASEO.

Assim, a análise dos resultados permite concluir que o recurso a modelos físicos, no contexto desta investigação-ação, contribuiu de forma efetiva para o sucesso escolar dos alunos no domínio da deformação rochosa, promovendo aprendizagens essenciais, pensamento crítico e competências práticas, em conformidade com as orientações curriculares e o PASEO.

6. Conclusão

O presente capítulo sintetiza as principais conclusões decorrentes da IP desenvolvida, refletindo sobre os objetivos inicialmente traçados e discutindo as implicações para a prática docente. Adicionalmente, são apontadas limitações do estudo e perspetivas para futuras investigações ou aplicações didáticas no ensino da Geologia.

6.1 Conclusões

Este estudo permitiu verificar que o recurso à estratégia de modelação e a exploração de modelos no ensino da deformação rochosa pode contribuir para o desenvolvimento das AEs de geologia e das AETs em alunos do 11.º ano de escolaridade. Os dados recolhidos ao longo da SD, quer através dos guias de aula, quer através dos Vs de Gowin e grelhas de observação, demonstraram uma progressão clara e sustentada no desempenho da turma, traduzida no aumento gradual das médias obtidas e na melhoria da qualidade das respostas dos alunos ao longo da SD.

No que respeita aos objetivos científicos definidos, verificou-se que os alunos compreenderam melhor os fenómenos de deformação rochosa e conseguiram relacionar os modelos utilizados com a realidade geológica. A utilização da vela e do *silly putty* (aula 1) permitiu evidenciar de forma intuitiva o comportamento das rochas sob diferentes condições de esforço e temperatura, enquanto as esponjas (aula 2) possibilitaram observar o comportamento frágil, ainda que com maiores dificuldades de interpretação. A argila mostrou-se particularmente eficazes na explicação da deformação dúctil, permitindo aos alunos visualizar a génese das dobras (aula 3). Finalmente, a caixa de deformação, concebida para simular regimes compressivos e distensivos (aula 4 e 5), revelou-se um recurso inovador que motivou os alunos e lhes possibilitou integrar de forma articulada os saberes adquiridos ao longo das aulas. Deste modo, o objetivo científico de promover uma compreensão efetiva dos processos de deformação foi cumprido.

Relativamente aos objetivos pedagógicos, a intervenção mostrou que o recurso a modelos promoveu aprendizagens ativas e colaborativas dos alunos, reforçando o envolvimento dos alunos na construção do conhecimento. A análise das grelhas de observação demonstra que houve maior participação e empenho na execução das tarefas, evidenciada pela interação observada entre os elementos dos grupos. Ainda

que nem sempre o envolvimento prático tenha resultado em respostas conceptualmente corretas, sobretudo no caso da deformação frágil (aula 2), verificou-se que a discussão em grupo e a mediação do professor foram fundamentais para a consolidação do conhecimento. Assim, pode concluir-se que o objetivo pedagógico de fomentar aprendizagens significativas e colaborativas foi igualmente atingido.

No que diz respeito aos objetivos profissionais, a conceção e implementação de uma SD centrada na deformação das rochas para a promoção de aprendizagens dos alunos do 11.º ano de escolaridade permitiu ao PI consolidar competências profissionais de planificação, implementação e avaliação de práticas pedagógicas inovadoras, com recurso a metodologias ativas de ensino e aprendizagem das ciências. A experiência de conceber, testar e aplicar diferentes modelos, incluindo a autoria do design da caixa de deformação, contribuiu para o desenvolvimento profissional do PI, permitindo refletir sobre as potencialidades e limitações da modelação como recurso didático. Neste sentido, o objetivo profissional estabelecido no início do estudo foi alcançado.

Em síntese, a IP permitiu responder à questão central do estudo – Verificar se o uso de modelos no ensino da deformação rochosa promove o sucesso escolar em alunos do 11º ano de escolaridade. - e concluir que o uso de modelos no ensino da deformação rochosa contribuiu efetivamente para o desenvolvimento das AE e das AET nos alunos do 11.º ano, promovendo a compreensão de conceitos complexos, o pensamento crítico, a capacidade de síntese e a articulação de saberes.

6.2 Limitações do Estudo

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações do estudo devem ser reconhecidas. O tempo letivo disponível para cada aula mostrou-se reduzido para explorar de forma mais aprofundada os modelos e permitir que os alunos consolidassem plenamente os conceitos trabalhados. O ritmo imposto pela planificação curricular limitou a possibilidade de repetir experiências ou de realizar atividades complementares que poderiam ter reforçado a aprendizagem.

Por fim, deve salientar-se que todas as atividades requereram materiais específicos, cuja aquisição implica custos financeiros. Enquanto alguns modelos utilizaram materiais de fácil acesso e baixo custo, tais como a vela, *o silly* putty, as esponjas e as argilas, a caixa de deformação teve de ser construída de raiz, exigindo

investimento de tempo, recursos e competências técnicas. Esta realidade pode constituir uma limitação à replicação da experiência em contextos escolares com menores condições logísticas ou financeiras.

6.3 Sugestões para Futuras Investigações

As conclusões deste trabalho abrem caminho para novas investigações e implementações, que poderão ser desenvolvidas num eventual segundo ciclo de I-A. Uma primeira sugestão consiste na replicação da SD em diferentes turmas e contextos escolares, de forma a verificar a robustez dos resultados e a transferibilidade das aprendizagens observadas. A aplicação a um maior número de alunos permitirá também recolher dados mais consistentes e explorar eventuais diferenças relacionadas com perfis de turma ou contextos educativos distintos.

Outra possibilidade de aprofundamento reside no aperfeiçoamento da caixa de deformação, quer ao nível técnico, com melhorias no mecanismo de funcionamento e na seleção de materiais, quer ao nível pedagógico, através da elaboração de guias de exploração específicos que orientem os alunos na interpretação dos fenómenos simulados. Assim, este modelo poderá ser enriquecido com a produção de recursos complementares, como manuais ou vídeos explicativos, que facilitem a sua replicação por outros docentes.

Sugere-se igualmente a integração de abordagens interdisciplinares, relacionando os conteúdos de Geologia com conceitos da Física e da Matemática, de modo a reforçar a compreensão dos mecanismos de esforço e deformação. Esta articulação poderá ampliar o impacto da intervenção, promovendo aprendizagens mais significativas e contextualizadas. A interdisciplinaridade reforça e contextualiza tanto as AEs de geologia como as AEs de outras áreas de ensino.

Finalmente, recomenda-se o aprofundamento do estudo das CA persistentes, em particular no domínio da deformação em regime frágil. A identificação precisa das dificuldades conceptuais dos alunos permitirá desenvolver estratégias de ensino mais dirigidas, que poderão contribuir para ultrapassar os obstáculos observados nesta investigação.

Um segundo ciclo de I-A deverá procurar consolidar os resultados obtidos, alargar o campo de aplicação da SD e refinar as estratégias de modelação, reforçando

o papel dos modelos como instrumentos centrais para o ensino e a aprendizagem da Geologia no ensino secundário.

7. Referências bibliográficas

Bolacha, E., Moita de Deus, H., Caranova, R., Silva, S., Costa, A., Vicente, J., & Fonseca, P. (2006). Modelação Analógica de Fenómenos Geológicos. *Associação portuguesa de geólogos, 20, 33*, *56*.

Bolacha, E. P. S. (2014). *Modelos de dinâmica da Terra aplicados à geologia de Portuga l: relevância da experimentação análoga no ensino e na divulgação da geologia* Universidade de Lisboa (Portugal)].

Bonito, J. (2021a). ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DA DEFORMAÇÃO DAS ROCHAS.

Bonito, J. (2021b). Deformações da Crusta Terrestre.

Chamizo, J. A. (2013). A new definition of models and modeling in chemistry's teaching. *Science & Education*, *22*, 1613-1632.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2002). *Research methods in education*. routledge.

Constante, A., & Vasconcelos, C. (2010). Actividades lúdico-práticas no ensino da Geologia: complemento motivacional para a aprendizagem. *Terræ Didatica*, *6*(2), 101-124.

Coutinho, C. P. (2014). *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas*. Leya.

Damião, I. P. (2019). *As Potencialidades das Exposições Científicas Sobre Ocupação Antrópica e Problemas de Ordenamento na Promoção de Ativismo em Alunos de 11º Ano de Biologia e Geologia* Universidade de Lisboa (Portugal)].

de Barros, P. T. (2012). *A investigação-ação como estratégia de supervisão/formação e inovação educativa: um estudo de contextos de mudança e de produção de saberes* Universidade do Minho (Portugal)].

de Jesus, G. M. S. (2019). *Potencialidades da Estruturação do Jogo e Sua Ação na Aprendizagem e Avaliação de Conhecimentos Sobre o Tipo de Rochas e Ciclo de Rochas no 10º ano de Escolaridade* Universidade de Lisboa (Portugal)].

Deus, H. M., & Fonseca, P. (2021). Modelação Análoga. *Revista de Ciência Elementar*, *9*(3), 059. https://doi.org/http://doi.org/10.24927/rce2021.059

DGE. (2018). Aprendizagens essenciais. *História e Geografia de Portugal. Obtido de Direção-Geral da Educação[URL: http://www. dge. mec. pt/aprendizagens-essenciais-0]*.

En-Nhili, L., Boubih, S., Amiri, M., & El Alaoui, M. (2023). Diagnosis of learning difficulties of plate tectonics concepts among secondary school students using: Focus group, nominal group, and questionnaire. E3S Web of Conferences,

En-Nhili, L., & El Alaoui, M. (2025). An investigation into the difficulties of teaching plate tectonics in Moroccan secondary schools. *Multidisciplinary Science Journal*, *7*(5), 2025239-2025239.

Ferreira, C., Alencoão, A., & Vasconcelos, C. (2015). O recurso à modelação no ensino das ciências: um estudo com modelos geológicos. *Ciência & Educação (Bauru)*, *21*(1), 31-48.

Fonseca, P. E., Caranova, R., Pinto Ribeiro, L., Chaminé, H. I., Almeida, P. G., Espinha Marques, J., Afonso, M. J. C., Gomes, A., Teixeira, J., & Araújo, M. A. (2004). APLICAÇÃO DE MODELOS ANALÓGICOS EM REGIME FRÁGIL NO DOMÍNIO DA GEOLOGIA APLICADA: EXPERIÊNCIAS RECORRENDO A CAIXA DE DEFORMAÇÃO DE AREIAS USING ANALOGICAL BRITTLE MODELING EXPERIMENTS ON APPLIED GEOLOGY: EXPERIMENTS WITH THE DEFORMATION SAND BOX.

Francek, M. (2013). A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. *International Journal of Science Education*, *35*(1), 31-64.

Gottardi, R., & Hughes, B. (2022). Role of fluids on deformation in mid-crustal shear zones, Raft River Mountains, Utah. *Geological Magazine*, *159*(11-12), 2206-2218.

Kemmis, S. (2006). Participatory action research and the public sphere. *Educational action research*, *14*(4), 459-476.

Kopecká, J. (2024). Situational Interest in Geology Learning: What Learning Strategies Promote Student Interest in Geological Topics? Conference Proceedings. New Perspectives in Science Education 2024,

Maria Leidemer Bruxel, C. (2020). RELAÇÕES ENTRE CONHECIMENTO ESCOLAR, CONHECIMENTO CIENTÍFICO E SENSO COMUM. *Salão do Conhecimento*, *6*(6). https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/18460

Martins, G. d. O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J., Pedroso, J. V., Camilo, J. L. A., Silva, L. M. U., Encarnação, M. M. G. A. d., Horta, M. J. d. V. C., Calçada, M. T. C. S., & Nery, R. F. V. (2017). Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória. In: Ministério da Educação, Direção-Geral da Educação.

Mateus, A., Maia, E., Alves, M., J., & Serra, M., J. (2000). Materiais Didáticos I. In M. d. E. D. d. E. Secundário (Ed.), *Materiais Didáticos I* (1 ed., pp. 157).

Oliveira, S. (2009). *Deformação das rochas*. Retrieved 20 de agosto de 2025 from https://e-porteflio.blogspot.com/2009/04/deformacao-das-rochas.html

Panchuk, K. (2021). *Physical Geology*. BCcampus. Retrieved 20 de agosto de 2025 from https://opentextbc.ca/physicalgeologyh5p/chapter/stress-and-strain/

Pereira Pérez, A. A. (2020). Modelo análogo de Silly Putty para una colisión oblicua: primeras aproximaciones.

Pinho Ribeiro, M. F. F. (2018). *Promover o Desenvolvimento do Raciocínio no Ensino das Ciências Naturas: O Valor Heurístico dos Modelos e do V de Gowin* Universidade do Porto (Portugal)].

Solbes, J., Carrascosa Alís, J., & Furió Más, C. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, *48*, 64-77.

Suárez, R. M. Á., & de la Torre, E. G. (1996). Modelos analógicos en geologia: implicaciones didácticas. Ejemplos relacionados con el origen de materiales terrestres. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, *4*(2), 133-139.

Traqueia, A., Pacheco, E., & Taveira, E. (2021). Reflexão crítica sobre métodos e técnicas de recolha de dados: investigação-ação. A., Moreira, P. Sá & A. Costa (Coord.). *Reflexões em torno de Metodologias de Investigação: métodos*, *1*.

Tripp, D. (2005). Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e pesquisa*, *31*, 443-466.

Vasconcelos, C., & Gomes, C. (2014). A modelação na aula de Geologia. *Curso Foco "Geologia e Sustentabilidade". Porto, julho 2014.*, *7*.

8. Apêndices

Apêndice 1

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Disciplina: Biologia e Geologia **Turma:** 11.º3 **Data:** 07 de maio de 2025
Hora: 10h20 – 11h10 **Sala:** A213 **Professor:** Luís Cardoso

Tema: Deformação rochosa

Subtema: Comportamento rochoso

Aprendizagem Essencial Transversal:

Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.

Aprendizagem Essencial de Domínio:

Relacionar a génese de dobras e falhas com o comportamento (dúctil/ frágil) de rochas sujeitas a tensões.

Metodologia: Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos

Sumário	Conceitos
Deformação rochosa: comportamento rochoso e os fatores que o influenciam.	Rocha; Deformação; Tensão; Metamorfismo; Falhas e Dobras; Forças tectónicas; Placas tectónicas.
Finalidades	**Objetivos**
Com esta planificação é pretendido que os alunos compreendam as diferenças entre os diferentes comportamentos rochosos, e quais são os fatores que os podem influenciar, recorrendo ao uso de modelos simples e elucidativos que os motivem para explorar estes conceitos em grupo e com o professor.	• Compreender que tipos de comportamentos podem manifestar-se nas rochas sujeitas a tensões tectónicas; • Compreender que fatores podem influenciar o comportamento rochoso; • Relacionar esses fatores com os seus efeitos no comportamento rochoso.

Estratégias	Recursos	Descritores do Perfil dos Alunos
• Questionamento; • Modelação; • Trabalho colaborativo.	• Suporte para a apresentação (https://www.canva.com/design/DAGgyL61kXQ/tKlV6xzVicE3EmxnqpKZqQ/edit?utm_content=DAGgyL61kXQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton). • Guia da aula; • Vela; • Silly Putty.	**Crítico/Analítico** (A, B, I) **Sistematizador/Organizador** (B, C, D) **Criativo** (D) **Participativo/Colaborador** (B, C, E, F) **Responsável/Autónomo** (E, F, J)

Procedimento
Esta aula foi pensada para um bloco de 50 minutos. Na primeira fase da aula irei dar introdução ao novo domínio que será lecionado aos alunos nas próximas aulas, e que como é que a metodologia de EOAM se vai integrar nas aulas. De seguida irei dar uma breve explicação sobre as atividades que vão ser realizadas na aula, e irei pedir aos alunos para se organizarem em pequenos grupos de 3 a 4 elementos. (10 min) Na fase seguinte os alunos irão dar início à realização do guia das aulas que intercala as atividades com perguntas que obrigaram os alunos a refletir no que acabaram de observar e como é que isso se pode relacionar com o comportamento rochoso. Durante esta fase o professor-investigador servirá como um orientador da aprendizagem dos estudantes, guiando-os na exploração do guia e na realização das atividades. (30 min) Na última fase da aula será feita uma reflexão com recurso ao suporte CANVA, com o objetivo de remover quaisquer conceções alternativas que ainda possam estar presentes nos alunos, e que servirá de conclusão a esta aula. (10 min)

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camões, 4420-183 Gondomar
tel: 224 830 408 fax: 224 835 217
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

SELO DE CONFORMIDADE EQAVET | GARANTIA DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL | CENTRO QUALIFICA | PESSOAS 2030 | PORTUGAL 2030 | Cofinanciado pela União Europeia

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Reflexão
Fase da planificação: Esta aula foi planificada com a metodologia de EOAM como foco principal da aprendizagem dos estudantes, e inicialmente tive grandes dificuldades em incorporar esta metodologia em conceitos mais simples e abstratos que não poderiam ser explorados em modelos mais convencionais como uma caixa de deformação ou modelação 3D. Para colmatar este problema pensei em adaptar algumas atividades que foram realizadas no 1º ano de mestrado (atividade da vela, e silly putty), e incorporá-las num guia que permitisse aos alunos relacionarem os comportamentos que estão a observar diretamente com o comportamento rochoso, algo que pode ser abstrato e é difícil de observar diretamente a acontecer. Este guia desconstrói as atividades em questão em "porções" mais pequenas que são misturadas com perguntas de teor reflexivo sobre o que os alunos acabaram de fazer. Assim, pretendo que os alunos tenham tempo para pensar e assimilar os conceitos que lhes estão a ser lecionados de uma forma mais motivadora e *hands on*, algo que parece ser um grande motivador desta turma. **Fase de implementação:** No início da aula gastei alguns minutos a explicar como é que seriam as próximas aulas e tentei familiarizar os alunos com o tipo de metodologia que irá ser usada e o propósito do meu projeto. A implementação desta aula decorreu sem grandes problemas, que causassem uma alteração no plano de aula, e foi possível executar todo o plano nos 50 minutos disponíveis. Durante a aula os alunos seguiram o guia de aula sem terem grandes dificuldades, lendo os protocolos e respondendo às questões sobre a atividade que estavam a seguir. Apesar disto, na atividade um onde foram manipuladas as velas de parafina, os alunos queixaram-se de que as velas eram um pouco grossas, o que dificultava a sua manipulação e alguns grupos acabaram por quebrar a vela que era suposto ser dobrada. Numa implementação futura, mudar as velas para uma variedade um pouco mais fina e maleável poderá colmatar estes pequenos problemas. No decorrer da aula os alunos mostraram-se empenhados e motivados a explorar as atividades com os colegas de grupo e a resolver as questões do guia, e em geral o comportamento e aproveitamento da turma foi muito positivo. Os alunos mostraram-se participativos e curiosos, sem participações disruptivas ou inoportunas, colocando questões e dúvidas durante a aula, especialmente um aluno que costuma ser um pouco mais displicente, o que me surpreendeu pela positiva.

Todos os grupos conseguiram completar o guia, e por isso, conseguí fazer a reflexão com os alunos, com auxílio ao suporte CANVA, no final da aula.

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camões, 4420-183 Gondomar
tel: 224 830 408 fax: 224 835 217
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

SELO DE CONFORMIDADE EQAVET | GARANTIA DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL | CENTRO QUALIFICA | PESSOAS 2030 | PORTUGAL 2030 | Cofinanciado pela União Europeia

Apêndice 2

Guia de Aula: Comportamento das Rochas e Fatores que o influenciam.

Nome: _____ **Nº:** ____ **Turma:** ____

Membros do grupo: _____

Introdução ao Tema da Aula

Ao longo das próximas aulas, vamos explorar como as rochas respondem às forças que atuam sobre elas no interior da Terra. Iremos compreender os diferentes **comportamentos rochosos** e quais os **fatores que os condicionam**.

Nesta primeira aula vamos começar por construir um modelo mental que nos ajude a perceber como e por que razão diferente materiais (e por analogia, as rochas) se comportam de forma diferente perante a aplicação de forças. Para isso, vão realizar duas **atividades práticas simples**, mas muito ilustrativas, com materiais acessíveis. Sigam com atenção o protocolo de cada atividade e discutam em grupo as questões que vão surgindo.

Atividade 1 – Quebrar uma vela

Objetivo:

Observar como a **temperatura** influencia o comportamento de um material (modelo para rocha) quando sujeito a uma força.

Materiais necessários por grupo:

- 2 velas de parafina;
- Lamparina.

Procedimento:

1. **Observe a vela à temperatura ambiente.**

- Descreva a sua consistência (rígida, mole, flexível).
- Dobre-a até ela se partir.
- Registe: **Como é que ela partiu? A rutura foi brusca, lenta?**
- Que tipo de comportamento acha que está representado?

2. **Agora, aqueça a segunda vela acima da chama da lamparina sem a derreter.**

- Tente dobrá-la. Consegue-se moldar sem partir?
- Registe: **Como se comporta a vela quente em comparação com a fria?**
- Que tipo de comportamento representa agora?

Perguntas para discussão em grupo:

1. Qual é o fator que mudou entre a primeira e a segunda situação?
2. O que nos mostra esta experiência sobre a influência da temperatura no comportamento de um material?
3. Com base na observação, como acha que as rochas podem comportar-se no interior da Terra, onde as temperaturas são elevadas?

Atividade 2 – Exploração do *Silly Putty*

Objetivo:

Compreender como o **tempo de aplicação da força** e a **intensidade** influenciam o comportamento de um material-modelo.

Materiais necessários por grupo:

- 1 pequena porção de *silly putty* ou massa com propriedades semelhantes.

Passos a seguir:

1. **Pegue na *silly putty* e puxe-a rapidamente com força.**

- Descreve o que observou.

2. **Agora puxe-a lentamente, com cuidado.**

- O que aconteceu desta vez? Há diferença no comportamento?

3. **Forme uma pequena esfera com a *silly putty* e deixe-a cair de uma altura de 30 cm.**

- Observe: ela salta ou deforma-se?

Perguntas para discussão em grupo:

1. Quando aplicou uma força rapidamente, que comportamento foi observado?
2. E quando aplicou uma força lentamente?
3. Consegue associar estes comportamentos aos tipos: elástico, frágil e dúctil?

4. O que nos diz esta atividade sobre o papel do **tempo de aplicação da força** no comportamento dos materiais?

Apêndice 3

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

Disciplina: Biologia e Geologia **Turma:** 11.º3 **Data:** 08 de maio de 2025
Hora: 15h10 – 17h05 **Sala:** A213 **Professor:** Luís Cardoso

Tema: Deformação rochosa

Subtema: Comportamento rochoso

Aprendizagem Essencial Transversal:

Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.

Aprendizagem Essencial de Domínio:

Interpretar situações de falha (normal/ inversa/ desligamento) salientando elementos de falha e tipo de tensões associadas.

Metodologia: Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos

Sumário	Conceitos
Deformação rochosa em regime frágil.	Rocha; Deformação; Tensão; Metamorfismo; Falhas e Dobras; Forças tectónicas; Placas tectónicas; Diáclases; Deformação em regime frágil.
Finalidades	**Objetivos**
Com esta planificação é pretendido que os alunos compreendam os efeitos da deformação rochosa em regime frágil, e quais são as estruturas e os seus constituintes que resultam dessa deformação, recorrendo ao uso de modelos simples e elucidativos que os motivem para explorar estes conceitos em grupo e com o professor.	• Compreender que estruturas se formam em regimes de comportamento frágil, e quais as diferenças entre eles; • Identificar os constituintes de uma falha; • Distinguir entre os três tipos de falhas e as estruturas geológicas a elas associadas.

Estratégias	Recursos	Descritores do Perfil dos Alunos
• Questionamento; • Modelação; • Trabalho colaborativo.	• Suporte para a apresentação (https://www.canva.com/design/DAGgyL61kXQ/tKlV6xzVicE3EmxnqpKZqQ/edit?utm_content=DAGgyL61kXQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton). • Guia da aula; • Modelo esponja de cozinha;	**Crítico/Analítico** (A, B, I) **Sistematizador/Organizador** (B, C, D) **Criativo** (D) **Participativo/Colaborador** (B, C, E, F) **Responsável/Autónomo** (E, F, J)

Procedimento
Esta aula foi pensada para dois blocos de 50 minutos. Na primeira fase da aula irei usar o suporte CANVA para transmitir aos alunos conceitos essenciais sobre deformação em regime frágil e falhas, que serão essenciais na realização das atividades de consolidação que estão planeadas para esta aula. Tentarei, durante esta apresentação, estabelecer um diálogo com os alunos com o intuito de os tornar mais ativos e participativos na sua aprendizagem, mitigando assim, a possibilidade de esta fase se tornar muito transmissiva. No fim desta fase irei para pedir aos alunos para se dividirem nos mesmos grupos da aula anterior. (30 min) Na fase seguinte os alunos irão dar início à realização do guia da aula que incluí a construção de um pequeno modelo de falhas usando esponjas. Depois da construção do modelo os alunos irão simular os três tipos de falhas, e no fim irão responder a algumas perguntas que os obrigam a refletir no que acabaram de observar para que apliquem e consolidem os conceitos relacionados com comportamentos rochosos em regime frágil. Durante esta fase o professor-investigador servirá como um orientador da aprendizagem dos estudantes, guiando-os na exploração e construção do modelo e na realização das perguntas. (60 min)

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

Na última fase da aula será feita uma reflexão com o objetivo de remover quaisquer conceções alternativas que ainda possam estar presentes nos alunos, e que servirá de conclusão a esta aula. (10 min)

Avaliação
Avaliação em C1 e C2 através das respostas nos guias de aula.

Referências
Ferreira, A., Bação, F., Jacinto, M., Silva, P., Duarte, M. & Lobo, S. (2022). *Biogeo 11*. Texto Editores.

Apêndice

Áreas de Competência do Perfil dos Alunos: A – Linguagens e textos; B – Informação e comunicação; C – Raciocínio e resolução de problemas; D – Pensamento crítico e pensamento criativo; E – Relacionamento interpessoal; F – Desenvolvimento pessoal e autonomia; G – Bem-estar, saúde e ambiente; H – Sensibilidade estética e artística; I – Saber científico, técnico e tecnológico; J – Consciência e domínio do corpo.

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camões, 4420-183 Gondomar
tel. 224 830 408 fax: 224 835 237
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Reflexão
Fase da planificação: Esta aula foi planificada com a metodologia de EOAM como foco principal da aprendizagem dos estudantes e para manter o formato da primeira aula, adaptei uma atividade de criação de um modelo simples de falhas usando esponjas de cozinha coloridas que os alunos terão de fazer. Após a criação e exploração deste modelo o guia apresenta um conjunto de perguntas que servirão como avaliação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos nesta aula. Este guia difere do guia da primeira aula porque permite aos alunos criar o seu próprio modelo, e envolvê-los ainda mais no seu processo de aprendizagem. Assim, pretendo que os alunos tenham um papel ativo, como na primeira aula, mas sem repetir a mesma fórmula, e, esta atividade apresenta um desafio diferente para os alunos. **Fase de implementação:** A implementação desta aula decorreu sem nenhum problema ou desvio da planificação. A estrutura da aula foi a mesma da primeira, numa fase inicial os alunos juntaram-se nos grupos da primeira aula para realizarem a atividade, e começaram a construir o modelo das esponjas que ocupou o tempo dos primeiros 50 minutos. No segundo tempo os grupos focaram-se em resolver as questões do guia com a exploração do modelo que construíram. Uma das questões do guia envolvia a legenda do modelo com os constituintes de uma falha, e, para evitar passar o suporte CANVA no início da aula com as respostas, decidi colocar esses conceitos no quadro para eles legendarem sem terem tido uma introdução teórica desses conceitos. Com isto eu queria observar nos alunos quais eram as suas conceções alternativas e conhecimentos prévios e obrigá-los a debater entre os membros do grupo qual seria a resposta mais correta. Quando os discentes souberam que esta aula iria ser semelhante à primeira mostraram-se muito motivados para trabalhar e realizar o guia de aula, o que gerou um ambiente descontraído e trabalhador nos alunos. Durante a construção do modelo alguns dos grupos necessitaram de esponjas suplentes por terem feito mal os cortes da mesma, e apesar de eu ter tido esponjas suficientes, é importante para uma implementação futura estar munido de mais material de trabalho. Todos os grupos conseguiram completar a construção do modelo e a realização das questões dentro do tempo de aula, o que me permitiu realizar uma reflexão final do aproveitamento da aula com recurso ao suporte CANVA, para cimentar os novos conceitos que os alunos aprenderam nesta aula.

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camões, 4420-183 Gondomar
tel.: 224 830 408 fax: 224 835 237
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

SELO DE CONFORMIDADE EQAVET GARANTIA DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL
PESSOAS 2030 | 2030 | Cofinanciado pela União Europeia
CENTRO QUALIFICA

Apêndice 4

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Guia de Aula: Falhas Geológicas.

Nome: _____ **Nº:** ____ **Turma:** ____

Membros do grupo: _____

Introdução ao Tema da Aula

Depois de termos explorado os comportamentos das rochas e os fatores que os influenciam, avançamos agora para as **estruturas resultantes da deformação frágil** — as **falhas geológicas**. As falhas são ruturas nas rochas onde ocorre movimento relativo entre blocos. Nesta aula, vamos descobrir os **tipos principais de falhas** (normais, inversas e de desligamento) e identificar os seus **constituintes**: plano de falha, teto, muro, escarpa, rejeito, direção e inclinação.

Atividade – Modelo de Falha com Esponjas

Objetivo:

Compreender, através de um modelo físico, os **movimentos relativos entre blocos** em diferentes tipos de falhas e identificar os seus **principais constituintes**.

Materiais por grupo:

- 3 esponjas grossas;
- Fita adesiva;
- Cola;
- Caneta ou marcador;
- Régua;
- Etiquetas (ou tiras de papel) para identificar elementos;
- X-ato.

Procedimento:

1. Sobreponha três esponjas de cores alternantes para representar os **blocos rochosos**.
2. Com a caneta e a régua, desenhe um **plano inclinado** entre as esponjas – este será o **plano de falha**.
3. Com o auxílio do X-ato corte as esponjas **1 a 1** seguindo a linha do **plano de falha**.
4. Cole as esponjas no formato original. O plano de falha **NÃO** é para colar.
5. Atribua os nomes de **teto** (bloco acima do plano) e **muro** (bloco abaixo do plano) com etiquetas.
6. Realize os seguintes movimentos:
   - **Falha normal**: Deslizem o bloco do **teto para baixo**.
   - **Falha inversa**: Movam o bloco do **teto para cima**.
   - **Falha de desligamento**: Movam os blocos **horizontalmente**, simulando deslocamento lateral.
7. Meçam com a régua o **rejeito**.

Escola Secundária de Gondomar

SELO DE CONFORMIDADE EQAVET GARANTIA DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL
PESSOAS 2030 | 2030 | Cofinanciado pela União Europeia
CENTRO QUALIFICA

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Perguntas para discussão em grupo:

1. Como é que identifica o **teto** e o **muro**?
2. Como se manifesta o movimento em cada tipo de falha?
3. O que representa o **rejeito** neste modelo?
4. Em que local seria possível encontrar a **escarpa de falha** se isto fosse um terreno real?
5. Explique a diferença entre **inclinação** e **direção** do plano de falha.

Escola Secundária de Gondomar

SELO DE CONFORMIDADE EQAVET GARANTIA DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL
PESSOAS 2030 | 2030 | Cofinanciado pela União Europeia
CENTRO QUALIFICA

Apêndice 5

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Disciplina: Biologia e Geologia **Turma:** 11.ºS **Data:** 09 de maio de 2025
Hora: 12h15 – 13h05 **Sala:** A213 **Professor:** Luís Cardoso

Tema: Deformação rochosa
Subtema: Comportamento rochoso
Aprendizagem Essencial Transversal:

Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.

Aprendizagem Essencial de Domínio:

Interpretar situações de dobra (sinforma/ antiforma) e respetivas macroestruturas (sinclinal/anticlinal).

Metodologia: Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos

Sumário	Conceitos
Deformação rochosa em regime dúctil.	Rocha; Deformação; Tensão; Metamorfismo; Falhas e Dobras; Forças tectónicas; Placas tectónicas; Dobras; Deformação em regime dúctil.
Finalidades	**Objetivos**
Com esta planificação é pretendido que os alunos compreendam os efeitos da deformação rochosa em regime dúctil, e quais são as estruturas e os seus constituintes que resultam dessa deformação, recorrendo ao uso de modelos simples e elucidativos que os motivem para explorar estes conceitos em grupo e com o professor.	• Compreender que estruturas se formam em regimes de comportamento dúctil, e quais as diferenças entre elas; • Identificar os constituintes de uma dobra; • Diferenciar entre dobras antiformas e sinformas, e dobras anticlinais e sinclinais;

Estratégias	Recursos	Descritores do Perfil dos Alunos
• Questionamento; • Modelação; • Trabalho colaborativo.	• Suporte para a apresentação (https://www.canva.com/design/DAGgyL61kXQ/tKlV6xzVjcE3FmxngKZqQ/edit?utm_content=DAGgyL61kXQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton). • Guia da aula; • Modelo das plasticinas;	**Crítico/Analítico** (A, B, I) **Sistematizador/Organizador** (B, C, D) **Criativo** (D) **Participativo/Colaborador** (B, C, E, F) **Responsável/Autónomo** (E, F, J)

Procedimento
Esta aula foi pensada para um bloco de 50 minutos. Na primeira fase da aula irei usar o suporte CANVA para transmitir aos alunos conceitos essenciais sobre deformação em regime dúctil e dobras, que serão essenciais na realização daa atividade de consolidação que está planeada para esta aula. Tentarei, durante esta apresentação, estabelecer um diálogo com os alunos com o intuito de os tornar mais ativos e participativos na sua aprendizagem, mitigando assim, a possibilidade de esta fase se tornar muito transmissiva. No fim desta fase irei para pedir aos alunos para se dividirem nos mesmos grupos das aulas anteriores. (15 min) Na fase seguinte os alunos irão dar início à realização do guia da aula que incluí a construção de um pequeno modelo de dobras usando plasticinas coloridas que simulem camadas estratigráficas. Depois da construção do modelo os alunos irão comprimir o modelo de forma a formarem dobras na plasticina, e no fim irão responder a algumas perguntas que os obrigam a refletir no que acabaram de observar para que apliquem e consolidem os conceitos relacionados com comportamentos rochosos em regime dúctil. Durante esta fase o professor-investigador servirá como um orientador da aprendizagem dos estudantes, guiando-os na exploração e construção do modelo e na realização das perguntas. (35 min) Na última fase da aula será feita uma reflexão com o objetivo de remover quaisquer conceções alternativas que ainda possam estar presentes nos alunos, e que servirá de conclusão a esta aula. (10 min)

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camilas, 4420-183 Gondomar
tel. 224 830 468 fax: 224 835 237
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Avaliação
Avaliação em C1 e C2 através das respostas nos guias de aula.

Referências
Ferreira, A., Bação, F., Jacinto, M., Silva, P., Duarte, M. & Lobo, S. (2022). *Biogeo 11*. Texto Editores.

Apêndice

Áreas de Competência do Perfil dos Alunos: A – Linguagens e textos; B – Informação e comunicação; C – Raciocínio e resolução de problemas; D – Pensamento crítico e pensamento criativo; E – Relacionamento interpessoal; F – Desenvolvimento pessoal e autonomia; G – Bem-estar, saúde e ambiente; H – Sensibilidade estética e artística; I – Saber científico, técnico e tecnológico; J – Consciência e domínio do corpo.

Reflexão
Fase da planificação: Esta aula foi planificada com a metodologia de EOAM como foco principal da aprendizagem dos estudantes e mantendo o formato das últimas aulas, adaptei uma atividade de criação de um modelo simples de dobras usando plasticinas coloridas. Após a criação e exploração deste modelo o guia apresenta um conjunto de perguntas que servirão como avaliação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos nesta aula. Este guia assemelha-se ao guia da segunda aula porque permite aos alunos criar o seu próprio modelo didático, e envolvê-los ainda mais no seu processo de aprendizagem. Assim, pretendo que os alunos mantenham o seu papel ativo na aula. **Fase de implementação:** A implementação desta aula correu bem, mas ao contrário das duas aulas anteriores não houve tempo suficiente para todos os grupos concluírem o modelo e responderem às questões do guia. Consequentemente, não foi possível realizar a conclusão final e exploração do suporte CANVA que visa cimentar os novos conhecimentos e colmatar quaisquer conceções alternativas que os alunos ainda possam ter. Esta aula vai então ser concluída na quarta e última aula do meu projeto, mas não irá interferir com a planificação dessa aula. A demora ocorreu na fase de construção do modelo, onde vários grupos necessitaram do auxílio do professor-estagiário para compreender o que era pedido no guia. Para resolver este problema numa implementação futura desta aula poderei acrescentar imagens alusivas aos passos do protocolo que ajudem os discentes a compreendê-los, ou aplicar este protocolo numa aula com mais de 50 minutos, o que poderá permitir também uma exploração mais profunda do modelo feito pelos alunos. A criação de um pequeno vídeo explicativo que posso passar no início da aula poderá também agilizar o processo de construção do modelo.

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camilas, 4420-183 Gondomar
tel. 224 830 468 fax: 224 835 237
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

Mais uma vez, a motivação dos alunos para esta aula era grande, e rapidamente começaram a construir o modelo. Como em aulas anteriores, à medida que os modelos iam sendo construídos, passei pelos diferentes grupos para os guiar na interpretação do modelo que estavam a construir e colmatar quaisquer dúvidas ou conceções alternativas presentes nos alunos. Com isto pretendo questionar os alunos e oferecer perspetivas diferentes que os ajudem a chegar a uma conclusão e à criação de novos conhecimentos.

Apêndice 6

Guia de Aula: Dobras Geológicas

Nome: _____ **Nº:** ____ **Turma:** ____

Membros do grupo: _____

Introdução ao Tema da Aula

Dando continuidade ao estudo das estruturas resultantes da deformação das rochas, nesta aula vamos explorar as **dobras geológicas**. As dobras resultam da **deformação dúctil** de rochas sujeitas a esforços compressivos e podem formar **estruturas curvas** no interior da crosta terrestre. Através de um modelo simples com plasticina, vamos aprender a distinguir entre **antiformas** e **sinformas**, bem como entre **anticlinais** e **sinclinais**, identificando ainda os principais **constituintes de uma dobra**: **charneira**, **flancos**, **plano axial**, **eixo da dobra** e **núcleo**.

Atividade de Modelação – Dobras com Plasticina

Objetivo:

Simular a formação de dobras geológicas usando camadas de plasticina, e identificar os seus principais constituintes com base na observação do modelo construído.

Materiais por grupo:

- Plasticina colorida;
- Rolo de cozinha (ou régua);
- Faca plástica ou fio de costura;
- Etiquetas ou marcadores.

Procedimento:

1. Molde várias **camadas horizontais de plasticina** com cores diferentes ou alternantes e sobreponham-nas (espessura uniforme).
2. Compacte suavemente as camadas com um rolo.
3. Coloque a **coluna estratigráfica** sobre a mesa e, aplicando força dos dois lados ao mesmo tempo, **empurre lateralmente** para simular a compressão das rochas.
4. Observe a formação de **dobras** nas camadas. Podem surgir curvaturas para cima ou para baixo.
5. Realize um **corte longitudinal** com a faca ou fio, para observar o interior da dobra e a disposição final dos estratos.

Perguntas para discussão em grupo:

1. As camadas deformaram-se ou partiram? Que tipo de comportamento rochoso estás a simular?
2. Identifique o(s) tipo(s) de dobra(s) que se formaram.
3. Como é que se distingue um anticlinal de sinclinal?
4. Desenha o teu modelo e localiza: **charneira,** os **flancos**, **plano axial, eixo da dobra**, **núcleo**
5. O que é que simulou o corte o **longitudinal** no teu modelo? O que é que observou?

Apêndice 7

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

Disciplina: Biologia e Geologia **Turma:** 11.ºª	**Data:** 13 de maio de 2025
Hora: 08h20 – 11h10/14h10 – 17h05 **Sala:** B114	**Professor:** Luís Cardoso

Tema: Deformação rochosa

Subtema: Comportamento rochoso

Aprendizagem Essencial Transversal:

Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.

Aprendizagem Essencial de Domínio:

Planificar e realizar procedimentos laboratoriais para simular deformações, identificando analogias e escalas.

Metodologia: Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos

Sumário	Conceitos
Simulação de contextos geológicos de compressão e distensão com recurso a uma caixa de deformação.	Rocha; Deformação; Tensão; Metamorfismo; Forças tectónicas; Placas tectónicas; Deformação em regime dúctil e frágil; Horsts e Grabens; Cavalgamentos; Falhas normais/inversas/de cisalhamento; Dobras sinforma/antiforma e sinclinal/anticlinal.
Finalidades	**Objetivos**
Com esta planificação é pretendido que os alunos cimentem os conhecimentos lecionadas ao longo desta sequência didática sobre a deformação rochosa com recurso a uma caixa de deformação que pretende simular contextos geológicos de forças compressivas e distensivas. Este modelo via permitir aos alunos visualizarem processos geológicos que ocorrem a escalas temporais muito extensas e vai permitir observar os seus efeitos em camadas horizontais, algo que pode ser difícil de ver em afloramentos reais.	• Observar os efeitos das forças tectónicas em camadas sedimentares horizontais; • Compreender como é que estruturas resultantes da deformação rochosa se formam ao longo do tempo; • Identificar processos e estruturas presentes na simulação e correlacioná-los com os conteúdos programáticos lecionadas nesta sequência didática;

Estratégias	Recursos	Descritores do Perfil dos Alunos
• Questionamento; • Modelação;	• Vs de Gowin; • Caixa de deformação;	**Crítico/Analítico** (A, B, I) **Sistematizador/Organizador** (B, C, D) **Criativo** (D) **Participativo/Colaborador** (B, C, E, F) **Responsável/Autónomo** (E, F, J)

Procedimento

Esta aula foi pensada para três blocos de 50 minutos, e decidi dividi-la em três momentos distintos, cada um com a duração de um bloco de 50 minutos. Nesta aula a turma irá estar dividida por turnos, por isso, estarei a trabalhar com metade da turma, possibilitando a melhor do modelo didático.

No primeiro bloco irei introduzir os alunos à caixa e como é que ela funciona, para que eles tenham alguma compreensão de como é que esta caixa simula ambientes de compressão e distensão tectónica. (10 min). De seguida irei simular com os alunos a atuação de forças tectónicas compressivas em camadas sedimentares horizontais. Como vamos ter 40 minutos para fazer esta exploração irei realizar pelo menos duas simulações, uma com farinha e chocolate em pó (esta mistura de camadas tende a formar falhas), e outra com farinha e cimento em pó (esta mistura tende a formar dobras). (40 min)

No segundo bloco irei simular a atuação de forças tectónicas distensivas em camadas sedimentares horizontais. Este tipo de simulação requer que o modelo esteja equipado com um fundo que possa expandir com os movimentos distensivos, para isto o modelo permite a incorporação de um fundo falso feito com uma meia-calça. Esta meia-calça pode ser montada e removida para facilitar a analogia que vai ser demostrada. (50 min)

No terceiro tempo os alunos irão dar início à realização dos seus Vs de Gowin. Nesta fase o papel do professor-investigador será um de orientador do trabalho, e estarei lá para auxiliar os alunos e certificar-me que estão a preencher o V de Gowin corretamente. (50 min)

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

Avaliação

Avaliação em C1, C2 através dos Vs de Gowin realizados pelos alunos.

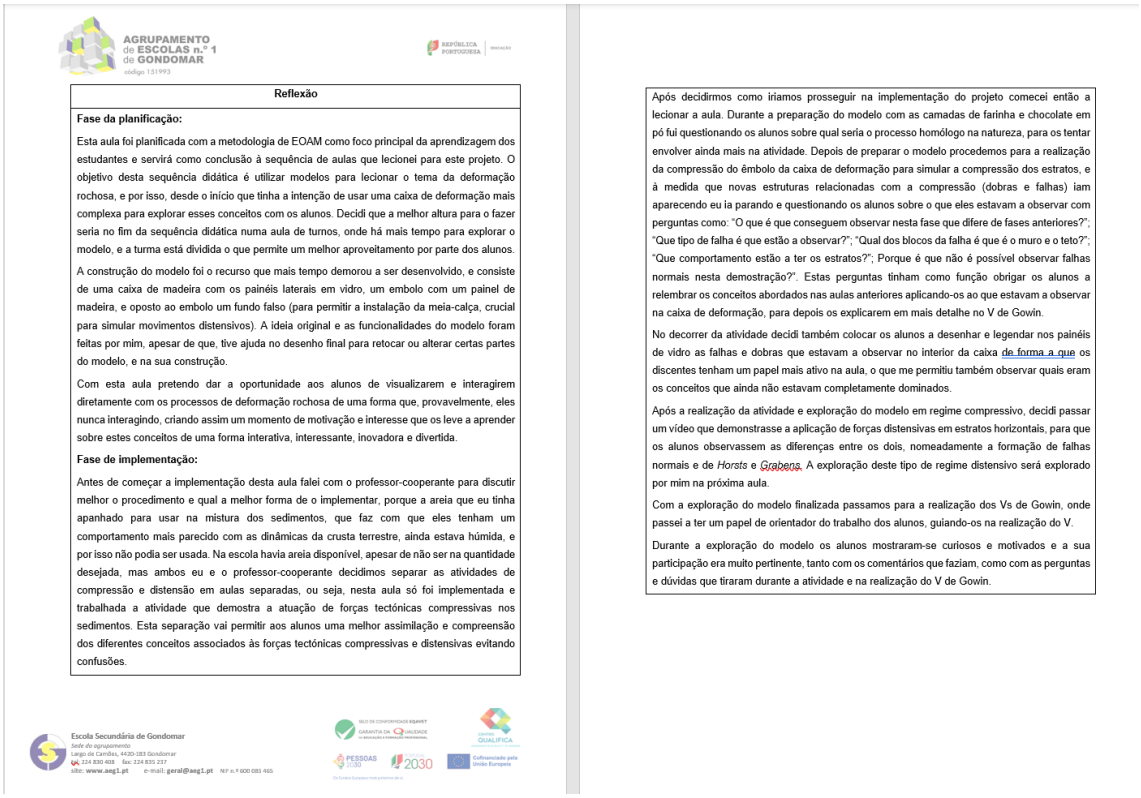
Referências

Ferreira, A., Bação, F., Jacinto, M., Silva, P., Duarte, M. & Lobo, S. (2022). *Biogeo 11*. Texto Editores.

Apêndice

Áreas de Competência do Perfil dos Alunos: A – Linguagens e textos; B – Informação e comunicação; C – Raciocínio e resolução de problemas; D – Pensamento crítico e pensamento criativo; E – Relacionamento interpessoal; F – Desenvolvimento pessoal e autonomia; G – Bem-estar, saúde e ambiente; H – Sensibilidade estética e artística; I – Saber científico, técnico e tecnológico; J – Consciência e domínio do corpo.

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camões, 4420-183 Gondomar
tel. 224 830 408 fax: 224 835 237
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465



AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Reflexão

Fase da planificação:

Esta aula foi planificada com a metodologia de EOAM como foco principal da aprendizagem dos estudantes e servirá como conclusão à sequência de aulas que lecionei para este projeto. O objetivo desta sequência didática é utilizar modelos para lecionar o tema da deformação rochosa, e por isso, desde o início que tinha a intenção de usar uma caixa de deformação mais complexa para explorar esses conceitos com os alunos. Decidi que a melhor altura para o fazer seria no fim da sequência didática numa aula de turnos, onde há mais tempo para explorar o modelo, e a turma está dividida o que permite um melhor aproveitamento por parte dos alunos.

A construção do modelo foi o recurso que mais tempo demorou a ser desenvolvido, e consiste de uma caixa de madeira com os painéis laterais em vidro, um embolo com um painel de madeira, e oposto ao embolo um fundo falso (para permitir a instalação da meia-calça, crucial para simular movimentos distensivos). A ideia original e as funcionalidades do modelo foram feitas por mim, apesar de que, tive ajuda no desenho final para retocar ou alterar certas partes do modelo, e na sua construção.

Com esta aula pretendo dar a oportunidade aos alunos de visualizarem e interagirem diretamente com os processos de deformação rochosa de uma forma que, provavelmente, eles nunca interagindo, criando assim um momento de motivação e interesse que os leve a aprender sobre estes conceitos de uma forma interativa, interessante, inovadora e divertida.

Fase de implementação:

Antes de começar a implementação desta aula falei com o professor-cooperante para discutir melhor o procedimento e qual a melhor forma de o implementar, porque a areia que eu tinha apanhado para usar na mistura dos sedimentos, que faz com que eles tenham um comportamento mais parecido com as dinâmicas da crusta terrestre, ainda estava húmida, e por isso não podia ser usada. Na escola havia areia disponível, apesar de não ser na quantidade desejada, mas ambos eu e o professor-cooperante decidimos separar as atividades de compressão e distensão em aulas separadas, ou seja, nesta aula só foi implementada e trabalhada a atividade que demostra a atuação de forças tectónicas compressivas nos sedimentos. Esta separação vai permitir aos alunos uma melhor assimilação e compreensão dos diferentes conceitos associados às forças tectónicas compressivas e distensivas evitando confusões.

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camões, 4420-383 Gondomar
tel. 224 830 408 | fax: 224 835 217
site: www.aeg1.pt | e-mail: geral@aeg1.pt | NIF n.º 600 085 465

Após decidirmos como iríamos prosseguir na implementação do projeto comecei então a lecionar a aula. Durante a preparação do modelo com as camadas de farinha e chocolate em pó fui questionando os alunos sobre qual seria o processo homólogo na natureza, para os tentar envolver ainda mais na atividade. Depois de preparar o modelo procedemos para a realização da compressão do êmbolo da caixa de deformação para simular a compressão dos estratos, e à medida que novas estruturas relacionadas com a compressão (dobras e falhas) iam aparecendo eu ia parando e questionando os alunos sobre o que eles estavam a observar com perguntas como: "O que é que conseguem observar nesta fase que difere de fases anteriores?"; "Que tipo de falha é que estão a observar?"; "Qual dos blocos da falha é que é o muro e o teto?"; "Que comportamento estão a ter os estratos?"; Porque é que não é possível observar falhas normais nesta demostração?". Estas perguntas tinham como função obrigar os alunos a relembrar os conceitos abordados nas aulas anteriores aplicando-os ao que estavam a observar na caixa de deformação, para depois os explicarem em mais detalhe no V de Gowin.

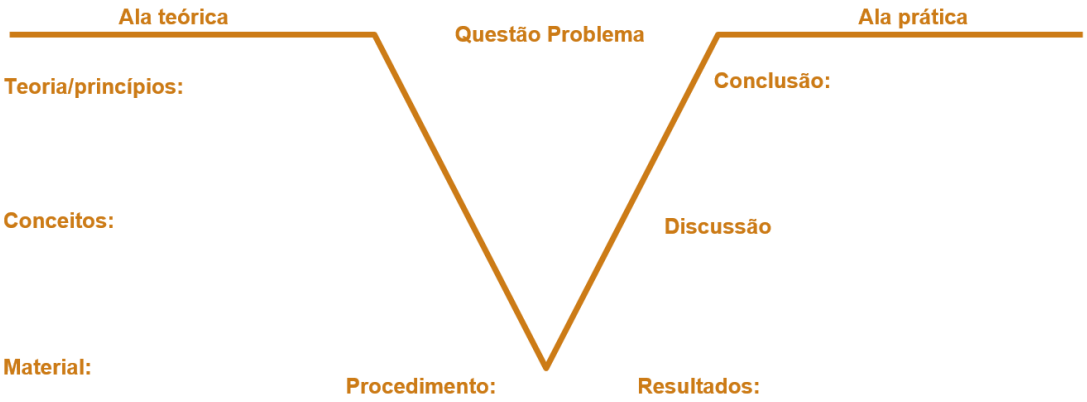
No decorrer da atividade decidi também colocar os alunos a desenhar e legendar nos painéis de vidro as falhas e dobras que estavam a observar no interior da caixa de forma a que os discentes tenham um papel mais ativo na aula, o que me permitiu também observar quais eram os conceitos que ainda não estavam completamente dominados.

Após a realização da atividade e exploração do modelo em regime compressivo, decidi passar um vídeo que demonstrasse a aplicação de forças distensivas em estratos horizontais, para que os alunos observassem as diferenças entre os dois, nomeadamente a formação de falhas normais e de *Horsts* e *Grabens*. A exploração deste tipo de regime distensivo será explorado por mim na próxima aula.

Com a exploração do modelo finalizada passamos para a realização dos Vs de Gowin, onde passei a ter um papel de orientador do trabalho dos alunos, guiando-os na realização do V.

Durante a exploração do modelo os alunos mostraram-se curiosos e motivados e a sua participação era muito pertinente, tanto com os comentários que faziam, como com as perguntas e dúvidas que tiraram durante a atividade e na realização do V de Gowin.

Apêndice 8



Apêndice 9

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Disciplina: Biologia e Geologia **Turma:** 11.ºª3 **Data:** 20 de maio de 2025
Hora: 08h20 – 11h10/14h10 – 17h05 **Sala:** B114 **Professor:** Luís Cardoso

Tema: Deformação rochosa

Subtema: Comportamento rochoso

Aprendizagem Essencial Transversal:

Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.

Aprendizagem Essencial de Domínio:

Planificar e realizar procedimentos laboratoriais para simular deformações, identificando analogias e escalas.

Metodologia: Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos

Sumário	Conceitos
Simulação de contextos geológicos de distensão com recurso a uma caixa de deformação.	Rocha; Deformação; Tensão; Metamorfismo; Forças tectónicas; Placas tectónicas; Deformação em regime dúctil e frágil; Horsts e Grabens; Falhas normais/inversas/de cisalhamento; Dobras sinforma/antiforma e sinclinal/anticlinal.
Finalidades	**Objetivos**
Com esta planificação é pretendido que os alunos cimentem os conhecimentos lecionadas ao longo desta sequência didática sobre a deformação rochosa com recurso a uma caixa de deformação que pretende simular contextos geológicos de forças compressivas e distensivas. Este modelo vai permitir aos alunos visualizarem processos geológicos que ocorrem a escalas temporais muito extensas e vai permitir observar os seus efeitos em camadas horizontais, algo que pode ser difícil de ver em afloramentos reais.	• Observar os efeitos das forças tectónicas em camadas sedimentares horizontais; • Compreender como é que estruturas resultantes da deformação rochosa se formam ao longo do tempo; • Identificar processos e estruturas presentes na simulação e correlacioná-los com os conteúdos programáticos lecionadas nesta sequência didática;

Estratégias	Recursos	Descritores do Perfil dos Alunos
• Questionamento; • Modelação;	• Vs de Gowin; • Caixa de deformação;	**Crítico/Analítico** (A, B, I) **Sistematizador/Organizador** (B, C, D) **Criativo** (D) **Participativo/Colaborador** (B, C, E, F) **Responsável/Autónomo** (E, F, J)

Procedimento

Esta aula foi pensada para três blocos de 50 minutos, e decidi dividi-la em três momentos distintos, cada um com a duração de um bloco de 50 minutos. Nesta aula a turma irá estar dividida por turnos, por isso, estarei a trabalhar com metade da turma, possibilitando a melhor do modelo didático.

No primeiro bloco irei introduzir os alunos à caixa e como é que ela funciona, para que eles tenham alguma compreensão de como é que esta caixa simula ambientes de compressão e distensão tectónica. (10 min). De seguida irei simular com os alunos a atuação de forças tectónicas compressivas em camadas sedimentares horizontais. Como vamos ter 40 minutos para fazer esta exploração irei realizar pelo menos duas simulações, uma com farinha e chocolate em pó (esta mistura de camadas tende a formar falhas), e outra com farinha e cimento em pó (esta mistura tende a formar dobras). (40 min)

No segundo bloco irei simular a atuação de forças tectónicas distensivas em camadas sedimentares horizontais. Este tipo de simulação requer que o modelo esteja equipado com um fundo que possa expandir com os movimentos distensivos, para isto o modelo permite a incorporação de um fundo falso feito com uma meia-calça. Esta meia-calça pode ser montada e removida para facilitar a analogia que vai ser demostrada. (50 min)

No terceiro tempo os alunos irão dar início à realização dos seus Vs de Gowin. Nesta fase o papel do professor-investigador será um de orientador do trabalho, e estarei lá para auxiliar os alunos e certificar-me que estão a preencher o V de Gowin corretamente. (50 min)

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camões, 4420-183 Gondomar
tel. 224 830 408 fax: 224 835 237
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Avaliação

Avaliação em C1, C2 através dos Vs de Gowin realizados pelos alunos.

Referências

Ferreira, A., Bação, F., Jacinto, M., Silva, P., Duarte, M. & Lobo, S. (2022). *Biogeo 11*. Texto Editores.

Apêndice

Áreas de Competência do Perfil dos Alunos: A – Linguagens e textos; B – Informação e comunicação; C – Raciocínio e resolução de problemas; D – Pensamento crítico e pensamento criativo; E – Relacionamento interpessoal; F – Desenvolvimento pessoal e autonomia; G – Bem-estar, saúde e ambiente; H – Sensibilidade estética e artística; I – Saber científico, técnico e tecnológico; J – Consciência e domínio do corpo.

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo de Camões, 4420-183 Gondomar
tel. 224 830 408 fax: 224 835 237
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

AGRUPAMENTO de ESCOLAS n.º 1 de GONDOMAR
código 151993

REPÚBLICA PORTUGUESA | EDUCAÇÃO

Reflexão

Fase da planificação:

Esta aula foi planificada com a metodologia de EOAM como foco principal da aprendizagem dos estudantes e servirá como conclusão à sequência de aulas que lecionei para este projeto. O objetivo desta sequência didática é utilizar modelos para lecionar o tema da deformação rochosa, e por isso, desde o início que tinha a intenção de usar uma caixa de deformação mais complexa para explorar esses conceitos com os alunos. Decidi que a melhor altura para o fazer seria no fim da sequência didática numa aula de turnos, onde há mais tempo para explorar o modelo, e a turma está dividida o que permite um melhor aproveitamento por parte dos alunos.

A construção do modelo foi o recurso que mais tempo demorou a ser desenvolvido, e consiste de uma caixa de madeira com os painéis laterais em vidro, um embolo com um painel de madeira, e oposto ao embolo um fundo falso (para permitir a instalação da meia-calça, crucial para simular movimentos distensivos). A ideia original e as funcionalidades do modelo foram feitas por mim, apesar de que, tive ajuda no desenho final para retocar ou alterar certas partes do modelo, e na sua construção.

Com esta aula pretendo dar a oportunidade aos alunos de visualizarem e interagirem diretamente com os processos de deformação rochosa de uma forma que, provavelmente, eles nunca interagindo, criando assim um momento de motivação e interesse que os leve a aprender sobre estes conceitos de uma forma interativa, interessante, inovadora e divertida.

Fase de implementação:

Esta aula foi pensada como uma continuação da aula anterior desta SD, e foram explorados contextos geológicos distensivos com recurso à caixa de deformação. Numa fase inicial da aula preparei as misturas que iria utilizar, que são diferentes das da última aula, pois contém alguma percentagem de areia, necessária para uma melhor simulação das camadas rochosas da crusta. Sem a areia as misturas de farinha e chocolate-em-pó apresentam muita coerência entre os seus grãos, o que faz com que os blocos que se separem durante a distensão e não abatam. Com a adição da areia esta coerência é perdida e os estratos tendem a abater com mais facilidade, simulando com um maior grau de fidelidade os processos geológicos reais.

Com a caixa pronta e as camadas bem definidas comecei a lecionar a aula. Apliquei as mesmas estratégias da aula anterior, com perguntas frequentes sobre o tema e chamar os alunos à frente para desenharem e legendarem as estruturas que se iam formando. Durante esta fase da aula os alunos mostraram-se motivados e participativos, com alguns membros do turno a voluntariarem-se para participarem na exploração do modelo, e para experiemtarem interagir com ele, puxando ou empurrando o êmbolo.

Durante a exploração do modelo foi possível observar a formação de dobras, o que é bastante raro em regimes distensivos. Isto aconteceu em duas camadas específicas, uma camada constituída por maioritariamente farinha e um pouco de areia (situada no meio das outras camadas), e numa camada constituída só por areia (situada perto da base do modelo). A formação deste tipo de dobras foi inesperada, mas proporcionou uma oportunidade para ensinar aos discentes como é que estas estruturas, normalmente associadas a regimes compressivos, podem ocorrer em regimes distensivos quando a camada onde ocorrem tem prioridades comportamentais dúcteis e a sua deformação não ultrapassa o seu limite de rutura.

Após a exploração do modelo passei dois vídeos para cimentar os conceitos que os alunos trabalharam nesta aula, o primeiro estava relacionado com a formação de dobras em regime distensivo e o segundo estava relacionado com zonas geológicas onde ocorreu distensão e posterior compressão, originando estruturas geológicas complexas, mas específicas a essas condições. Este segundo vídeo foi passado após uma aluna ter ficado curiosa sobre o que aconteceria se depois da distensão do modelo aplicássemos uma compressão. Apesar de termos testado isso no modelo, ele não é perfeito para explicar esse tipo de contexto geológico, e achei por bem aprofundar esse tema com o vídeo.

Com a exploração do modelo finalizada passamos para a realização dos Vs de Gowin, onde passei a ter um papel de orientador do trabalho dos alunos, guiando-os na realização do V.

Escola Secundária de Gondomar
Sede do agrupamento
Largo da Camões, 4420-183 Gondomar
tel. 224 830 408 fax: 224 835 237
site: www.aeg1.pt e-mail: geral@aeg1.pt NIF n.º 600 085 465

SELO DE CONFORMIDADE EQAVET GARANTIA DA QUALIDADE
QUALIFICA
PESSOAS 2030 | 2030 | Cofinanciado pela União Europeia

Apêndice 10



Apêndice 11

Critérios		Níveis de desempenho/Descritores
Saber científico	1	Não apresenta domínio sobre os conceitos abordados nas aulas durante a realização da atividade.
	2	Demonstra algum domínio dos conceitos abordados nas aulas durante a realização da atividade.
	3	Demonstra um domínio abranjente e correto dos conceitos abordados nas aulas durante a realização da atividade.
Participação	1	Não participa nem mostra interesse na atividade proposta.
	2	Participa na atividade quando solicitado pelos membros do grupo, mostrando algum interesse.
	3	Participa na atividade por vontade própria e mostrou muito interesse.
Comunicação	1	Apresenta dificuldades na comunicação e expressão de ideias com os pares, nunca mostrando iniciativa.
	2	Às vezes comunica com os pares e apresenta um discurso consistente, mas com espaço para melhoria.
	3	Demonstra iniciativa e facilidade na comunicação e expressão das suas ideias com os seus pares. Apresenta um discurso correto e claro.
Cooperação	1	Não demonstra vontade de cooperar com os pares na realização da atividade proposta.
	2	Ocasionalmente demonstra vontade de cooperar com os pares na realização da atividade proposta.
	3	Demonstra sempre vontade de cooperar com os pares na realização da atividade proposta.
Empenho	1	Nunca demonstra empenho no decorrer da atividade nem auxiliou os pares.
	2	Demonstra algum empenho na atividade e auxiliou os pares quando solicitado. Apresentou algumas ideias durante a elaboração da atividade.
	3	Apresenta sempre empenho na atividade e ajudou sempre que necessário. Mostrou-se apto e criativo nas ideias para a elaboração da atividade.
Comportamento	1	Apresenta comportamentos que prejudica o trabalho dos pares e o desenrolar da atividade com uma postura desadequada para a sala de aula.
	2	Às vezes mostra um comportamento adequado à sala de aula que não interfere com a atividade.
	3	Apresenta sempre um comportamento adequado ao desenrolar da atividade com uma postura positiva que contribui para um bom ambiente sala de aula.

Nº aluno	Nome	Raciocínio	Saber Científico	Participação	Comunicação	Cooperação	Empenho	Comportamento
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Apêndice 12

Declaração de assentimento Informado

Título da investigação: Modelação de Deformações Rochosas: Uma Investigação-Ação no Contexto do Ensino do 11.º Ano
Nome do investigador principal: Luís Castro Cardoso
Orientadores Científicos: Cecília Guerra
Contacto do investigador principal: up201905824@edu.fc.up.pt

Olá!
Venho convidar-te para participares num projeto que decorrerá no final de abril e que se estenderá para o início de maio sobre as temáticas de Deformação rochosa.

Esta investigação é importante para promover as tuas aprendizagens através do Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos com recurso a uma caixa de deformação.

A tua participação é fundamental para o sucesso deste projeto.

Se estiveres disposto/a a colaborar, peço-te que leias e assines o teu consentimento:

Eu, abaixo-assinado/a, aceito participar neste projeto, sabendo que é garantido o anonimato, a confidencialidade, a proteção e segurança dos dados dos intervenientes.

Compreendi que a minha participação é voluntária e anónima.

Sei que posso desistir deste projeto a qualquer momento, sem indicar o motivo, mas compreendo que o sucesso deste estudo depende da minha colaboração.

Obrigada pela tua colaboração e bem-vindo ao grupo de investigação!

O/A aluno(a) O investigador principal

_____ _____

Data ____ /____ /_____ Data ____ /____ /_____

Apêndice 13

Declaração de consentimento Informado

Título da investigação: Modelação de Deformações Rochosas: Uma Investigação-Ação no Contexto do Ensino do 11.º Ano.
Nome do investigador principal: Luís Castro Cardoso
Orientadores Científicos: Cecília Guerra
Contacto do investigador principal: up201905824@edu.fc.up.pt

Exmo.(a) Sr.(a) Encarregado(a) de Educação,

O estudo, no âmbito do meu projeto de mestrado intitulado *Modelação de Deformações Rochosas: Uma Investigação-Ação no Contexto do Ensino do 11.º Ano*, irá centrar-se numa intervenção educativa que utiliza a Metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos com recurso a uma caixa de deformação, nas aulas de Biologia e Geologia do 11º ano de escolaridade.

Pretende-se verificar se o uso de modelos no ensino da deformação rochosa promove o sucesso escolar em alunos do 11.º ano de escolaridade.

Para tal, decorrerá uma intervenção constituída por uma sequência didática integrada na normal planificação das aulas de Biologia e Geologia, pelo que as aulas envolvidas na presente investigação decorrerão de forma semelhante às restantes aulas.

Para a concretização da sequência didática é necessária a recolha de informação junto do seu educando. Assim, vimos solicitar o seu consentimento e autorização para a participação do seu educando nesta investigação.

Eu, o/a encarregado/a de educação abaixo-assinado, declaro que:

A. Autorizo a participação do/da meu/minha educando/a _____, nº ____, do _____, na investigação acima referida;
B. Compreendi as informações contidas neste documento sobre a investigação supracitada;
C. Foi-me facultada a oportunidade de considerar o objetivo da investigação, fazer as questões que julguei pertinentes e obter respostas de forma satisfatória por parte da investigadora principal;
D. A participação do/da meu/minha educando/a na investigação mencionada incluirá a aplicação de instrumentos de recolha de dados tais como: recolha documental (V-Gowin, grelhas de avaliação) e observação realizada pelo investigador principal;
E. Compreendi que a participação do/da meu/minha educando/a é voluntária e que poderá desistir desta investigação, a qualquer momento, sem indicar o motivo. No entanto, entendo também que o sucesso do presente estudo depende da sua colaboração;
F. Percebi que é garantido o anonimato para o exterior e a confidencialidade no tratamento dos dados recolhidos;
G. Entendi que o investigador irá armazenar todas as informações e dados recolhidos de forma segura e confidencial, respeitando o Regulamento Geral de Proteção de Dados, e que os dados serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em causa.

O/A encarregado/a de educação O investigador principal

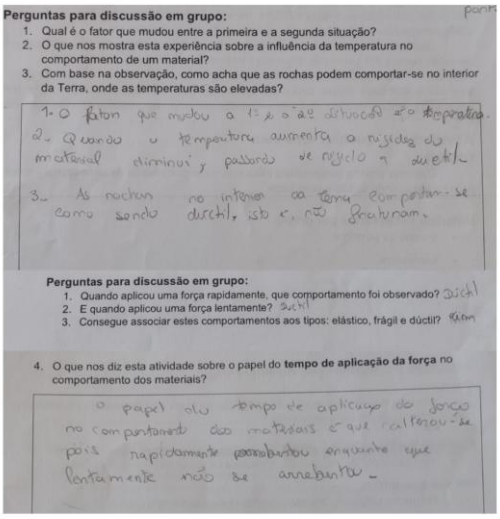
_____ _____

Data ____ /____ /_____ Data ____ /____ /_____

9. Anexos

Anexo 1

Compilação das respostas do grupo 1 (esquerda) e grupo 5 (direita)



Perguntas para discussão em grupo:

1. Qual é o fator que mudou entre a primeira e a segunda situação?
2. O que nos mostra esta experiência sobre a influência da temperatura no comportamento de um material?
3. Com base na observação, como acha que as rochas podem comportar-se no interior da Terra, onde as temperaturas são elevadas?

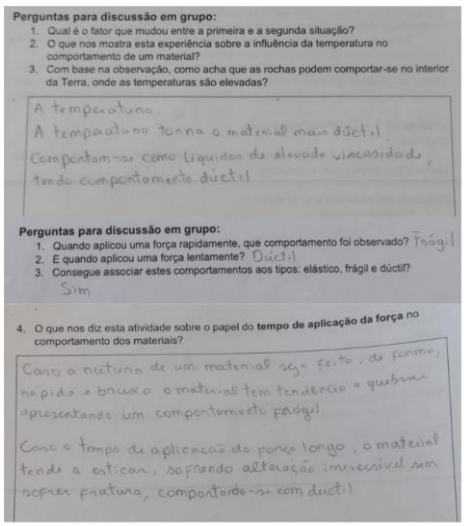
1. O fator que mudou a 1ª e a 2ª situação foi a temperatura.
2. Quando a temperatura aumenta a rigidez do material diminui e passará de rígido a dúctil.
3. As rochas no interior da terra comportam-se como sendo dúctil, isto é, não fraturam.

Perguntas para discussão em grupo:

1. Quando aplicou uma força rapidamente, que comportamento foi observado? Dúctil
2. E quando aplicou uma força lentamente? Dúctil
3. Consegue associar estes comportamentos aos tipos: elástico, frágil e dúctil? Sim

4. O que nos diz esta atividade sobre o papel do **tempo de aplicação da força** no comportamento dos materiais?

O papel do tempo de aplicação da força no comportamento dos materiais é que relativou-se pois rapidamente provocou-se enquanto que lentamente não se arrebentou.



Perguntas para discussão em grupo:

1. Qual é o fator que mudou entre a primeira e a segunda situação?
2. O que nos mostra esta experiência sobre a influência da temperatura no comportamento de um material?
3. Com base na observação, como acha que as rochas podem comportar-se no interior da Terra, onde as temperaturas são elevadas?

A temperatura.
A temperatura torna o material mais dúctil.
Comportam-se como líquidos de elevada viscosidade, tendo comportamento dúctil.

Perguntas para discussão em grupo:

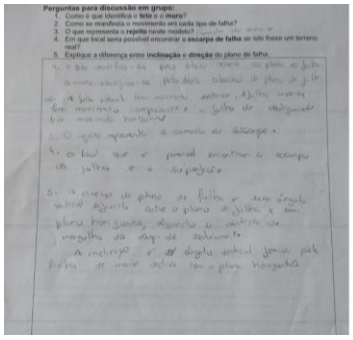
1. Quando aplicou uma força rapidamente, que comportamento foi observado? Frágil
2. E quando aplicou uma força lentamente? Dúctil
3. Consegue associar estes comportamentos aos tipos: elástico, frágil e dúctil?
Sim

4. O que nos diz esta atividade sobre o papel do **tempo de aplicação da força** no comportamento dos materiais?

Caso a rotura de um material seja feito de forma, rápido e brusco o material tem tendência a quebrar apresentando um comportamento frágil.
Caso o tempo de aplicação do ensaio longo, o material tende a esticar, sofrendo alteração irreversível sem sofrer fratura, comportando-se como dúctil.

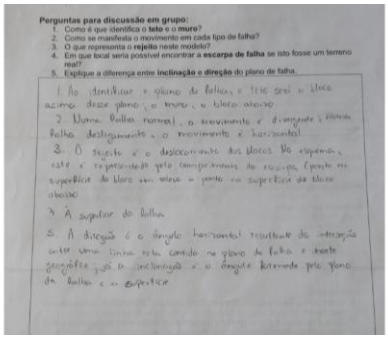
Anexo 2

Compilação das respostas do grupo 1 (esquerda), 2 (centro) e 5 (direita).



Perguntas para discussão em grupo:

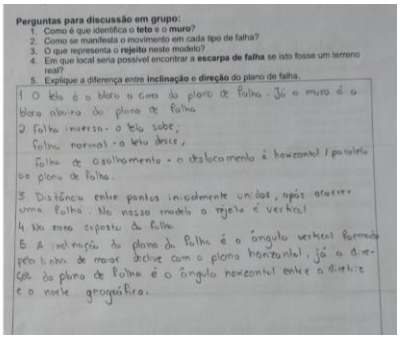
1. Como é que identifica o **teto** e o **muro**?
2. Como se manifesta o movimento em cada tipo de falha?
3. O que representa o **rejeito** neste modelo?
4. Em que local seria possível encontrar a **escarpa de falha** se isto fosse um terreno real?
5. Explique a diferença entre **inclinação** e **direção** do plano de falha.



Perguntas para discussão em grupo:

1. Como é que identifica o **teto** e o **muro**?
2. Como se manifesta o movimento em cada tipo de falha?
3. O que representa o **rejeito** neste modelo?
4. Em que local seria possível encontrar a **escarpa de falha** se isto fosse um terreno real?
5. Explique a diferença entre **inclinação** e **direção** do plano de falha.

1. No identificar o plano de falhas o teto será o bloco acima desse plano, o muro, o bloco abaixo.
2. Uma falha normal, o movimento é divergente e a falha desligamento, o movimento é horizontal.
3. O rejeito é o deslocamento dos blocos. No esquema, este é representado pelo comprimento do escarpa (ponto na superfície do bloco em relevo) e ponto na superfície do bloco abaixo.
4. À superior da falha.
5. A direção é o ângulo horizontal resultante da interação entre uma linha reta contida no plano de falha e norte geográfico já a inclinação é o ângulo formado pelo plano da falha e a superfície.



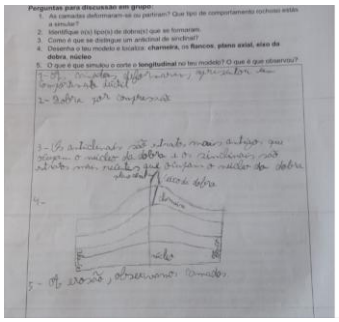
Perguntas para discussão em grupo:

1. Como é que identifica o **teto** e o **muro**?
2. Como se manifesta o movimento em cada tipo de falha?
3. O que representa o **rejeito** neste modelo?
4. Em que local seria possível encontrar a **escarpa de falha** se isto fosse um terreno real?
5. Explique a diferença entre **inclinação** e **direção** do plano de falha.

1. O teto é o bloco acima do plano de falha. Já o muro é o bloco abaixo do plano de falha.
2. Falha inverso - o teto sobe;
Falha normal - o teto desce,
Falha de cisalhamento - o deslocamento é horizontal / paralelo ao plano de falha.
3. Distância entre pontos inicialmente unidos, após gerarem uma falha. No nosso modelo o rejeito é vertical
4. No mesmo exposto da falha.
5. A inclinação do plano da falha é o ângulo vertical formado pela linha de maior declive com o plano horizontal, já a direção do plano de falha é o ângulo horizontal entre a direção e o norte geográfico.

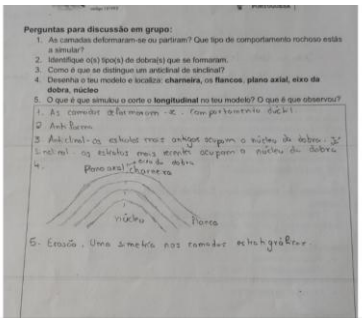
Anexo 3

Compilação das respostas do grupo 4 (esquerda), 5 (centro) e 6 (direita).



Perguntas para discussão em grupo:

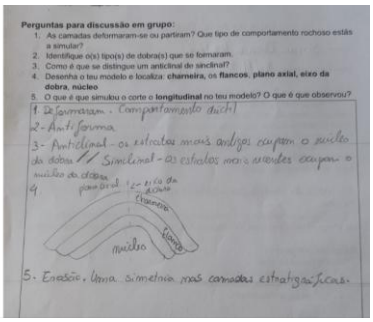
1. As camadas deformaram-se ou partiram? Que tipo de comportamento rochoso estás a simular?
2. Identifique o(s) tipo(s) de dobra(s) que se formaram.
3. Como é que se distingue um anticlinal de sinclinal?
4. Desenha o teu modelo e localiza: **charneira**, os **flancos**, **plano axial**, **eixo da dobra**, **núcleo**
5. O que é que simulou o corte e **longitudinal** no teu modelo? O que é que observou?



Perguntas para discussão em grupo:

1. As camadas deformaram-se ou partiram? Que tipo de comportamento rochoso estás a simular?
2. Identifique o(s) tipo(s) de dobra(s) que se formaram.
3. Como é que se distingue um anticlinal de sinclinal?
4. Desenha o teu modelo e localiza: **charneira**, os **flancos**, **plano axial**, **eixo da dobra**, **núcleo**
5. O que é que simulou o corte e **longitudinal** no teu modelo? O que é que observou?

1. As camadas deformaram-se. Comportamento dúctil
2. Anti-forma
3. Anticlinal - os estratos mais antigos ocupam o núcleo da dobra. Sinclinal - os estratos mais recentes ocupam o núcleo da dobra
4. Plano axial, charneira
5. Erosão. Uma simetria nas camadas estratigráficas.



Perguntas para discussão em grupo:

1. As camadas deformaram-se ou partiram? Que tipo de comportamento rochoso estás a simular?
2. Identifique o(s) tipo(s) de dobra(s) que se formaram.
3. Como é que se distingue um anticlinal de sinclinal?
4. Desenha o teu modelo e localiza: **charneira**, os **flancos**, **plano axial**, **eixo da dobra**, **núcleo**
5. O que é que simulou o corte e **longitudinal** no teu modelo? O que é que observou?

1. Dobragem, Comportamento dúctil
2. Anti-forma
3. Anticlinal - os estratos mais antigos ocupam o núcleo da dobra // Sinclinal - os estratos mais recentes ocupam o núcleo da dobra
4. Plano axial, charneira, flancos, núcleo
5. Erosão. Uma simetria nas camadas estratigráficas.

Anexo 4

Ala teórica

Teoria/princípios:

De acordo com a Teoria da Tectónica de Placas, a litosfera está dividida em placas que se movimentam constantemente. Esses movimentos podem fazer com que as placas colidam, se afastem ou se deslizem lateralmente umas em relação às outras, formando estruturas como falhas geológicas.

Uma falha geológica é uma fratura na crosta terrestre ao longo da qual ocorre deslocamento das rochas. Os principais elementos de uma falha são o plano de falha (definido pela sua direção e inclinação), o teto (bloco acima do plano de falha) e o muro (bloco abaixo do plano de falha).

Em zonas de movimento convergente entre placas, formam-se geralmente falhas inversas. Essas são comuns em regimes de deformação frágil, que ocorrem nas partes superiores da crosta terrestre, onde a pressão e a temperatura são mais baixas.

As falhas inversas distinguem-se das falhas normais porque, nelas, o bloco do teto se desloca para cima em relação ao bloco do muro.

Conceitos:

Teoria da Tectônica de Placas, Regime de Deformação Frágil, Falhas Geològicas, Falhas Inversas, Limites Compressivos, Plano de Falha, Teto, Muro, Rejeito, Direção, Inclinação, Deposição, Estratos, Cavalgamentos

Material:

- chocolate em pó
- farinha
- chocolate em pó com farinha misturada
- Caixa de deformação

Procedimento:

1- adicione a mistura de chocolate em pó e farinha na caixa de deformação em forma de estratos
2- Adicionar farinha por cima da mistura em forma de extrato
3- Adicionar o chocolate em pó em cima de farinha em forma de extrato
4- adicionar outra vez a mistura de chocolate em pó e farinha
5- com as paredes da caixa crie pressão nos estratos

Questão Problema

O que acontece com os sedimentos ao serem comprimidos por forças tectônicas?

Ala prática

Conclusão:

A ação de forças compressivas provoca a formação de falhas inversas nos sedimentos. Com o tempo, essas falhas fazem com que os estratos se sobreponham (cavalgamento), resultando em uma deformação significativa em relação à sua configuração inicial.

Discussão

Foi possível observar, com o auxilio do êmbolo, a deformação dos estratos de farinha e chocolate, e consequentemente, a formação de falhas entre estes. Após a aplicação de forças compressivas nos estratos em estudo, a altura destes, comparativamente à sua altura inicial, aumentou significativamente.

Resultados:



Ala teórica

Teoria/princípios:

O movimento relativo das placas litosféricas da Terra gera tensões que provocam modificações nas rochas, independentemente do tipo: os estratos sedimentares podem inclinar-se ou dobrar, rochas metamórficas apresentam xistosidade e dobramento, e rochas magmáticas podem fraturar. Essas tensões (compressivas, distensivas ou cisalhantes) acumulam-se nas zonas de contacto entre placas, provocando deformações nas rochas, que podem alterar a forma, o volume ou a orientação dos materiais. Compressivas: comprimem os materiais. Distensivas: estiram os materiais. Cisalhantes: deslocam os materiais lateralmente. As deformações originam estratos inclinados, dobras e falhas geológicas. Os diferentes tipos resultam de movimentos horizontais das placas e são condicionados pela pressão dirigida (não litostática). A resposta das rochas depende do tipo de tensão, da intensidade e duração, da composição da rocha, das condições de pressão e temperatura e da presença de fluidos. Três tipos de comportamento das rochas diante da tensão: Elástico: deformação reversível; Plástico: deformação permanente sem rutura; Frágil: ocorre rutura, com libertação de energia (sismos).
A deformação frágil manifesta-se por fraturas: falhas geológicas: fraturas com deslocamento dos blocos; diáclases: fraturas sem deslocamento significativo. As falhas geológicas têm elementos principais: teto e muro (blocos acima e abaixo do plano de falha), plano de falha, rejeito, direção e pendor. Três principais tipos de falhas: inversas: o teto sobe em relação ao muro (compressão); normal: o teto desce em relação ao muro (distensão) e de desligamento (transformante): movimento horizontal entre blocos (cisalhamento). Falhas ativas com movimento vertical significativo podem formar horsts (blocos elevados) e grabens (blocos abatidos). Esses sistemas surgem em: regimes distensivos: margens continentais, riftes e regimes compressivos: limites convergentes, formando estruturas de cavalgamento. Em regime dúctil, as rochas sofrem dobramento (formação de dobras) sem fratura, comuns em profundidade sob alta pressão e temperatura. As dobras geológicas surgem da compressão de camadas inicialmente horizontais, formando cadeias orogénicas.
Elementos de uma dobra geológica: charneira: zona de curvatura máxima; plano axial: plano que divide a dobra; flancos: eixo da dobra. núcleo, direção e inclinação da camada. Classificação das dobras: pela forma: antiforma, sinforma, neutra; pela idade dos estratos: anticlinal, sinclinal; pelo plano axial: vertical, inclinada, verterte.
A maioria das deformações ocorre junto aos limites entre placas, sendo que: falhas normais são típicas de limites divergentes; dobras e falhas inversas aparecem em limites convergentes; o interior das placas sofre menos deformações. O estudo dessas deformações permite reconstituir a história da Terra, prever sismos e localizar recursos geológicos importantes como petróleo e minérios.

Questão Problema

De que forma a aplicação de forças compressivas em estratos formados por diferentes materiais pode reproduzir, em escala reduzida, a formação de dobras e falhas na crosta terrestre?

Ala prática

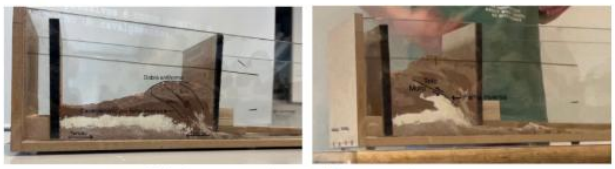
Conclusão:

Esta atividade mostrou que a aplicação de forças compressivas em materiais estratificados de diferentes características pode gerar estruturas semelhantes às dobras e falhas encontradas nas rochas da crosta terrestre. As dobras formaram se quando os materiais ofereceram resistência plástica à compressão, enquanto as falhas ocorreram quando os materiais rompem, simulando o comportamento frágil das rochas. Esta simulação, embora em pequena escala, é uma representação válida dos processos tectónicos que atuam continuamente no interior da Terra, ajudando-nos a entender a dinâmica da formação de montanhas, vales, horsts e grabens (no caso das falhas) e estruturas geológicas em geral.

Discussão

Na atividade laboratorial, construímos uma sequência de estratos horizontais com materiais de diferentes propriedades físicas — como farinha, chocolate em pó e uma mistura de ambos. Esses materiais simularam diferentes camadas de rochas. Ao aplicar forças compressivas (que provocam compressões dos materiais), numa das extremidades da caixa de deformação, observamos que as camadas sofreram modificações estruturais distintas, resultando em: Dobras. Em alguns pontos, as camadas curvaram se sem se romper, formando dobras anticlinais (os estratos mais antigos ocupam o núcleo da dobra) e antiforma (dobra com convexidade virada para cima) semelhantes às que ocorrem em regiões de compressões tectónicas moderadas, onde as rochas ainda apresentam um comportamento plástico e sofrem deformações permanentes. Falhas. Em outras zonas, especialmente onde o material era mais quebradiço, surgiram fraturas com deslocamento dos blocos, caracterizando falhas geológicas. Observamos falhas inversas, típicas de regimes compressivos, onde um bloco se sobrepõe ao outro, neste caso, o teto sobe, apresentando as rochas um comportamento frágil e sofrendo rutura. A interação entre os materiais, as suas propriedades e a intensidade da força aplicada influenciou o tipo de deformação. A observação direta dessas estruturas permitiu compreender como, na natureza, a crosta terrestre reage às forças compressivas sentidas, nomeadamente em limites convergentes de placas, produzindo passagens dobradas ou fraturadas.

Resultados:



Falhas inversas provenientes de limites compressivos

Conceitos:

Falha, dobra, antiforma, sinforma, dobra neutra, anticlinal, sinclinal, flanco, núcleo, charneira, deformação, forças compressivas, comportamento plástico, comportamento frágil, limites convergentes, teto, muro.

Material e Procedimento:

Farinha;
Chocolate em pó;
Mistura de farinha e chocolate em pó;
Caixa de deformação;
Câmara fotográfica.

1- Montar a caixa de deformação;
2- Fazer diferentes estratos de diferentes materiais, de forma sequencial, sobrepondo-os alternadamente;
3- Aplicar forças compressivas numa das extremidades na caixa de deformação;
4- Observação dos resultados, nomeadamente falhas e dobras.

Anexo 5

Ala teórica

Teoria/princípios:

O movimento relativo das placas litosféricas da Terra gera tensões que provocam modificações nas rochas, independentemente do tipo: os estratos sedimentares podem inclinar-se ou dobrar, rochas metamórficas apresentam xistosidade e cobramento, e rochas magmáticas podem fraturar. Essas tensões (compressivas, distensivas ou cisalhantes) acumulam-se nas zonas de contacto entre placas, provocando deformações nas rochas, que podem alterar a forma, o volume ou a orientação dos materiais. Compressivas: comprimem os materiais. Distensivas: estiram os materiais. Cisalhantes: deslocam os materiais lateralmente. As deformações originam estratos inclinados, dobras e falhas geológicas. Os diferentes tipos resultam de movimentos horizontais das placas e são condicionados pela pressão dirigida (não litostática). A resposta das rochas depende do tipo de tensão, da intensidade e duração, da composição da rocha, das condições de pressão e temperatura e da presença de fluidos. Três tipos de comportamento das rochas diante da tensão: Elástico: deformação reversível; Plástico: deformação permanente sem rutura; Frágil: ocorre rutura, com libertação de energia (sismos).
A deformação frágil manifesta-se por fraturas: falhas geológicas: fraturas com deslocamento dos blocos; diáclases: fraturas sem deslocamento significativo. As falhas geológicas têm elementos principais: teto e muro (blocos acima e abaixo do plano de falha), plano de falha, rejeito, direção e pendor. Três principais tipos de falhas: inversa: o teto sobe em relação ao muro (compressão). normal: o teto desce em relação ao muro (distensão) e de desligamento (transformante): movimento horizontal entre blocos (cisalhamento). Falhas ativas com movimento vertical significativo podem formar horsts (blocos elevados) e grabens (blocos abatidos). Esses sistemas surgem em: regimes distensivos: margens continentais, riftes e regimes compressivos: limites convergentes, formando estruturas de cavalgamento. Em regime dúctil, as rochas sofrem dobramento (formação de dobras) sem fratura, comuns em profundidade sob alta pressão e temperatura. As dobras geológicas surgem da compressão de camadas inicialmente horizontais, formando cadeias orogénicas.
Elementos de uma dobra geológica: charneira: zona de curvatura máxima; plano axial: plano que divide a dobra; flancos, eixo da dobra, núcleo, direção e inclinação da camada. Classificação das dobras: pela forma: antiforma, sinforma, neutra; pela idade dos estratos: anticlinal, sinclinal; pelo plano axial: vertical, inclinada, vertente.
A maioria das deformações ocorre junto aos limites entre placas, sendo que: falhas normais são típicas de limites divergentes; dobras e falhas inversas aparecem em limites convergentes; o interior das placas sofre menos deformações. O estudo dessas deformações permite reconstituir a história da Terra, prever sismos e localizar recursos geológicos importantes como petróleo e minérios.

Conceitos:

Falha, dobra, antiforma, sinforma, dobra neutra, anticlinal, sinclinal, flanco, núcleo, charneira, deformação, forças distensivas, comportamento plástico, comportamento frágil, limites convergentes, teto, muro.

Material e Procedimento:

Areia;
Farinha;
Chocolate em pó;
Mistura de farinha e chocolate em pó;
Caixa de deformação;
Câmara fotográfica.

1- Montar a caixa de deformação;
2- Fazer diferentes estratos de diferentes materiais, de forma sequencial, sobrepondo-os alternadamente;
3- Aplicar forças distensivas numa das extremidades na caixa de deformação;
4- Observação dos resultados, nomeadamente falhas e dobras.

Questão Problema

Como a aplicação de forças distensivas em estratos compostos por diferentes materiais pode simular, em pequena escala, a formação de falhas e estruturas geológicas associadas à distensão da crosta terrestre?

Ala prática

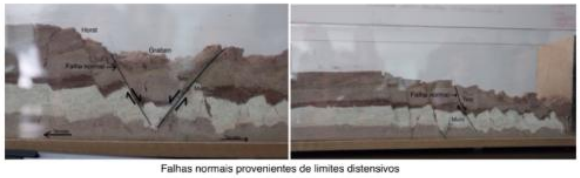
Conclusão:

A aplicação de forças distensivas em estratos compostos por materiais de diferentes características permitiu simular de forma eficaz a formação de falhas normais e o afastamento de blocos da crosta terrestre. Dependendo da resistência dos materiais, as camadas romperam de forma mais abrupta ou mais gradual, revelando comportamentos mais ou menos frágeis. A experiência evidenciou que, tal como na geologia real, as tensões distensivas originam estruturas características como falhas normais e grabens, sendo um processo fundamental na formação de riftes continentais e dorsais oceânicas. A caixa de deformação revelou-se, assim, uma excelente ferramenta didática para compreender os efeitos das forças internas da Terra.

Discussão

Durante a atividade, organizamos camadas horizontais com diferentes materiais: areia fina, chocolate em pó e farinha. Estes representam diferentes estratos da crosta terrestre. Em seguida, aplicamos forças distensivas, ou seja, puxamos uma das extremidades da caixa, simulando um ambiente de tensão tectónica distensiva, onde ocorre estiramento dos materiais.
Observamos os seguintes resultados:
As camadas mais frágeis (comportamento frágil) começaram a romper-se, sofrendo rutura e formando falhas normais — estruturas onde blocos de material deslizaram para baixo ao longo de planos inclinados, denominados de teto.
Em alguns casos, formaram-se pequenas bacias de afundamento (grabens) com blocos centrais descendendo em relação aos laterais — paisagem típica de regiões tectonicamente distensivas, como riftes continentais.
Materiais mais coesos, ou ligeiramente compactados, apresentaram fraturas sem muito deslocamento visível, indicando o início de uma deformação frágil.
Não houve formação de dobras, o que é coerente com ambientes distensivos, onde o estiramento tende a fraturar e separar as rochas invés de comprimir e dobrá-las.

Resultados:



Falhas normais provenientes de limites distensivos

Ala teórica

Teoria/princípios:

A Tectónica de Placas explica esses movimentos e a deformação das rochas, causadas por tensões compressivas, distensivas ou de cisalhamento.
As rochas que são submetidas a tensões distensivas provocam uma compressão dos materiais onde atuam limites divergentes. A deformação de rochas significa a modificação da sua posição inicial, da sua orientação ou da sua forma e/ou volume, quando são submetidas a tensões durante um certo intervalo de tempo. Pode ser frequentemente observada em afloramentos que origina estratos inclinados, falhas geológicas e dobras geológicas. As deformações são reversíveis, quando a tensão é removida, o material retorna a forma e o volume iniciais,não ficando deformado permanentemente. Quando tal acontece diz-se que o material exibe um comportamento elástico, que se mantém até se atingir o limite de elasticidade.
O material rochoso pode acumular tensões até ocorrer rutura (comportamento frágil), originando libertação súbita de energia acumulada-sismo. As rochas associadas à falha geológica.A cedência dos materiais submetidos a tensões acumuladas é influenciada pelas condições de pressão e temperatura do meio, como pela constituição dos materiais. Para rochas de pequena profundidade o material deforma num regime frágil, originando-se falhas geológicas. Para rochas a grandes profundidades, há tendência para que a deformação ocorra num regime dúctil, originado dobras geológicas, que são evidências de um comportamento plástico dos materiais, não havendo retoma do seu estado de não deformação inicial.
Em regime frágil, as rochas fraturam-se, originando diáclases ou falhas geológicas, que resultam de tensões tectónicas e podem afetar qualquer tipo de rocha, causando deslocamentos dos blocos rochosos. As falhas são classificadas como normais, inversas ou de desligamento, sendo que a falha normal quando o bloco que assenta por cima do plano de falha- o teto-desceu em relação ao outro bloco- o muro. Ocorre em contextos tectónico distensivo, como em regiões de rifte continental ou oceânico.
Em regiões de tensões distensivas associado à evolução geológica de uma margem continental, ou de um rifte continental, ocorrem sistemas de falhas normais que alongam/estiram e falham a crosta terrestre em blocos, podendo originar horts e garbens, devido ao movimento dos blocos uns em relação aos outros.
Em regime dúctil, as rochas deformam-se sem fraturar, formando dobras geológicas devido a compressões em limites convergentes. Estas dobras ocorrem em profundidade, em rochas no estado sólido, e estão associadas à formação de cadeias montanhosas.

Conceitos: falhas e deformação geológicas, dobras, tensões (distensivo, compressivo, e cisalhante), limite divergente, zona de subducção, estratos, teto, muro, plano de falha, falha normal, tectónicas de placas, comportamento dos materiais (dúctil, frágil e elástico), fraturas, charneira, regime (dúctil, tensões distensivos e compressivas), grabens, horsts, abatimento

Material: caixa de deformação, farinha, areia, chocolate em pó

Procedimento: 1º Colocar alternadamente farinha e chocolate em pó e areia na caixa de deformação.
2º Aplicar uma força distensiva lentamente.
3ºObservar e registar.

Questão Problema

O que acontece quando há aplicação de forças distensivas em estruturas geológicas?

Ala prática

Conclusão: A ação das forças distensivas nas estruturas geológicas desempenha um papel crucial na compreensão da dinâmica interna da Terra. Estas forças, ao provocarem o afastamento de blocos rochosos, contribuem para a formação de falhas normais, riftes e bacias sedimentares, transformando progressivamente a paisagem terrestre. Para além disso, estes processos estão directamente relacionados com a tectónica de placas, nomeadamente nas zonas de divergência, como as dorsais oceânicas. Compreender estes fenómenos permite-nos interpretar melhor a origem de certos tipos de relevo, a ocorrência de sismos e vulcões, e os mecanismos de evolução da crosta terrestre ao longo do tempo geológico.

Discussão-As forças distensivas, ou forças de tração, atuam no sentido de alongar a litosfera, provocando o afastamento das massas rochosas. Quando estas forças são aplicadas em estruturas geológicas, originam falhas normais, ou seja, fraturas na crosta terrestre onde um dos blocos rochosos desliza para baixo em relação ao outro, devido à separação provocada pela distensão.
Este tipo de esforço tectónico é característico de ambientes de divergência de placas tectónicas, como acontece nas dorsais oceânicas e nos riftes continentais.
Com o tempo, esta separação pode levar ao afundamento de blocos, formando grábens (blocos rebaixados entre falhas) e horsts (blocos elevados). Além disso, é comum a formação de bacias sedimentares, que acumulam sedimentos transportados por rios ou pelo vento.
Estes processos são fundamentais para compreender a dinâmica interna da Terra, pois demonstram como as forças tectónicas moldam o relevo e provocam transformações na superfície terrestre ao longo de milhões de anos.

Resultados:



Fig.1
Após a aplicação de forças de distensão, surgem fraturas chamadas falhas normais , constituídas por teto e muro.