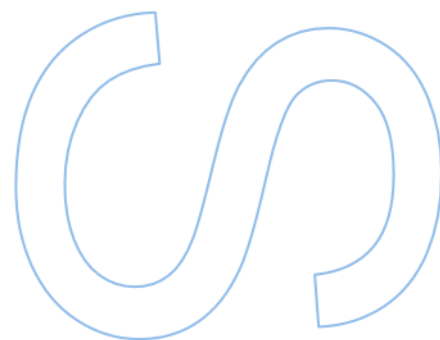
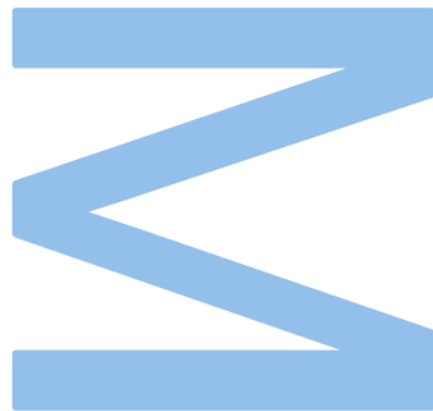


Ondas sísmicas e destruição: Proposta de um Modelo para o Ensino da Sismologia no 10.º ano de escolaridade



Maria Ana dos Santos Leão

Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3º Ciclo do
Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2026



Ondas sísmicas e destruição: Proposta de um Modelo para o Ensino da Sismologia no 10.º ano de escolaridade

Maria Ana dos Santos Leão

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

Unidade de Ensino das Ciências
2026

Orientador

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



Agradecimentos

À Professora Doutora Cecília Guerra, por todo o conhecimento, pela disponibilidade constante, pela orientação exigente e pela confiança depositada ao longo deste percurso. A sua ajuda foi fundamental para a concretização deste trabalho e para o meu crescimento enquanto futura professora.

Ao Professor Cooperante, por tudo aquilo que fez por mim durante o estágio. Pela partilha de conhecimentos, pela disponibilidade, pela confiança e por me ter ensinado tanto sobre o que significa ser professor. Agradeço-lhe, em particular, por me ter ajudado a descobrir um gosto ainda maior pela Geologia e por me mostrar, diariamente, a importância de ensinar com paixão.

À Professora Doutora Clara Vasconcelos e ao Professor Doutor Tiago Ribeiro, por me mostrarem que o futuro do Ensino da Biologia e da Geologia está em boas mãos. A dedicação e a qualidade do trabalho que desenvolvem na formação de futuros professores são uma inspiração para todos aqueles que escolhem esta profissão.

À minha mãe, professora de Biologia e Geologia há 32 anos, por me ter mostrado desde cedo a beleza de ser professora e o verdadeiro significado desta profissão. Foi através do seu exemplo, da sua dedicação aos alunos e da paixão com que sempre exerceu o ensino que nasceu em mim o desejo de seguir este caminho. És, e sempre serás, a minha maior inspiração enquanto professora. Ao meu pai, por me ensinar diariamente que, quando queremos verdadeiramente alguma coisa, somos capazes de a alcançar através do esforço, da dedicação e da persistência. Por me lembrar, nos momentos mais difíceis, que a solução passa sempre por continuar a "dar às patas".

À minha irmã, por ser uma inspiração para toda a vida. Pela determinação, pela entrega e pela paixão que coloca em tudo aquilo que faz. O meu maior desejo é conseguir levar para a minha vida profissional e pessoal uma pequena parte da paixão com que encaras cada desafio.

Ao Hélder, por estar ao meu lado desde o primeiro dia em que entrei na FCUP. Por todas as conquistas partilhadas, pelo apoio incondicional e, sobretudo, por me ajudar a levantar a cabeça e seguir em frente nos momentos em que mais precisei.

Aos restantes membros da minha família, que, mesmo estando longe, remam sempre no mesmo barco que eu.

À Chica e ao Pedro, por todas as gargalhadas, conversas, momentos de descontração e apoio diário. Obrigada por me darem a mão todos os dias e por tornarem esta caminhada muito mais leve.

Levo comigo muito mais do que um grau académico; levo aprendizagens, memórias e pessoas que contribuíram para a construção de quem sou hoje.

Resumo

O ensino da sismologia no ensino secundário apresenta desafios, associados à sua natureza abstrata e à persistência de concepções alternativas. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar o contributo do Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos (EOAM) para a compreensão dos fenómenos sísmicos em alunos do 10.º ano de escolaridade.

A investigação, desenvolvida no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada, seguiu os princípios de uma abordagem de Investigação-Ação, de natureza investigativa e interventiva. Foi implementada uma sequência didática na disciplina de Biologia e Geologia, envolvendo uma turma do 10.º ano de escolaridade. A sequência seguiu a metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos, integrando diferentes estratégias didáticas, como a saída de campo virtual e a modelação.

A recolha de dados baseou-se na observação direta realizada pela professora-investigadora, na aplicação de questionários (pré- e pós-teste) e na recolha documental de artefactos de aprendizagem produzidos pelos alunos. A análise dos dados foi realizada através de uma abordagem metodológica mista, combinando análise estatística descritiva (dados quantitativos) e análise de conteúdo (dados qualitativos).

Os resultados evidenciam uma evolução das aprendizagens dos alunos envolvidos, traduzida pelo aumento das pontuações e pela melhoria da capacidade de aplicação e explicação de conceitos, como a origem dos sismos, a propagação das ondas sísmicas e as diferenças entre magnitude e intensidade sísmica. Observou-se, ainda, uma reorganização dos modelos mentais dos alunos e a superação de concepções alternativas, nomeadamente a confusão entre a propagação das ondas P e S, dificuldades na interpretação da direção do movimento das partículas e concepções erróneas sobre os fatores que influenciam os efeitos destrutivos dos sismos. Adicionalmente, os alunos revelaram elevados níveis de motivação e envolvimento, valorizando particularmente as atividades práticas e o uso de modelos.

Conclui-se que o EOAM constitui uma metodologia eficaz no desenvolvimento de aprendizagens em sismologia, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dos fenómenos e para o desenvolvimento de competências científicas.

Palavras-chave: Sismologia; Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos; Modelação; Geologia; Investigação-Ação.

Abstract

Teaching seismology in secondary education presents significant challenges due to its abstract nature and the persistence of alternative conceptions. In this context, the present study aimed to analyse the contribution of Model-Based Learning (MBL) to the understanding of seismic phenomena among 10th-grade students.

The research, developed within the framework of the Supervised Teaching Practice, followed an action-research approach of an investigative and interventionist nature. A teaching sequence was implemented in a 10th-grade Biology and Geology class. The sequence followed the principles of Model-Based Learning, integrating different teaching strategies, such as a virtual field trip and modelling activities.

Data collection was based on direct observation conducted by the teacher-researcher, the administration of questionnaires (pre- and post-tests), and the documentary collection of learning artefacts produced by the students. Data were analysed through a mixed-methods approach, combining descriptive statistical analysis (quantitative data) and content analysis (qualitative data).

The results indicate an improvement in students' learning, reflected in higher scores and in an enhanced ability to apply and explain concepts such as the origin of earthquakes, seismic wave propagation, and the differences between earthquake magnitude and intensity. A reorganisation of students' mental models was also observed, together with the overcoming of alternative conceptions, namely confusion between P and S wave propagation, difficulties in interpreting particle motion direction, and misconceptions regarding the factors influencing the destructive effects of earthquakes. Furthermore, students demonstrated high levels of motivation and engagement, particularly valuing the practical activities and the use of models.

It is concluded that Model-Based Learning constitutes an effective methodology for promoting learning in seismology, contributing to a deeper understanding of seismic phenomena and to the development of scientific competencies.

Keywords: Seismology; Model-Based Learning; Modelling; Geology Education; Action Research.

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Abreviaturas	viii
1. Introdução	1
1.1 Contexto do estudo e justificação da investigação	1
1.2 Finalidade, objetivos e questão de investigação	3
1.3 Pertinência do projeto	4
1.4 Organização do documento	4
2. Enquadramento teórico	6
2.1. O ensino da geologia em Portugal	6
2.2. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos	8
3. Sequência Didática “Compreender os sismos através de modelos”	14
3.1. Perfil da turma	14
3.2. Planificação das aulas	15
3.3. Caracterização das aulas	18
4. Metodologias de investigação	27
4.1. Paradigma, natureza e plano de investigação	27
4.2. Recolha e análise de dados	28
4.3. Normas éticas	34
5. Resultados e Discussão	36
5.1. Resultados do pré e do pós-teste	36
5.2. Resultados da rubrica de avaliação dos V de Gowin	42
5.3. Resultados da grelha de observação	43
5.4. Resultados dos inquéritos por <i>snapshot</i>	43
5.5. Discussão dos resultados	47
6. Conclusão	51
6.1. Síntese conclusiva	51

6.2. Limitações do estudo.....	52
6.3. Sugestões para futuras investigações	53
Referências Bibliográficas.....	55
Apêndices	59
Apêndice 1 – Diário de bordo da PE; aula 14/10/2025	59
Apêndice 2 – Diário de bordo da PE; aula 14/10/2025	59
Apêndice 3 – Diário de bordo da PE; aula 17/09/2025	59
Apêndice 4 – Pré-teste/Pós-teste	60
Apêndice 5 – Saída de campo virtual (<i>link</i> plataforma “Thinglink”).....	61
Apêndice 6 – Guião da saída de campo virtual	61
Apêndice 7 – Guião “mini-modelos”	62
Apêndice 8 – Grelha de observação preenchida.....	64
Apêndice 9 – Questionário (Snapshot)	64
Apêndice 10 – PowerPoint para consolidação de conhecimentos	65
Apêndice 11 – Guião de exploração da mesa sísmica	67
Apêndice 12 – Vídeo do funcionamento da mesa sísmica (<i>link</i> para o <i>youtube</i>).....	68
Apêndice 13 – Planificação da sequência didática	68
Apêndice 14 – Rúbrica de avaliação dos V de Gowin.....	71
Anexos.....	72
Anexo 1 – Respostas ao Pré-teste	72
Anexo 2 – Guiões saída de campo virtual preenchidos	72
Anexo 3 – Guiões de exploração dos “mini-modelos” preenchidos.....	72
Anexo 4 – V de Gowin preenchidos.....	72
Anexo 5 – Respostas Pós-teste	72
Anexo 6 – Respostas Questionário (<i>snapshot</i>)	73
Anexo 7 – Parecer da Comissão de ética.....	73
Anexo 8 – Consentimento informado.....	74
Anexo 9 – Assentimento informado	75

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1 - Objetivos científicos, educacionais e profissionais</i>	3
<i>Tabela 2- Contextualização curricular</i>	16
<i>Tabela 3 - Planificação da Sequência Didática “Compreender sismos através de modelos”</i>	17
<i>Tabela 4 - Relação entre conceitos de ondas sísmicas e os modelos didáticos utilizados (mola e simulação humana)</i>	22
<i>Tabela 5 - Técnicas, instrumentos de recolha e análise de dados</i>	29
<i>Tabela 6 - Distribuição das questões por conteúdos temáticos</i>	30
<i>Tabela 7 - Rúbrica de avaliação para o V de Gowin</i>	31
<i>Tabela 8 - Grelha de observação para a utilização do modelo.....</i>	33
<i>Tabela 9 - Registos da PI</i>	34
<i>Tabela 10 - Resultados gerais do pré-teste e pós-teste.....</i>	36
<i>Tabela 11 - Análise das questões relacionadas com a origem dos sismos</i>	37
<i>Tabela 12 - Análise das questões relacionadas com as características das ondas sísmicas.....</i>	38
<i>Tabela 13 - Análise das respostas relacionadas com as escalas de avaliação sísmica</i>	40
<i>Tabela 14 - Análise das respostas relacionadas com as construções antissísmicas ..</i>	41
<i>Tabela 15 - Resultados da avaliação dos V de Gowin</i>	42
<i>Tabela 16 - Resultados grelha de observação</i>	43
<i>Tabela 17 - Resultados das respostas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 do snapshot</i>	44
<i>Tabela 18 - Respostas à questão 1 do snapshot</i>	44
<i>Tabela 19 - Respostas à questão 3 do snapshot “O que achaste mais interessante nesta sequência didática?”</i>	45
<i>Tabela 20 - Respostas à questão 4 do snapshot “O que achaste da experiência de utilizar um modelo como recurso educativo? Reflete sobre o que mais gostaste, os principais desafios que encontraste e sugestões de melhoria.”</i>	46

Lista de Figuras

Figura 1- Mesa sísmica de Milne-Omaro (1890). (Retirado de Moutinho et al., 2015)	11
Figura 2 - Mesa sísmica (Fonte: National Research Institute for Earth Science and Disaster Resoalience (NIED))	12
Figura 3 - Alunos durante a saída de campo virtual	19
Figura 4 - Utilização de uma mola para simular a propagação das ondas sísmicas....	21
Figura 5 - Simulação da onda sísmica humana	21
Figura 6 - Simulador de sismos	23
Figura 7 - Simulador de sismos legendado: (1) Cambota e biela; (2) Plataforma; (3) Calhas de translação linear; (4) Resguardo de segurança; (5) Motor; (6) Fonte de alimentação e controlador	24
Figura 8 - Utilização do simulador para testar construções	25
Figura 9 - Construção do V de Gowin	26
Figura 10 - <i>Espiral de ciclos da I-A adaptado de Coutinho et al., 2009, p.366)</i>	28
Figura 11 - <i>Q3.6 Desenha em que sentido se propagam as ondas P e S, considerando a seta a direção do movimento; Resposta do A13 no pré-teste (em cima) e no pós-teste (em baixo)</i>	39

Lista de Abreviaturas

DGES	DIREÇÃO GERAL DO ENSINO SUPERIOR
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO
CTSA	CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE
CA	CONCEÇÕES ALTERNATIVAS
AE	APRENDIZAGENS ESSENCIAIS
DGE	DIREÇÃO GERAL DE EDUCAÇÃO
EOAM	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM POR MODELOS
IA	INVESTIGAÇÃO-AÇÃO
PASEO	PERFIL DOS ALUNOS Á SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
PE	PROFESSORA ESTAGIÁRIA
PES	PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA
PII	PROJETO DE INVESTIGAÇÃO-INTERVENÇÃO
SD	SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PI	PROFESSORA INVESTIGADORA

1. Introdução

O presente capítulo enquadra o estudo no contexto do ensino de geologia no ensino secundário, com enfoque na sismologia. Abordam-se a relevância científica, social e educativa dos fenómenos sísmicos, bem como as dificuldades manifestadas pelos alunos na compreensão de processos geológicos abstratos, identificadas no contexto da Prática de Ensino Supervisionada (PES). Apresentam-se, ainda, a finalidade do estudo, a questão de investigação e os objetivos científicos, educacionais e pedagógicos que orientam o trabalho.

1.1 Contexto do estudo e justificação da investigação

No contexto do ensino das ciências em Portugal, a sismologia é abordada em diferentes níveis de escolaridade. No 3.º ciclo do ensino básico, nomeadamente no 7.º ano da disciplina de Ciências Naturais, os alunos contactam, de forma introdutória, com conceitos fundamentais relacionados com os sismos. No ensino secundário, em particular no 10.º ano do curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias, o currículo aprofunda o estudo da sismologia, abordando conceitos como foco sísmico, magnitude e intensidade, escalas de Richter e Macrossísmica Europeia, bem como o funcionamento do sismógrafo e a interpretação de sismogramas, incluindo ainda a discussão do papel dos geólogos na prevenção do risco sísmico (Moutinho et al., 2016).

Os sismos assumem elevada relevância científica, social e ambiental, constituindo um risco natural à escala global e em Portugal, devido à sua complexa posição geodinâmica. Neste contexto, torna-se fundamental promover a literacia científica, a consciencialização e a adoção de comportamentos adequados de mitigação e preparação para o risco sísmico (Custódio et al., 2016). Contudo, a investigação em educação em ciências tem demonstrado que muitos alunos apresentam dificuldades persistentes na compreensão dos fenómenos sísmicos, mantendo concepções alternativas sobre as suas causas e os mecanismos de ocorrência (Toprak-Dereli & Savaşçı-Açıkalın, 2018).

Estas dificuldades foram igualmente observadas durante a Prática de Ensino Supervisionada (PES) no ano letivo de 2025/2026, numa turma do 10.º ano, em que os alunos revelaram fragilidades na interpretação de esquemas e imagens, na compreensão de explicações sequenciais e na articulação entre diferentes etapas e

fatores dos processos geológicos, especialmente quando estes exigiam elevados níveis de abstração e de visualização espacial e temporal (Apêndice 1). Observou-se que, de modo geral, a geologia não é percecionada pelos alunos como uma área de grande relevância, sendo frequentemente desvalorizada face a outras disciplinas científicas. Esta perceção foi inferida a partir da reduzida participação espontânea nas aulas, do menor envolvimento nas tarefas propostas e de comentários informais que associavam os conteúdos geológicos a conhecimentos excessivamente teóricos ou de difícil aplicação prática (Apêndice 2).

Neste âmbito, as concepções alternativas (CA) em ciências tendem a persistir e não são ultrapassadas apenas pela apresentação de nova informação, o que exige estratégias de ensino que promovam a reconstrução conceptual dos alunos (Dahl et al., 2005). Importa, neste contexto, mobilizar metodologias e estratégias de ensino inovadoras para desconstruir as CA dos alunos.

A investigação evidencia que a identificação prévia de CA, aliada à modelação, contribui para aprendizagens mais precisas e autónomas, nomeadamente no que respeita aos efeitos sísmicos nos solos e nas estruturas construídas (Gobert & Buckley, 2000; Justi & Gilbert, 2002a, 2002b; Moutinho et al., 2016). O uso de modelos físicos análogos tem sido amplamente reconhecido como uma estratégia eficaz para a compreensão de fenómenos geológicos complexos, permitindo tornar acessíveis processos não diretamente observáveis.

Para além disso, a utilização de modelos no ensino da sismologia possibilita articular conteúdos científicos com problemas socialmente relevantes, como o risco sísmico e os seus impactos, enquadrando-se nos princípios da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Esta abordagem promove uma aprendizagem contextualizada, favorece o desenvolvimento do pensamento crítico e contribui para a formação de cidadãos capazes de participar, de forma informada, na tomada de decisões relacionadas a questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais (Gomes & Hussein, 2025).

Neste sentido, o Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos (EOAM) revela-se uma metodologia adequada, ao favorecer a reestruturação do conhecimento por meio da introdução de informações que desafiam as concepções prévias dos alunos e desencadeiam processos de dissonância cognitiva (Moutinho et al., 2017; Pirnay-Dummer et al., 2012). Assim, a pertinência deste estudo assenta na relevância científica

e social da sismologia, nas dificuldades evidenciadas pelos alunos na área da geodinâmica e no potencial do EOAM como metodologia para desenvolver e mobilizar conhecimentos de uma forma contextualizada.

1.2 Finalidade, objetivos e questão de investigação

A presente investigação tem como finalidade analisar o contributo do EOAM para a compreensão da propagação das ondas sísmicas e dos seus efeitos destrutivos por parte de alunos do 10.º ano de escolaridade. Pretende-se avaliar de que forma a exploração e a interpretação de modelos apoiam a aprendizagem de conceitos fundamentais da sismologia, nomeadamente as ondas sísmicas, os seus mecanismos de propagação e as escalas de energia e de destruição.

Neste contexto, a questão de investigação que orienta este estudo é a seguinte: “Será que a metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos pode contribuir para a compreensão das ondas sísmicas e dos seus efeitos destrutivos por parte de alunos do 10.º ano de escolaridade?”.

A finalidade, a questão de investigação e os objetivos traçados (Tabela 1) delinearam o rumo do desenvolvimento da sequência didática intitulada “Compreender sismos através de modelos”, assegurando a sua pertinência e alinhamento com a finalidade do Projeto de Investigação-Intervenção (PII), que se pretende apresentar ao longo do relatório de estágio.

Objetivos científicos	• Analisar o contributo da utilização de modelos para a compreensão de conceitos fundamentais da sismologia; • Identificar dificuldades conceptuais dos alunos relativamente a estes conceitos e avaliar de que forma a modelação pode contribuir para a sua clarificação e para a superação de conceções alternativas
Objetivos educacionais	• Conceber e implementar uma sequência didática centrada na modelação dos sismos; • Promover o envolvimento ativo dos alunos na manipulação e interpretação de modelos; • Estimular a capacidade de visualizar processos geológicos abstratos e relacioná-los com fenómenos reais.
Objetivos profissionais	• Desenvolver competências docentes na aplicação de modelos em contextos reais de sala de aula; • Refletir criticamente sobre a prática pedagógica e sobre a eficácia desta metodologia no ensino da geologia.

Tabela 1 - Objetivos científicos, educacionais e profissionais

1.3 Pertinência do projeto

A realização deste relatório de estágio apresenta relevância pedagógica e profissional, particularmente no contexto do ensino de geologia, área frequentemente desvalorizada pelos alunos e na qual, muitas vezes, é mais difícil desenvolver sequências didáticas diferentes, criativas e motivadoras. Nesse sentido, a escolha deste tema também decorreu da vontade de enfrentar esse desafio, procurando implementar estratégias mais dinâmicas e experimentais no ensino de geologia.

A área dos sismos despertou, desde cedo, um interesse pessoal, sobretudo pela complexidade destes fenómenos e pelos seus impactos na sociedade. O contacto com um modelo histórico de uma mesa sísmica rudimentar reforçou ainda mais esse interesse, levando à construção de uma mesa sísmica didática, com um sistema mais moderno e adaptado ao contexto educativo atual. Enquanto professora estagiária, este projeto representou uma oportunidade de desenvolver recursos próprios, explorar a metodologia do EOAM e refletir sobre práticas inovadoras no ensino da geologia.

1.4 Organização do documento

O presente relatório encontra-se estruturado em seis capítulos, seguidos das referências bibliográficas, apêndices e anexos.

O primeiro capítulo apresenta a introdução, incluindo a contextualização e a justificação do estudo, bem como a definição da finalidade, da questão de investigação, dos objetivos e da organização do trabalho. O segundo capítulo corresponde ao enquadramento teórico, abordando o ensino da geologia e da sismologia em Portugal, as conceções alternativas dos alunos sobre fenómenos sísmicos e os fundamentos do Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos, com destaque para a utilização de modelos físicos e mesas sísmicas no ensino da geologia.

O terceiro capítulo descreve a sequência didática implementada, caracterizando a turma participante, a planificação das aulas, a contextualização curricular, os recursos utilizados e as atividades desenvolvidas, com especial enfoque na construção e exploração da mesa sísmica. O quarto capítulo apresenta a metodologia de investigação adotada, descrevendo a Investigação-Ação, os participantes, os instrumentos de recolha e de análise de dados e os procedimentos relacionados com a validade, a fiabilidade e a ética do estudo.

O quinto capítulo expõe e discute os resultados obtidos, analisando o impacto da utilização de modelos físicos no processo de aprendizagem dos alunos e no desenvolvimento das competências previstas. Por fim, o sexto capítulo sintetiza as principais conclusões da investigação, identifica limitações e apresenta sugestões para futuras investigações baseadas neste estudo e reflete sobre os contributos da experiência para o desenvolvimento profissional da professora estagiária.

2. Enquadramento teórico

O presente capítulo procede ao enquadramento teórico da investigação, abordando os principais conceitos e perspetivas que sustentam a proposta didática implementada. Analisa-se o ensino da geologia em Portugal, com enfoque na sismologia, enquanto domínio científico e educativo de elevada relevância social, bem como os desafios associados à natureza abstrata das geociências. Por fim, apresenta-se a metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos (EOAM), clarificando o papel dos modelos no ensino de geologia e, em particular, de sismologia, com destaque para as mesas sísmicas.

2.1. O ensino da geologia em Portugal

No ensino secundário português, a geologia integra exclusivamente o curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias, sendo, por isso, acessível sobretudo a alunos que pretendem prosseguir estudos nas áreas científicas e de engenharia, o que contribui para uma distribuição desigual do acesso aos conteúdos de geociências (Bolacha & Mateus, 2008).

A geologia é frequentemente caracterizada como uma ciência histórica e hermenêutica, uma vez que reconstrói processos passados a partir de evidências atuais, lidando com sistemas complexos que se desenvolvem em escalas temporais e espaciais de difícil observação (Ribeiro et al., 2020). Esta natureza contribui para que fenómenos como a dinâmica das placas litosféricas ou a propagação das ondas sísmicas sejam percecionados como abstratos, o que torna o seu ensino particularmente desafiante. Estudos indicam ainda que muitos alunos apresentam dificuldades na compreensão de conceitos científicos, incluindo os das geociências, o que limita o envolvimento e reforça a necessidade de estratégias pedagógicas mais apelativas e eficazes (Moutinho et al., 2014).

2.1.1. Ensino da sismologia

Do ponto de vista geológico, um sismo corresponde à libertação súbita de energia acumulada nas rochas devido a esforços tectónicos, originando a rutura ao longo de falhas e a propagação de ondas sísmicas pelo interior e pela superfície da Terra, registadas por sismógrafos sob a forma de sismogramas (Grotzinger & Jordan, 2010).

A sismologia assume particular relevância no contexto educativo português, dado que os sismos podem afetar diretamente o território e a sociedade, num enquadramento geodinâmico complexo que inclui sismicidade moderada no continente e elevada nos Açores, tendo muitos eventos históricos ocorrido antes da existência de registos instrumentais (Moutinho et al., 2014).

Apesar da sua relevância científica e social, a aprendizagem da sismologia continua a apresentar diversos desafios para os alunos. Estudos evidenciam a persistência de concepções alternativas em sismologia, mesmo entre estudantes do ensino superior, nomeadamente a confusão entre ondas de volume e ondas superficiais, a associação dos efeitos sísmicos apenas à distância ao epicentro e a desvalorização do papel do tipo de solo, das construções e da ação antrópica na mitigação do risco (Moutinho et al., 2016).

A literatura tem, também, identificado diversas concepções alternativas relacionadas com a origem e distribuição dos sismos. Alguns alunos atribuem a ocorrência destes fenómenos a fatores como o calor, às condições meteorológicas, bolsas de ar subterrâneas ou mesmo à atividade vulcânica, sem estabelecer uma relação adequada com a tectónica de placas e os movimentos ao longo das falhas geológicas. Outros alunos apresentam explicações baseadas em alterações da gravidade, em campos eletromagnéticos ou até em forças sobrenaturais. Verificam-se ainda dificuldades na compreensão da distribuição espacial dos sismos, sendo frequentemente associados ou ligados a zonas de linha de costa, bem como a ideia de que podem ser previstos por meio da observação do comportamento dos animais (Francek, 2013).

Para além das dificuldades relacionadas com a origem dos sismos, diversos estudos têm evidenciado concepções alternativas relativas à localização, à magnitude, à intensidade e à propagação das ondas sísmicas. Alguns alunos interpretam incorretamente a relação entre a magnitude e a energia libertada durante um sismo, evidenciando dificuldades na compreensão do significado físico da escala de Richter. Outros revelam dificuldades em compreender a propagação das ondas sísmicas no interior da Terra (Rakkapao et al., 2009).

A identificação prévia destas concepções revela-se essencial para planificar intervenções pedagógicas adequadas e promover o desenvolvimento de aprendizagens (Moutinho et al., 2016).

Neste sentido, a utilização de modelos físicos e análogos no ensino da sismologia tem-se revelado particularmente eficaz, ao permitir a visualização e experimentação de processos que ocorrem em escalas inacessíveis à observação direta, favorecendo a reconstrução de modelos mentais mais próximos do conhecimento científico e uma compreensão mais rigorosa dos efeitos dos sismos em solos e edifícios (Bolacha et al., 2012; Moutinho et al., 2014).

2.2. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos

O Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos (EOAM) constitui uma metodologia de ensino que transpõe práticas científicas para o contexto educativo, colocando os modelos e a estratégia de modelação no centro do processo de aprendizagem. Esta metodologia integra recursos informativos, atividades e estratégias didáticas concebidas para promover a construção, utilização, avaliação e reformulação de modelos mentais, tanto ao nível individual como no trabalho colaborativo entre alunos (Schwarz et al., 2009), favorecendo uma compreensão mais profunda de fenómenos científicos complexos e abstratos, como os que caracterizam as geociências (Gobert & Buckley, 2000; Justi & Gilbert, 2002a, 2002b).

O EOAM organiza-se em diferentes etapas que promovem a construção gradual do conhecimento científico pelos alunos. Segundo Cachapuz (1989), o processo inicia-se com a apresentação de uma situação-problema ou de um conceito em estudo, seguida da introdução de um domínio analógico familiar aos alunos. Posteriormente, desenvolve-se uma exploração interativa da analogia estabelecida, permitindo aos alunos relacionar o modelo com o fenómeno real, culminando na identificação dos limites da analogia e das diferenças entre o modelo e a realidade.

A utilização do EOAM apresenta diversas vantagens no ensino das geociências, uma vez que facilita a reorganização conceptual dos alunos, particularmente em conteúdos abstratos (D'Orey, 1998), e favorece a construção do conhecimento científico através de representações mais consistentes dos fenómenos naturais (Torres & Vasconcelos, 2013).

Contudo, esta metodologia apresenta também algumas limitações, nomeadamente o risco de os alunos confundirem o modelo com a realidade, criarem concepções erróneas ou terem dificuldade em interpretar modelos mais abstratos e tridimensionais

(Pereira, 1987). Assim, torna-se essencial que o professor explicita os limites dos modelos utilizados e promova uma análise crítica desses modelos (Bonito, 2024).

2.2.1. A estratégia de modelação

A modelação, entendida como uma representação aproximada da realidade, construída para apoiar a compreensão de fenómenos científicos que não podem ser observados diretamente, constitui uma estratégia essencial no ensino das geociências. A modelação permite explicar processos, prever comportamentos e revelar efeitos inesperados, uma vez que os modelos científicos constituem representações simplificadas dos fenómenos que podem ser utilizadas para formar explicações e previsões sobre o comportamento dos sistemas estudados (Schwarz et al., 2009). Além disso, os modelos análogos possibilitam simular processos naturais, permitindo aos estudantes testar previsões e consolidar o raciocínio científico, evitando concepções alternativas e promovendo uma compreensão mais rigorosa dos fenómenos (Vasconcelos et al., 2015; Vasconcelos & Torres, 2015).

A modelação destaca-se como uma estratégia pedagógica que deve ser aprofundada na formação de professores de ciências e promovida de forma sistemática no ensino básico e secundário, uma vez que o seu uso contribui para o desenvolvimento do conhecimento científico dos alunos, permitindo-lhes compreender e representar fenómenos complexos por meio de processos ativos de construção e interpretação (Gobert & Buckley, 2000).

A modelação constitui, então, uma estratégia pedagógica particularmente relevante no ensino das geociências, uma vez que favorece a construção e a reformulação de modelos mentais, contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento científico dos alunos (Gobert & Buckley, 2000; Justi & Gilbert, 2002a, 2002b).

2.2.2. Os modelos no ensino da geologia

Os modelos constituem representações simplificadas de sistemas ou fenómenos que permitem tornar compreensíveis processos complexos, abstratos ou que ocorrem em escalas não diretamente observáveis. A sua utilização em contexto educativo favorece a explicitação das ideias dos alunos, a identificação de concepções alternativas e a reorganização progressiva do conhecimento, promovendo uma compreensão mais profunda dos fenómenos científicos (Gobert & Buckley, 2000).

O conceito de modelo pode assumir diferentes significados, distinguindo-se entre modelos mentais - representações pessoais construídas pelos indivíduos para interpretar o mundo - e modelos científicos, que correspondem a conceptualizações validadas pela comunidade científica (Giere, 2004; Krapas et al., 1997). Os modelos científicos, devido à sua complexidade, são frequentemente simplificados para fins educativos, originando os chamados modelos curriculares, concebidos para apoiar a aprendizagem e aproximar os fenómenos ao nível de compreensão dos alunos (Vasconcelos, 2015).

No ensino da geologia, os modelos físicos dinâmicos podem ser agrupados em três categorias: modelos análogos, que respeitam princípios de similaridade em relação ao fenómeno real; modelos não análogos, que simulam o processo sem reproduzir essa correspondência; e réplicas históricas, que reproduzem dispositivos clássicos utilizados ao longo da evolução da ciência (Vasconcelos & Gomes, 2014; Vasconcelos, 2015).

O currículo das Aprendizagens Essenciais (AE) de Ciências Naturais (3.º Ciclo do Ensino Básico) e de Biologia e Geologia (Ensino Secundário) valoriza explicitamente o uso de modelos analógicos como suporte à aprendizagem e recomenda a sua integração nas práticas letivas. Um exemplo disso é a AE transversal do 7.º ano de escolaridade que propõe que os alunos construam modelos que permitam a representação e o estudo de estruturas, sistemas e das suas transformações, evidenciando a centralidade da modelação no desenvolvimento do raciocínio científico (Direção-Geral da Educação, 2018).

Dado que muitos processos internos da Terra não são diretamente observáveis, a investigação geológica recorre amplamente a modelos, analogias e simulações para interpretar fenómenos como a propagação das ondas sísmicas (Jee et al., 2010; Oh & Oh, 2011). Neste enquadramento, as mesas sísmicas assumem particular relevância como modelos físicos dinâmicos, permitindo representar, de forma controlada, os efeitos das ondas sísmicas em solos e estruturas (Severn, 2011).

No presente Projeto de Investigação-Intervenção, a utilização da mesa sísmica insere-se na metodologia de EOAM, visando apoiar a compreensão dos fenómenos sísmicos e contribuir para a superação de conceções alternativas frequentemente identificadas entre os alunos.

2.2.3. As mesas sísmicas

No final do século XIX, a sismologia afirma-se como uma ciência quantitativa, destacando-se os trabalhos de John Milne, que desenvolveu, no Japão, um dos primeiros sismógrafos de uso universal. Este instrumento viria a ser posteriormente aperfeiçoado por investigadores como E. Wiechert, na Alemanha, Prince Galitzin, na Rússia, e Hugo Benioff, no Instituto Tecnológico da Califórnia (Vasconcelos et al., 2015).

Para além do seu contributo pioneiro no desenvolvimento de sismógrafos, John Milne construiu também uma das primeiras mesas sísmicas, igualmente no Japão, no final do século XIX (Figura 1). Este dispositivo, acionado manualmente, permitia gerar movimentos oscilatórios controlados numa estrutura, possibilitando o estudo da sua resposta da estrutura a vibrações (Vasconcelos et al., 2015).

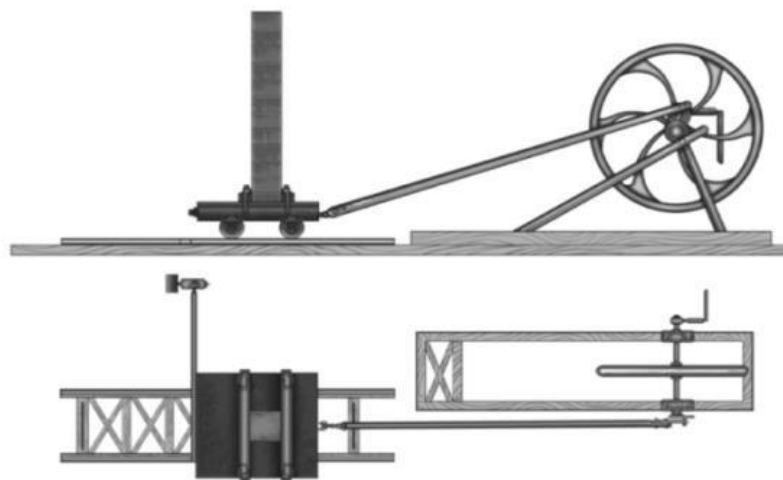


Figura 1- Mesa sísmica de Milne-Omaro (1890). (Retirado de Moutinho et al., 2015)

No início do século XX, a investigação nesta área evoluiu significativamente, passando a concentrar-se na Universidade de Stanford, onde a introdução de motores elétricos nas mesas sísmicas permitiu produzir movimentos mais precisos e registar mecanicamente a resposta das estruturas, marcando um avanço importante no estudo experimental dos efeitos dos sismos. (D'Orey, 1998; Severn, 2011; Vasconcelos et al., 2015).

As mesas sísmicas, como a representada na Figura 2, constituem um recurso particularmente valioso no estudo do comportamento estrutural durante um sismo, pois

permitem simular, de forma realista, o movimento do solo durante um evento sísmico. Ao reproduzir essa vibração na base de uma estrutura, é possível gerar forças de inércia semelhantes às que atuam nos diferentes elementos do edifício, permitindo observar diretamente as deformações, deslocamentos e tensões que daí resultam. Esta capacidade de reproduzir o impacto das ondas sísmicas torna as mesas sísmicas ferramentas únicas e muito relevantes para compreender os efeitos dos sismos (Severn, 2011).



Figura 2 - Mesa sísmica (Fonte: National Research Institute for Earth Science and Disaster Resoalience (NIED))

O estudo da história das mesas sísmicas assume particular relevância no contexto da engenharia sísmica e do ensino da sismologia, uma vez que estes dispositivos constituem os únicos equipamentos experimentais capazes de replicar, de forma controlada, a natureza dos movimentos sísmicos. As mesas sísmicas permitem aplicar movimentos do solo à base de uma estrutura, induzindo forças de inércia realistas em todos os seus elementos, possibilitando a observação direta dos deslocamentos, deformações e tensões resultantes, que traduzem a resposta estrutural durante um sismo (Severn, 2011; Vasconcelos et al., 2015).

Assim, as mesas sísmicas constituem um exemplo particularmente relevante de modelos que podem ser utilizados em contexto de sala de aula para o ensino da sismologia. Para além de permitirem a simulação controlada dos efeitos dos sismos e a compreensão dos mecanismos associados à resposta das estruturas, as réplicas de mesas sísmicas históricas assumem um valor educativo acrescido, na medida em que possibilitam aos alunos compreender como o conhecimento científico se desenvolve ao longo do tempo.

A utilização destes modelos favorece, assim, a compreensão da evolução do trabalho científico e do progresso da ciência, neste caso específico da sismologia, articulando conteúdos científicos com a dimensão histórica da construção do conhecimento (Vasconcelos et al., 2015). Neste contexto, a mesa sísmica assume um papel central na sequência didática, enquanto ferramenta de modelação integrada no EOAM, favorecendo o desenvolvimento de conhecimentos sobre os fenómenos sísmicos.

3. Sequência Didática “Compreender os sismos através de modelos”

Neste capítulo, será apresentada toda a sequência didática (SD), começando por caracterizar a turma à qual foi aplicada e explicar como a SD foi planificada, bem como a importância de planificar as aulas consoante o perfil da turma. De seguida, é feita a caracterização detalhada das aulas, desde o pré-teste e o pós-teste até à saída de campo virtual, à utilização de “mini-modelos” e ao simulador de sismos.

3.1. Perfil da turma

A amostra deste estudo é composta por 22 alunos e alunas de uma turma do 10.º ano de escolaridade, de uma escola localizada no distrito do Porto, com uma composição heterogénea em termos de interesses académicos. Relativamente à distribuição por sexo, a turma integra 12 alunos do sexo masculino (54,5%) e 10 alunas do sexo feminino (45,5%), todos de nacionalidade portuguesa.

De modo geral, a turma revela baixo interesse pelos conteúdos de geologia, evidenciado pela reduzida participação espontânea nas aulas, pelo envolvimento limitado nas tarefas propostas e por comentários informais que associam esta área científica a conteúdos excessivamente teóricos ou pouco apelativos. Estas atitudes traduzem-se, em vários momentos, em desmotivação face aos temas abordados.

Apesar deste panorama, destaca-se um pequeno grupo de três alunos que demonstra elevado interesse pela geologia, participando ativamente nas aulas e revelando curiosidade científica pelos conteúdos trabalhados (Apêndice 3). Estes alunos manifestaram, inclusive, a intenção de seguir áreas científicas relacionadas, nomeadamente a paleontologia, evidenciando a diversidade de interesses existente no seio da turma.

Esta heterogeneidade nas motivações e atitudes face à geologia reforça a pertinência da implementação de estratégias pedagógicas diferenciadas e inovadoras, capazes de promover o envolvimento dos alunos e de potenciar um maior desenvolvimento aprendizagens nesta área científica.

Esta é uma amostra não probabilística e não representativa, por ter um número reduzido de participantes e por estes não terem sido escolhidos aleatoriamente numa população, mas sim por fazerem parte de uma das turmas acompanhadas pela professora investigadora (PI) na sua PES e IPP. Deste modo, após a conclusão da investigação, não serão realizadas generalizações com os resultados obtidos, apenas serão retirados indicadores para os critérios avaliados (Cohen et al., 2017; Coutinho, 2013; Freitag, 2018).

3.2. Planificação das aulas

A planificação constitui uma etapa fundamental no processo de ensino e aprendizagem, permitindo ao professor estruturar, organizar e refletir sobre a sua prática pedagógica (Duarte & Moreira, 2019). Na elaboração da planificação, definem-se os objetivos científicos e pedagógicos, organizam-se os conteúdos, selecionam-se as estratégias de ensino e preparam-se os recursos didáticos, bem como antecipam-se os diferentes momentos da aula. Este processo possibilita uma intervenção intencional e fundamentada, favorecendo a escolha de metodologias adequadas e de instrumentos de avaliação coerentes com os objetivos definidos (Contreras et al., 2020).

Para além da sua função organizadora, a planificação assume também um papel reflexivo, permitindo ao professor ajustar a sua prática às características da turma e às necessidades dos alunos, promovendo um ambiente de aprendizagem estruturado e ativo (Farhang et al., 2023). Neste sentido, a planificação não deve ser encarada como um procedimento rígido, mas como um processo dinâmico e flexível, passível de reformulação ao longo da intervenção pedagógica, em função da observação contínua e da reflexão sobre a prática (Barroso, 2013).

No âmbito do presente Projeto de Investigação-Intervenção, foi concebida uma Sequência Didática (SD) “Compreender sismos através de modelos”, centrada no ensino da sismologia, com recurso a modelos, tendo em consideração as características da turma, o contexto educativo e os conteúdos a lecionar (Apêndice 13). Esta proposta encontra-se alinhada com as Aprendizagens Essenciais do 10.º ano e com as competências definidas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO), conforme apresentado na Tabela 2.

Contextualização curricular Domínio: Estrutura e dinâmica da geosfera	
Aprendizagens Essenciais Transversais	
- Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes. - Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).	(DGE, 2018, p. 4)
Aprendizagens Essenciais Específicas	
- Caracterizar as ondas sísmicas (longitudinais, transversais e superficiais) quanto à origem, forma de propagação, efeitos e registo. - Usar a teoria da Tectónica de Placas para analisar dados de vulcanismo e sismicidade em Portugal e no planeta Terra, relacionando-a com prevenção de riscos geológicos.	(DGE, 2018, pp. 6-7)
Competências do PASEO	
- Raciocínio e resolução de problemas - Saber científico, técnico e tecnológico - Relacionamento interpessoal	(PASEO, 2017, p. 11)

Tabela 2- Contextualização curricular

A SD foi estruturada em cinco aulas, integrando momentos de avaliação diagnóstica, exploração conceptual, utilização de modelos, e avaliação final, com o objetivo de promover uma compreensão progressiva dos fenómenos sísmicos (Tabela 3).

A metodologia de EOAM orientou toda a SD, estruturando a abordagem dos conteúdos e promovendo a construção ativa do conhecimento pelos alunos. As atividades foram concebidas de forma a envolver os alunos na exploração, manipulação e interpretação de modelos, favorecendo a visualização de processos abstratos, a formulação de hipóteses e a construção de explicações fundamentadas. Esta metodologia permitiu articular momentos de diagnóstico, experimentação, análise e sistematização, contribuindo para o desenvolvimento do raciocínio científico e para a superação de conceções alternativas.

Ao longo da SD, a professora estagiária assumiu o papel de facilitadora do processo de aprendizagem, orientando os alunos, promovendo o questionamento e apoiando a construção do conhecimento. A intervenção procurou, assim, criar condições para uma aprendizagem ativa e contextualizada, em consonância com as orientações das Aprendizagens Essenciais e com as competências preconizadas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória.

Aulas	Duração	Objetivos de aprendizagem	Breve descrição da aula	Recursos Didáticos	Dados recolhidos
Aula 1	50 minutos	- Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre sismos e ondas sísmicas; - Reconhecer conceções alternativas relativas aos fenómenos sísmicos	- Realização da ficha de diagnóstico: Pré-teste; - Formação dos grupos de trabalho;	- Ficha de diagnóstico (Apêndice 4)	-Respostas dos alunos à ficha de diagnóstico (Anexo 1)
Aula 2	100 minutos	- Despertar o interesse dos alunos; - Relacionar os efeitos dos sismos com a intensidade sísmica.	- Saída de campo virtual: Terramoto de Lisboa 1755; - Preenchimento do guião de campo;	- Saída de campo virtual (Apêndice 5) - Guião de campo (Apêndice 6)	-Respostas dos alunos à saída de campo (Anexo 2)
Aula 3	50 minutos	- Distinguir diferentes tipos de ondas sísmicas e as suas características.	- Atividade com mini-modelos (Mola e Onda humana); - Preenchimento do guião prático;	- Mola - Guião prático (Apêndice 7)	-Respostas dos alunos à ficha (Anexo 3)
Aula 4	150 minutos (50+50+50)	- Explorar os efeitos das vibrações sísmicas em diferentes estruturas; - Compreender a influência dos materiais e da estrutura das construções na resistência sísmica	- Exploração da mesa sísmica; - Realização do V de Gowin;	- Mesa sísmica - Guião prático (Apêndice 11) - Objetos de construção: palitos, plasticina, blocos de íman	-V de Gowin preenchidos pelos alunos (Anexo 4) -Grelha de observação preenchida (Apêndice 8)
Aula 5	50 minutos	- Avaliar as aprendizagens desenvolvidas ao longo da sequência didática	- Realização da ficha de aferição de conhecimentos: Pós-teste; - Preenchimento do questionário	- Ficha de aferição de conhecimentos (Apêndice 4) - Questionário (Apêndice 9)	-Respostas dos alunos à ficha de aferição de conhecimentos (Anexo 5) -Respostas dos alunos ao questionário (Anexo 6)

Tabela 3 - Planificação da Sequência Didática “Compreender sismos através de modelos”

3.3. Caracterização das aulas

Neste ponto, serão descritas as atividades desenvolvidas em cada uma das aulas que constituíram a sequência didática implementada no âmbito da presente investigação. A sequência foi planeada de forma articulada, procurando promover uma compreensão progressiva dos fenómenos sísmicos através da utilização de diferentes estratégias de ensino.

3.3.1. Aula 1: realização do pré-teste

A Aula 1 decorreu no dia 4 de março de 2026, numa sessão de 50 minutos, com a totalidade da turma. Esta aula teve como principal objetivo recolher informação sobre os conhecimentos prévios e as conceções alternativas dos alunos relativamente à origem dos sismos, à caracterização das ondas sísmicas e às escalas de avaliação sísmica. Para além da sua função diagnóstica, o pré-teste constituiu um importante instrumento de recolha de dados para a investigação, permitindo posteriormente comparar os resultados obtidos antes e após a implementação da sequência didática e avaliar a evolução das aprendizagens dos alunos.

Numa primeira fase, foi aplicado individualmente um pré-teste (ficha diagnóstica), constituído por itens de escolha múltipla, verdadeiro/falso e de resposta aberta, com o objetivo de avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre os fenómenos sísmicos (Apêndice 4). Os instrumentos preenchidos individualmente pelos alunos no início da SD podem ser consultados no Anexo 1.

Numa segunda fase, procedeu-se à constituição dos grupos de trabalho para as aulas subsequentes. A constituição dos grupos foi definida pela professora estagiária (PE), tendo em consideração a dinâmica relacional da turma, nomeadamente a existência de conflitos entre alguns alunos. Esta opção teve como objetivo promover um ambiente de trabalho seguro e equilibrado, favorecendo a cooperação e a heterogeneidade entre os grupos.

3.3.2. Aula 2: saída de campo virtual ao Terramoto de Lisboa de 1755

A Aula 2 decorreu no dia 5 de março de 2026, numa sessão de 100 minutos, com a totalidade da turma, e foi dedicada à realização de uma saída de campo virtual sobre o Terramoto de Lisboa de 1755 (Apêndice 5), com o apoio de um guião de exploração da saída de campo (Apêndice 6).

A atividade consistiu na exploração orientada de recursos digitais multimédia, incluindo reconstruções digitais, imagens históricas, mapas interativos e simulações do Terramoto de Lisboa, disponibilizados na plataforma “ThingLink”¹, o que permitiu aos alunos observar virtualmente os impactos do evento na cidade (Figura 3).

A atividade teve como objetivos: (i) contextualizar historicamente o Terramoto de 1755; (ii) promover a compreensão dos seus impactos sociais e urbanos; (iii) estimular a análise crítica através de uma exploração orientada; e (iv) introduzir conceitos de sismologia e engenharia sísmica de forma contextualizada.

A saída de campo foi realizada em conjunto pela turma e projetada no quadro interativo. Duas alunas ficaram responsáveis pela navegação no computador da sala, enquanto os demais alunos realizavam a leitura das indicações ao longo da atividade.

Durante a exploração, e uma vez que a saída de campo incluía códigos QR associados a diferentes pontos da visita, os alunos também tiveram oportunidade de aceder individualmente a alguns conteúdos através dos seus dispositivos móveis.



Figura 3 - Alunos durante a saída de campo virtual

A atividade foi desenvolvida em trabalho colaborativo, recorrendo a um guião de exploração estruturado em três fases do fenómeno sísmico - antes, durante e após o terramoto - o que orientou a análise dos efeitos na cidade de Lisboa, nas populações e nas respostas de reconstrução (Apêndice 6).

Foi ainda dado especial destaque às medidas de reconstrução implementadas pelo Marquês de Pombal, nomeadamente a introdução da “gaiola pombalina”, associada ao desenvolvimento precoce de soluções estruturais anti-sísmicas. Neste contexto, foi

¹ Link para a saída de campo virtual: <https://www.thinglink.com/view/scene/2047762695238714021>

explorado um dispositivo experimental rudimentar, frequentemente associado às primeiras mesas sísmicas, no qual a simulação de vibrações por meio da marcha de soldados permitiu observar o comportamento de modelos de edifícios.

Adicionalmente, foi abordada a realização de inquéritos à população após o terramoto, interpretados como um antecedente das atuais escalas de intensidade sísmica, evidenciando a importância da recolha de dados na análise dos efeitos dos sismos.

Os instrumentos preenchidos individualmente pelos alunos na aula 2 podem ser consultados no Anexo 2.

Esta aula teve, assim, como finalidade criar uma base conceptual e motivacional sólida para as atividades subsequentes da sequência didática, centradas na modelação e experimentação de fenómenos sísmicos. Assim, embora não envolva deslocação física, esta estratégia permitiu recriar a observação direta de fenómenos e estruturas, constituindo uma alternativa eficaz às saídas de campo presenciais, ao ultrapassar limitações logísticas e financeiras sem comprometer a dimensão exploratória da experiência (Çaliskan, 2011). Esta estratégia, enquadrada nas perspetivas socio-construtivistas, visou favorecer a construção partilhada do conhecimento, promovendo a discussão, a negociação de significados e a compreensão aprofundada dos conteúdos (Fischer et al., 2002).

3.3.3. Aula 3: “Mini-modelos” sobre mecanismos de propagação de ondas sísmicas

A Aula 3 decorreu no dia 6 de março de 2026, numa sessão de 50 minutos, e foi dedicada à caracterização das ondas sísmicas, recorrendo à exploração didática de “mini-modelos” curriculares, adaptados de atividades do projeto *Earthlearningidea* (Earthlearningidea Team, 2010), como recurso de apoio à aprendizagem. A aula teve como objetivo consolidar os conhecimentos sobre os mecanismos de propagação das ondas sísmicas, promovendo a visualização de processos abstratos e facilitando a compreensão conceptual.

Numa primeira fase, foram retomados e sistematizados os conceitos relativos às ondas sísmicas P e S, nomeadamente o movimento das partículas e a direção de propagação da energia. Para esse efeito, foi utilizada uma mola (*slinky*), como se pode observar na Figura 4, permitindo representar visualmente as ondas P por meio de movimentos de compressão e dilatação e as ondas S por meio de movimentos transversais, facilitando a observação direta da propagação das ondas sísmicas (Braile, 2017).

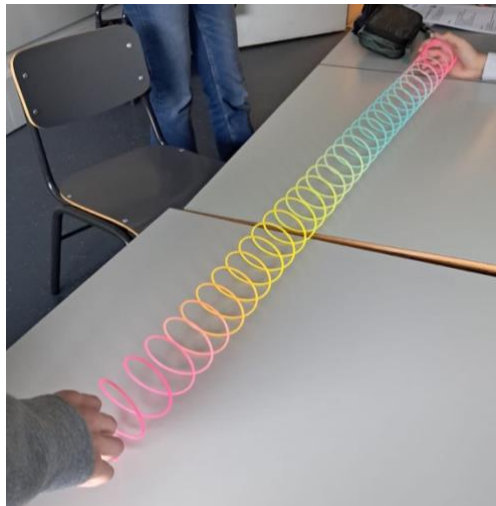


Figura 4 - Utilização de uma mola para simular a propagação das ondas

A utilização de molas (*slinky*) constituiu um recurso eficaz para representar a propagação das ondas sísmicas, permitindo visualizar as diferenças entre as ondas P e as ondas S, bem como compreender a relação entre o foco sísmico e o epicentro (Berenguer, 2018).

Numa segunda fase, foi explorada a propagação das ondas sísmicas em diferentes meios, recorrendo à atividade da “onda humana” (Figura 5), que permitiu aos alunos simular o comportamento das partículas em meios sólidos e líquidos e compreender por que as ondas S não se propagam em meios líquidos, ao contrário das ondas P.



Figura 5 - Simulação da onda sísmica humana

A onda humana permitiu que os alunos representassem fisicamente o comportamento das partículas durante a propagação das ondas sísmicas, favorecendo a compreensão da diferença entre o movimento das partículas e a propagação da energia, bem como das características distintivas das ondas P e S (IRIS, s.d.).

A utilização de modelos como a mola e a simulação de uma onda sísmica humana, permitiu aos alunos visualizar concretamente a diferença entre ondas longitudinais e transversais, facilitando a compreensão do comportamento das ondas sísmicas P e S. A Tabela 4 apresenta a correspondência entre conceitos fundamentais relativos às ondas sísmicas e os modelos didáticos utilizados (mola e simulação humana), com o objetivo de facilitar a compreensão dos alunos por meio de representações físicas e colaborativas.

Conceito científico	Descrição	Modelo da mola	Simulação de onda sísmica humana
Ondas sísmicas P (primárias)	Ondas longitudinais	Compressões e rarefações ao longo da mola, com movimento paralelo à propagação.	Os alunos aproximam-se e afastam-se sucessivamente na direção de propagação da onda, formando zonas de compressão e rarefação.
Ondas sísmicas S (secundárias)	Ondas transversais	Oscilação perpendicular da mola em relação à direção de propagação.	Alunos realizam movimentos laterais enquanto a energia se propaga longitudinalmente no grupo.
Movimento das partículas	Deslocamento local do meio durante a passagem da onda	Partículas da mola oscilam em torno da posição de equilíbrio	Cada aluno representa uma partícula que oscila sem se deslocar com a onda.
Direção de propagação da energia	Sentido de transmissão da energia sísmica	Propagação ao longo do eixo da mola	Propagação ao longo da sequência de alunos.
Natureza da onda	Tipo de vibração mecânica	Permite distinguir ondas longitudinais (P) e transversais (S).	Permite observar diferenças comportamentais entre ondas P e S em meios líquidos e sólidos.

Tabela 4 - Relação entre conceitos de ondas sísmicas e os modelos didáticos utilizados (mola e simulação humana)

Como referem Gilbert e Boulter (2000), os modelos científicos são representações parciais que evidenciam determinados aspetos dos fenómenos, sendo importante reconhecer as suas limitações para uma compreensão mais adequada dos conceitos científicos. Assim, embora úteis para a compreensão dos fenómenos sísmicos, a simulação humana e o modelo da mola constituíram representações simplificadas da realidade, não reproduzindo integralmente a propagação tridimensional das ondas no interior da Terra nem as diferenças de velocidade entre as ondas P e S.

Neste contexto, ao final da aula, adotou-se uma abordagem mais expositiva, com o objetivo de consolidar os conteúdos desenvolvidos ao longo da sessão. Para tal, foram abordados temas relacionados com a origem dos sismos e a propagação das diferentes ondas sísmicas, recorrendo a uma apresentação multimédia (Apêndice 10).

3.3.4. Aula 4: Mesa sísmica com mecanismo de propagação das ondas sísmicas S

A Aula 4 decorreu no dia 10 de março de 2026, numa sessão de 150 minutos, em regime de turnos. Esta aula foi dedicada à exploração experimental do modelo curricular de mesa sísmica designado “Simulador de sismos”. O modelo representa aspetos específicos do fenómeno sísmico e foi construído pela autora deste relatório de estágio, com a colaboração do professor cooperante (PC) da escola onde se realizou a PES (Figura 6).



Figura 6 - Simulador de sismos

Trata-se de um modelo curricular, análogo às vibrações sísmicas, através de movimentos transversais por meio do deslocamento lateral de uma mesa que desliza sobre calhas, acionada por um motor com diferentes intensidades ²(Apêndice 12).

Importa salientar que este modelo constitui uma analogia didática destinada a representar o movimento transversal característico das ondas S. No entanto, os danos observados nas estruturas durante um sismo real resultam predominantemente da ação das ondas superficiais (Love e Rayleigh). Assim, esta simplificação foi explicitada aos alunos durante a atividade, de forma a evitar interpretações incorretas acerca do fenómeno representado.

Esta simplificação, pedagogicamente intencional, permitiu concentrar a atenção dos alunos nos efeitos das vibrações laterais sobre as estruturas, funcionando ainda como

² Link para vídeo do funcionamento da mesa sísmica: <https://youtube.com/shorts/db8XRb-4oRk?feature=share>

uma analogia didática ao aumento da magnitude sísmica (Vasconcelos et al., 2015; Vasconcelos & Torres, 2015).

A mesa sísmica constituiu um modelo físico dinâmico concebido para simular, de forma simplificada, os efeitos das ondas sísmicas sobre estruturas construídas. Este dispositivo permite reproduzir movimentos horizontais oscilatórios, análogos à propagação de ondas sísmicas do tipo S, possibilitando a observação direta das respostas das estruturas a diferentes intensidades de vibração (Figura 7).

O sistema é composto por uma cambota e biela (1), responsáveis pela conversão do movimento rotativo em movimento alternado; uma plataforma móvel (2), onde são colocados os modelos a testar; calhas de translação linear (3), que orientam o movimento da plataforma; um resguardo de segurança (4), que protege os alunos de colocarem as mãos; um motor elétrico (5), responsável pela geração do movimento; e uma fonte de alimentação e controlador (6), que permitem regular o funcionamento do equipamento.

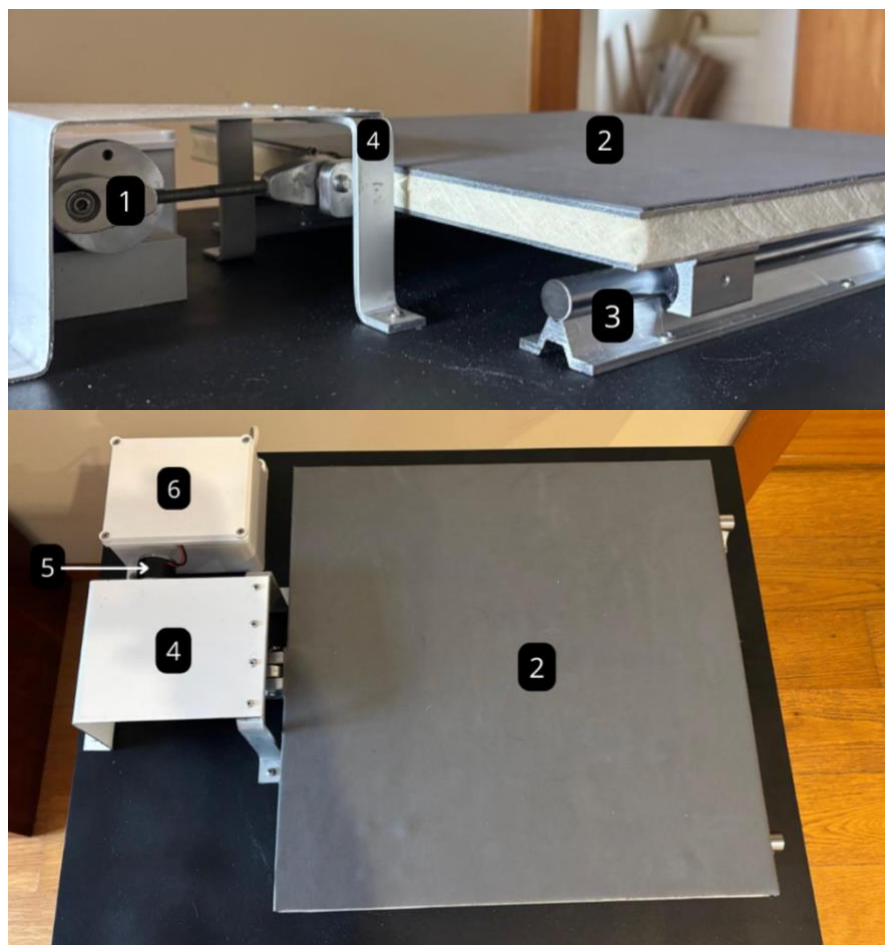


Figura 7 - Simulador de sismos legendado: (1) Cambota e biela; (2) Plataforma; (3) Calhas de translação linear; (4) Resguardo de segurança; (5) Motor; (6) Fonte de alimentação e controlador

Num primeiro momento, os alunos exploraram, em grupo, com a ajuda do guião de exploração (Apêndice 11), a mesa sísmica, com o objetivo de identificar o tipo de onda representado e compreender o funcionamento do modelo, com vista a reconhecer a relação entre a intensidade das vibrações e a energia libertada pelo sismo.

Num segundo momento, os alunos, organizados em grupos, construíram diferentes estruturas com materiais fornecidos (blocos de íman, blocos de madeira, palitos e plasticina) e com diferentes dimensões (altas e baixas), que foram posteriormente testadas na mesa sísmica³ (Figura 8).



Figura 8 - Utilização do simulador para testar construções

A observação do comportamento das construções pelos alunos permitiu discutir o conceito de intensidade sísmica por meio da análise dos danos observados, distinguindo-o do conceito de magnitude.

Ao longo da atividade, os alunos registaram sistematicamente as observações e, com base nesses registos, iniciaram a construção de um V de Gowin, com o objetivo de organizar e articular os conceitos teóricos, os procedimentos experimentais e as conclusões obtidas (Figura 9). Através desta atividade, pretendia-se que os alunos reconhecessem que as características estruturais dos edifícios influenciam a sua resistência aos sismos, verificando que estruturas mais altas e rígidas tendem a apresentar maior instabilidade perante as vibrações, enquanto estruturas mais baixas e flexíveis revelam, geralmente, maior estabilidade. Os instrumentos preenchidos individualmente pelos alunos na aula 4 podem ser consultados no Anexo 4.

³ Link para vídeo da aula 4: <https://youtu.be/AS49VrQ7jtM>

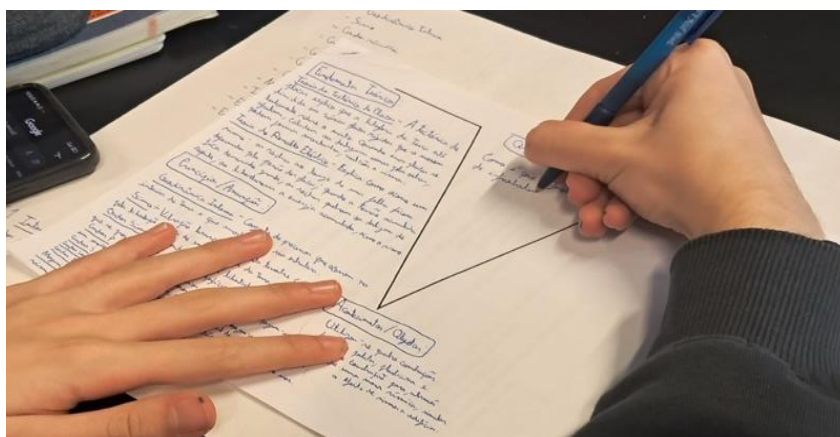


Figura 9 - Construção do V de Gowin

3.3.5. Aula 5: Pós-teste

A Aula 5 correspondeu ao encerramento da SD e decorreu no dia 11 de março de 2026, numa sessão de 50 minutos, com a participação de toda a turma. Esta aula teve como principal finalidade avaliar as aprendizagens desenvolvidas ao longo da SD. Pretendeu, ainda, promover um momento de reflexão final sobre as estratégias empregadas.

Numa primeira fase, os alunos responderam individualmente ao pós-teste (Apêndice 4). A aplicação deste instrumento possibilitou a comparação direta dos resultados, permitindo analisar a evolução das aprendizagens dos alunos, em particular, na desconstrução das conceções alternativas (CA) relacionadas com a origem dos sismos e caracterização das ondas sísmicas, bem como na consolidação dos conceitos de magnitude⁴ e de intensidade sísmica⁵. Os instrumentos preenchidos individualmente pelos alunos na aula 5 podem ser consultados no Anexo 5.

Numa segunda fase da aula, realizou-se um momento de recolha de *feedback* e reflexão por meio da aplicação de um inquérito por *snapshot*. (Apêndice 9). Este teve como objetivo recolher as perceções dos alunos acerca da SD desenvolvida, nomeadamente quanto à utilização de modelos curriculares como estratégia de ensino. Os alunos foram convidados a partilhar opiniões sobre a clareza dos conteúdos abordados, a eficácia dos modelos utilizados na compreensão dos fenómenos sísmicos e sobre possíveis melhorias. Este momento foi realizado por meio de um formulário do *Google Forms*.

Este momento final de reflexão permitiu complementar a análise dos dados recolhidos e contribuir para uma análise crítica da prática pedagógica.

⁴ Medida quantitativa que expressa a energia total libertada no hipocentro (ou foco) durante um sismo

⁵ Medida qualitativa e descritiva da severidade dos efeitos provocados por um sismo num determinado local

4. Metodologias de investigação

O capítulo apresenta o enquadramento metodológico da investigação, incluindo o paradigma sociocrítico e o uso da Investigação-Ação. Descreve os instrumentos de recolha de dados e os procedimentos de análise, recorrendo a uma abordagem mista (estatística descritiva e análise de conteúdo), bem as normas éticas presentes no relatório de estágio.

4.1. Paradigma, natureza e plano de investigação

Esta investigação insere-se no paradigma sóciocrítico, caracterizando-se pela recolha sistemática de informação, com o objetivo de promover mudanças significativas na prática educativa, através de uma intervenção direta no contexto em que o problema emerge (Coutinho, 2013). Neste enquadramento, o investigador assume um papel ativo, procurando produzir conhecimento útil tanto para a sua própria prática profissional como para outros contextos educativos semelhantes.

A investigação apresenta natureza aplicada, qualitativa e interventiva, uma vez que se desenvolve em contexto educativo real e visa à melhoria das práticas pedagógicas por meio da reflexão sistemática sobre a ação. Este tipo de abordagem articula a produção de conhecimento com a transformação da realidade educativa, revelando-se particularmente adequada a estudos no domínio da Educação (Coutinho, 2013).

Neste sentido, foram adotados os princípios da Investigação-Ação (IA), por permitir articular investigação, intervenção e melhoria contínua das práticas pedagógicas. A IA tem-se afirmado como uma metodologia especialmente relevante no ensino das ciências, devido à sua natureza reflexiva, colaborativa e orientada à melhoria da prática, promovendo aprendizagens mais eficazes (Coutinho, 2013; Traqueia et al., 2019). Esta abordagem desenvolve-se de forma cíclica, frequentemente representada como uma espiral de planeamento, ação, observação e reflexão, permitindo o ajustamento contínuo das práticas implementadas (Coutinho, 2013).

A IA organiza-se em quatro momentos articulados (Figura 10) - planeamento, ação, observação e reflexão - que, em conjunto, constituem um processo cíclico e contínuo de aprendizagem e aperfeiçoamento da prática (Coutinho et al., 2009). Apesar de esta metodologia prever, idealmente, a realização de vários ciclos sucessivos, a duração da PES, limitada a um ano letivo, permitirá apenas a implementação de um ciclo completo,

desde a conceção e implementação da intervenção até à análise e reflexão dos resultados alcançados.

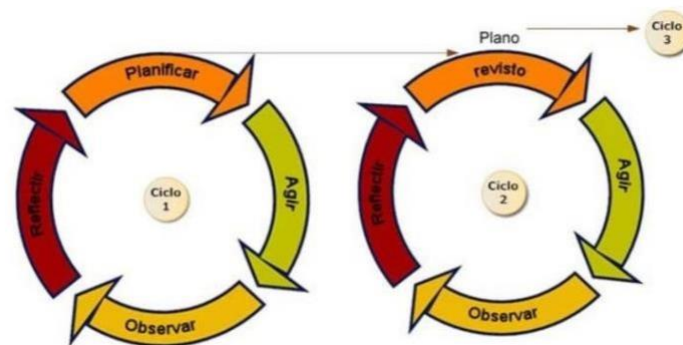


Figura 10 - Espiral de ciclos da I-A adaptado de Coutinho et al., 2009, p.366)

Num cenário que permitisse a realização de um ciclo adicional, seriam introduzidos ajustamentos decorrentes das dificuldades identificadas e das sugestões apresentadas pelos alunos, possibilitando a reformulação dos desafios da modelação, o aperfeiçoamento das orientações fornecidas e o reforço da interatividade da proposta (Coutinho et al., 2009; Traqueia et al., 2021). No âmbito desta investigação, apenas foi possível, tendo em conta o tempo disponível para a realização do projeto, a implementação de um ciclo de IA.

4.2. Recolha e análise de dados

A recolha de dados no presente estudo foi realizada por meio de recolha documental e de observação participante da professora investigadora (PI), de modo a permitir uma análise abrangente das aprendizagens dos alunos e da eficácia da intervenção pedagógica.

No âmbito da recolha documental, utilizaram-se como instrumentos a ficha de diagnóstico e de aferição de conhecimentos (pré-teste e pós-teste), a rubrica de avaliação do V de Gowin e um inquérito por *snapshot*. Quanto à observação participante, foram utilizadas grelhas de observação e o diário da professora investigadora. Estes instrumentos permitiram recolher dados de natureza quantitativa e qualitativa, nomeadamente as respostas dos alunos ao pré- e pós-teste, a rubrica de avaliação preenchida e as perceções dos alunos relativamente à sequência didática.

No que diz respeito à análise dos dados, recorreu-se à estatística descritiva para o tratamento dos resultados quantitativos e à análise de conteúdo para a interpretação

das respostas abertas e dos dados qualitativos. Esta combinação de técnicas permitiu uma compreensão mais aprofundada dos resultados obtidos (Tabela 5).

Recolha de dados		Análise de dados	
Técnica	Instrumento	Dados	Técnica
Recolha Documental	Ficha de diagnóstico e de aferição de conhecimentos (Pré-teste e Pós-teste)	Respostas dos alunos às fichas de diagnóstico e de aferição de conhecimentos	Análise de conteúdo
	Rúbrica de avaliação de V de Gowin	Rúbrica preenchida pela PI	
	Inquérito por Snapshot	Respostas	Análise descritiva
Observação participante	Diário da professora investigadora	Registos da PI	
	Grelha de Observação dos alunos	Registos da PI	

Tabela 5 - Técnicas, instrumentos de recolha e análise de dados

4.2.1. Ficha de diagnóstico e de aferição de conhecimentos (Pré- e Pós-teste)

Os testes cognitivos devem integrar diferentes tipos de questões, de modo a assegurar uma avaliação mais completa. Para tal, é importante combinar itens de resposta fechada - como escolha múltipla ou verdadeiro/falso - com questões de resposta aberta, que exigem um nível mais elevado de raciocínio por parte dos alunos. Esta diversidade de formatos permite uma avaliação mais abrangente, facilitando a análise e comparação das competências desenvolvidas pelos alunos ao longo do tempo (Cohen et al., 2017; Creswell & Guetterman, 2024; Gay et al., 2023).

Este instrumento (designado como pré- e pós-teste) foi elaborado com o objetivo de recolher informação sobre a evolução das aprendizagens dos alunos ao longo da SD. Neste sentido, foi elaborada uma ficha de diagnóstico e de aferição de conhecimentos (Apêndice 4), designada ficha de diagnóstico quando aplicada no início da SD, ou ficha de aferição de conhecimentos quando aplicada no final.

A Tabela 6 apresenta a distribuição das questões por conteúdos temáticos, permitindo identificar com maior precisão quais conhecimentos são avaliados em cada item, tendo como referência as AE definidas no âmbito da SD. Esta distinção facilita a articulação entre os dados obtidos e os objetivos de aprendizagem definidos para a SD.

Tipologia das questões	Questão	Conteúdos
Fechada	1.1	Origem dos sismos
	1.2	Caracterização das ondas sísmicas
	1.3	
	1.4	Escala de avaliação sísmica
	1.5	
	2.1	Origem dos sismos
	2.2	Caracterização das ondas sísmicas
	2.3	Escala de avaliação sísmica
	2.4	Construções antissísmicas
Aberta	3.1	Origem dos sismos
	3.2	Caracterização das ondas sísmicas
	3.3	Escala de avaliação sísmica
	3.4	Construções antissísmicas
	3.5	Caracterização das ondas sísmicas
	3.6	

Tabela 6 - Distribuição das questões por conteúdos temáticos

4.2.2. Inquérito por *snapshot*

O inquérito por *snapshot* (Apêndice 9) foi aplicado no final da SD, logo após a realização do pós-teste. Este inquérito foi composto por quatro itens em escala de *Likert* e por duas questões abertas. Os quatro itens de *Likert*, com cinco níveis de concordância, avaliaram: 1) o conforto dos alunos na utilização da mesa sísmica; 2) o impacto do modelo na motivação; 3) o interesse pelos conteúdos; 4) a receptividade a atividades semelhantes no futuro. As questões abertas permitiram aos alunos refletir sobre diferentes aspetos da experiência, como as dificuldades enfrentadas, os aspetos de maior interesse e sugestões de melhoria. As respostas (Anexo 6) foram, posteriormente, analisadas de forma qualitativa e quantitativa.

4.2.3. Rúbrica de avaliação dos V de Gowin

A rúbrica de avaliação (Tabela 7) teve como objetivo orientar e sistematizar a análise dos V de Gowin produzidos pelos alunos no final da sequência didática (Anexo 4). A rúbrica foi construída *a priori*, ou seja, antes da implementação da SD, com base nos objetivos de aprendizagem definidos e nos elementos estruturantes do V de Gowin. Esta

definição prévia permitiu alinhar os critérios de avaliação às competências a desenvolver, garantindo coerência entre o ensino, a aprendizagem e a avaliação.

O instrumento apresenta uma estrutura analítica, organizada em diferentes critérios, nomeadamente: questão central, fundamentos teóricos, princípios/assunções, conceitos, juízos de valor, juízos cognitivos, transformações, registos e observações, e acontecimentos/objetos. Para cada critério, foram definidos cinco níveis de desempenho (Muito Bom, Bom, Suficiente, Fraco e Insuficiente), acompanhados de descritores claros e específicos, que permitem distinguir o grau de domínio evidenciado pelos alunos.

Critérios	Muito Bom 5	Bom 4	Suficiente 3	Fraco 2	Insuficiente 1
Questão central	Clara, bem formulada e totalmente relacionada com a atividade	Nível intermédio	Pouco clara ou incompleta	Nível intermédio	Ausente ou incorreta
Fundamentos teóricos	Integra corretamente conceitos científicos relevantes		Conceitos incompletos ou com imprecisões		Ausentes ou incorretos
Princípios/ Assunções	Estabelece relações corretas com princípios científicos		Relações superficiais		Não estabelece relações
Conceitos	Identifica corretamente os conceitos essenciais		Identifica poucos conceitos ou com erros		Não identifica conceitos relevantes
Juízos de valor	Reflete criticamente sobre a atividade e a sua importância		Reflexão pouco desenvolvida		Ausente
Juízos cognitivos	Interpreta corretamente os resultados e justifica conclusões		Interpretação limitada		Não interpreta os resultados
Transformações	Organiza e interpreta dados de forma clara e correta		Organização pouco clara		Não organiza nem interpreta dados
Registos e observações	Registos completos, rigorosos e bem apresentados		Registos incompletos		Ausentes ou incorretos
Acontecimentos /Objetos	Identifica corretamente os elementos observados na atividade		Identificação incompleta ou com erros		Não identifica corretamente

Tabela 7 - Rúbrica de avaliação para o V de Gowin

A utilização desta rúbrica revelou-se fundamental na avaliação dos V de Gowin, pois possibilitou uma análise detalhada das produções dos alunos, indo além de uma mera apreciação global. Assim, tornou-se possível identificar não apenas os conhecimentos desenvolvidos, mas também a capacidade de estabelecer relações entre conceitos, interpretar resultados e refletir criticamente sobre a atividade realizada.

Para além da sua função avaliativa, a rúbrica constituiu um instrumento de apoio à aprendizagem, na medida em que tornou explícitos os critérios de sucesso e pôde orientar os alunos na construção dos seus V de Gowin. Deste modo, promoveu-se uma maior consciência dos processos de aprendizagem e uma participação mais ativa dos alunos na construção do conhecimento.

Esta opção encontra suporte na perspetiva de Fernandes (2008), que defende uma avaliação integrada nos processos de ensino e aprendizagem, assente em critérios claros e na recolha sistemática de informação que permita sustentar a tomada de decisões e a regulação das aprendizagens.

Em suma, a rúbrica de avaliação assumiu um papel importante nesta investigação, contribuindo para uma avaliação mais objetiva, estruturada e alinhada aos objetivos da sequência didática. Desta forma, a sua utilização permitiu operacionalizar, de forma sistemática e consistente, os critérios de análise do desempenho dos alunos, possibilitando a obtenção de informação estruturada sobre as aprendizagens desenvolvidas. A rúbrica preenchida (Apêndice 14) foi, posteriormente, analisada de forma qualitativa e quantitativa.

4.2.4. Grelha de observação dos alunos

Complementarmente, foi utilizada uma grelha de observação específica (Tabela 8) durante a atividade de construção e exploração do modelo físico, elaborada *a priori* com base nos objetivos da intervenção. Esta grelha permitiu analisar aspetos como o trabalho colaborativo entre os alunos, o grau de participação demonstrado na realização das tarefas, o cumprimento dos requisitos de construção definidos e a capacidade de estabelecer relações entre o modelo desenvolvido e os conteúdos científicos abordados.

A utilização da grelha de observação possibilitou a recolha sistemática de evidências sobre o envolvimento dos alunos e a mobilização de conhecimentos e competências durante a atividade, contribuindo para uma análise mais abrangente do impacto pedagógico da intervenção (Coutinho, 2013; Traqueia et al., 2021).

	Participa ativamente no trabalho de grupo	Coopera com os colegas	Cumprir os requisitos na construção de edifícios	Relaciona o modelo com os conteúdos científicos
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Tabela 8 - Grelha de observação para a utilização do modelo

4.2.5 Diário da professora investigadora

Este instrumento consistiu no registo sistemático das observações, reflexões e decisões pedagógicas realizadas pela professora investigadora ao longo da implementação da sequência didática. Após cada sessão, foram registadas notas relativas ao envolvimento dos alunos, às dificuldades identificadas, às potencialidades das estratégias utilizadas e a eventuais ajustamentos a realizar nas aulas seguintes.

O diário permitiu acompanhar a evolução da implementação da SD, constituindo um importante instrumento de reflexão sobre a prática pedagógica e sobre o impacto das atividades desenvolvidas nas aprendizagens dos alunos (Tabela 9). Para além disso, possibilitou o registo de situações relevantes observadas durante as aulas, nomeadamente dúvidas frequentes dos alunos, conceções alternativas identificadas, níveis de participação e aspetos relacionados com a gestão da aula.

Data	Atividade	Reflexão da professora-investigadora
04/03/2026	Pré-teste	“Os alunos tentaram copiar várias vezes, tendo de chamar a atenção para não o fazerem, de modo a obter resultados 100% reais. O facto de tentarem copiar refletiu a insegurança nos conteúdos antes da SD.”
05/03/2026	Saída de campo virtual	“Os alunos estiveram envolvidos durante toda a aula, assim, penso que o contexto histórico do Terramoto de Lisboa com o formato da saída de campo virtual foi motivador e facilitou a contextualização dos conteúdos”
06/03/2026	Mini-modelos	“Depois de usarem a mola e fazerem a atividade da onda humana reparei que todos os conceitos relacionados com as ondas sísmicas começaram a fazer mais sentido para os alunos, não tendo dificuldades a responder à ficha.”
10/03/2026	Mesa sísmica	“Houve muita participação de todos os alunos, todos ficaram dentro do laboratório mesmo depois do sino tocar para sair. Todos quiseram fazer mais construções e colocar na mesa sísmica para observar os efeitos. Todos os elementos dos grupos colaboraram durante a atividade.”
11/03/2026	Pós-teste	“Notei logo uma diferença enorme para o pré-teste que foi o silêncio e a concentração de todos, ninguém tentou copiar e todos deram o seu melhor aplicando os conhecimentos que construíram ao longo da SD.”

Tabela 9 - Registos da PI

4.3. Normas éticas

A presente investigação respeitou os princípios éticos que orientam a investigação em Ciências Sociais e assumiu particular relevância por envolver participantes menores de idade. Para o efeito, foram obtidos os consentimentos informados dos Encarregados de Educação (Anexo 8), bem como o assentimento dos alunos (Anexo 9), assegurando a participação voluntária, o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos.

Os instrumentos de recolha de dados foram aplicados em contexto de sala de aula, e a análise das respostas foi realizada exclusivamente após a autorização dos participantes e dos respetivos representantes legais.

Com vista a garantir o cumprimento das normas éticas e deontológicas, foi solicitado parecer à Comissão de Ética da FCUP, que o prestou favorável (Proc. CE2025/p642708) (Anexo 7).

Os dados recolhidos foram utilizados unicamente para fins de investigação, nomeadamente para analisar a eficácia da intervenção pedagógica e o impacto do recurso educativo nas aprendizagens dos alunos, sem qualquer influência na avaliação formal dos discentes.

5. Resultados e Discussão

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos a partir da recolha de dados realizada ao longo da SD. Inicialmente, será realizada uma análise dos resultados gerais do pré-teste e do pós-teste, bem como das questões por tema, identificando onde houve maior ou menor evolução. De seguida, realiza-se uma análise das avaliações do V de Gowin com base na rubrica de avaliação, bem como uma análise da grelha de observação preenchida. Será, também, realizada a análise (tanto descritiva quanto de conteúdo) do inquérito por *snapshot*, aplicada no final da SD. No final será feita a discussão dos resultados

5.1. Resultados do pré e do pós-teste

Nesta secção, apresentam-se os resultados obtidos a partir das respostas dos alunos ao pré-teste e ao pós-teste, aplicados, respetivamente, antes e após a implementação da sequência didática (SD). As respostas dos alunos foram analisadas e classificadas com base em critérios previamente definidos, expressas numa escala percentual de 0 a 100. A apresentação e discussão centram-se no progresso evidenciado ao longo do processo de ensino e aprendizagem, tendo como referência as Aprendizagens Essenciais (DGE, 2018, p. 6-7). Os dados quantitativos foram analisados recorrendo à estatística descritiva, através do *software IBM SPSS Statistics* (versão 30), com cálculo de medidas de tendência central e dispersão. Atendendo ao carácter exploratório da investigação e aos objetivos do estudo, não foram aplicados testes estatísticos inferenciais.

A análise global dos resultados dos pré- e pós-testes evidencia uma evolução no desempenho dos alunos. Verificou-se um aumento da pontuação média, que passou de 37,2% no pré-teste para 88,5% no pós-teste, o que corresponde a uma evolução de 51,3%. Este resultado evidencia uma melhoria do desempenho dos alunos entre o pré-teste e o pós-teste (Tabela 10). Contudo, atendendo ao desenho metodológico do estudo (pré-teste/pós-teste de grupo único), esta evolução deve ser interpretada com prudência, não sendo possível atribuí-la exclusivamente à sequência didática implementada.

Parâmetros	Pré-teste	Pós-teste	Evolução
Média	37,2%	88,5%	51,3%
Desvio Padrão	15,8%	15,5%	-0,3%
Mínimo	17%	33%	16%
Máximo	65%	100%	35%

Tabela 10 - Resultados gerais do pré-teste e pós-teste

Relativamente ao desvio padrão, observa-se uma ligeira diminuição, de 15,8% para 15,5%, o que sugere maior homogeneidade dos resultados no pós-teste e indica que os alunos passaram a apresentar desempenhos mais consistentes entre si.

No que diz respeito aos valores mínimos, registou-se um aumento de 17% para 33%, evidenciando que mesmo os alunos com piores desempenhos no pré-teste melhoraram no pós-teste. De igual forma, o valor máximo evoluiu de 65% para 100%, o que indica que alguns alunos atingiram a cotação total após a intervenção.

Globalmente, estes resultados evidenciam uma melhoria expressiva do desempenho médio dos alunos e uma evolução generalizada em todos os níveis de desempenho. No entanto, estes resultados devem ser interpretados à luz das limitações do desenho metodológico adotado, não permitindo estabelecer uma relação causal inequívoca entre a evolução observada e a intervenção pedagógica.

5.1.1. Questões relacionadas com a origem dos sismos

No que diz respeito às questões relacionadas com a origem dos sismos (Q1.1, Q2.1 e Q3.1), verificou-se uma evolução entre o pré- e o pós-teste, evidenciada pela análise das respostas com cotação igual a 0 e superior a 0 (Tabela 11).

Questões	Teste	Nº de respostas com cotação igual a 0		Nº de respostas com cotação superior a 0	
		n	%	n	%
Q1.1	Pré	14	63.6	8	36.4
	Pós	-	-	22	100
Q2.1	Pré	10	45.5	12	54.5
	Pós	7	31.8	15	68.2
Q3.1	Pré	11	50.0	11	50.0
	Pós	3	13.6	19	86.4

Tabela 11 - Análise das questões relacionadas com a origem dos sismos

De forma geral, no pré-teste, uma percentagem considerável de alunos apresentou respostas com cotação nula, nomeadamente 63,6% na Q1.1, 45,5% na Q2.1 e 50,0% na Q3.1, o que revela dificuldades na compreensão dos processos associados à origem dos sismos.

No pós-teste, observou-se uma diminuição das respostas com cotação igual a 0, sendo particularmente evidente na questão Q1.1, na qual se registou uma redução total destas respostas, passando para 0%, com 100% dos alunos a obterem cotação superior a 0. Nas restantes questões, verificou-se igualmente uma melhoria, com a

percentagem de respostas com cotação superior a 0 a aumentar para 68,2% na Q2.1 e 86,4% na Q3.1.

Estes resultados indicam uma evolução na compreensão dos alunos relativamente à origem dos sismos, refletindo uma maior capacidade de mobilizar conhecimentos sobre os processos geológicos envolvidos.

Destaca-se ainda a questão Q3.1, de resposta aberta, na qual se verificou um aumento expressivo das respostas com cotação superior a 0, o que evidencia uma melhoria na capacidade de explicação dos alunos.

5.1.2. Questões relacionadas com a caracterização das ondas sísmicas

No que diz respeito às questões relacionadas com a caracterização das diferentes ondas sísmicas (Q1.2, Q1.3, Q2.2, Q3.2, Q3.5 e Q3.6), verificou-se uma evolução entre o pré- e o pós-teste, evidenciada pela análise das respostas com cotação igual a 0 e superior a 0 (Tabela 12).

Questões	Teste	Nº de respostas com cotação igual a 0		Nº de respostas com cotação superior a 0	
		n	%	n	%
Q1.2	Pré	15	68.2	7	31.8
	Pós	1	4.5	21	95.5
Q1.3	Pré	17	77.3	5	22.7
	Pós	2	9.1	20	90.9
Q2.2	Pré	9	40.9	13	59.1
	Pós	1	4.5	21	95.5
Q3.2	Pré	14	63.6	8	36.4
	Pós	1	4.5	21	95.5
Q3.5	Pré	14	63.6	8	36.4
	Pós	1	4.5	21	95.5
Q3.6	Pré	20	90.0	2	9.1
	Pós	-	-	22	100

Tabela 12 - Análise das questões relacionadas com as características das ondas sísmicas

De forma geral, no pré-teste, uma percentagem considerável de alunos apresentou respostas com cotação nula, destacando-se valores elevados como 68,2% na questão Q1.2, 77,3% na Q1.3 e 90,0% na Q3.6, o que evidencia dificuldades na mobilização dos conhecimentos relativos às características das ondas sísmicas.

No entanto, no pós-teste, verificou-se uma redução muito acentuada das respostas com cotação igual a 0, situando-se, na maioria das questões, em valores residuais (entre 0% e 9,1%). Em simultâneo, observou-se um aumento expressivo da

percentagem de respostas com cotação superior a 0, atingindo valores muito elevados, como 95,5% nas questões Q1.2, Q2.2, Q3.2 e Q3.5, 90,9% na Q1.3 e 100% na Q3.6.

Destaca-se particularmente a questão Q3.6, na qual os alunos tinham de representar graficamente o sentido de vibração das partículas nas ondas sísmicas dos tipos P e S. No pré-teste, apenas 9,1% dos alunos obtiveram cotação superior a 0, evidenciando dificuldades significativas na compreensão deste conceito (Figura 11). No entanto, no pós-teste, verificou-se que 100% dos alunos responderam corretamente, o que revela uma evolução muito expressiva.

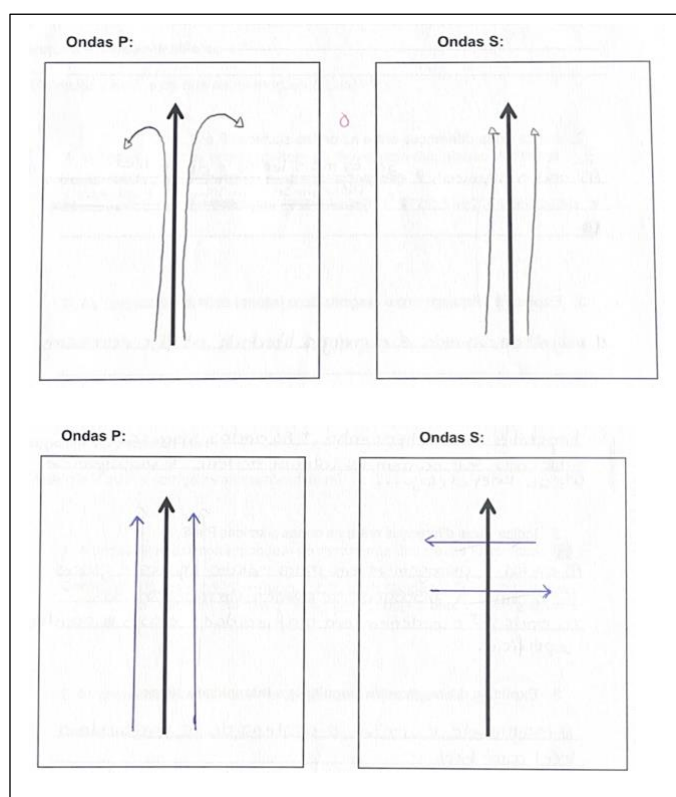


Figura 11 - Q3.6 Desenha em que sentido se propagam as ondas P e S, considerando a seta a direção do movimento; Resposta do A13 no pré-teste (em cima) e no pós-teste (em baixo)

Este resultado é particularmente relevante, uma vez que esta questão exigia não apenas o reconhecimento do conceito, mas também a sua aplicação através de uma representação gráfica, indicando uma compreensão mais aprofundada do fenómeno.

Estes resultados evidenciam que, após a intervenção pedagógica, a grande maioria dos alunos passou a conseguir responder corretamente às questões, indicando uma melhoria na compreensão das características das diferentes ondas sísmicas.

Esta evolução sugere não só uma maior capacidade de reconhecimento dos conceitos, como também uma melhor mobilização dos conhecimentos em diferentes tipos de questões, incluindo as que exigem respostas mais elaboradas.

Estes dados são consistentes com os resultados da análise das pontuações médias, reforçando a ideia de uma aprendizagem efetiva e generalizada neste domínio.

5.1.3. Questões relacionadas com as escalas de avaliação sísmica

No que diz respeito às questões relacionadas com as escalas de avaliação sísmica (Q1.4, Q1.5, Q2.3 e Q3.3), verificou-se uma evolução entre o pré- e o pós-teste, ainda que menos acentuada quando comparada com outros domínios (Tabela 13).

Questões	Teste	Nº de respostas com cotação igual a 0		Nº de respostas com cotação superior a 0	
		n	%	n	%
Q1.4	Pré	3	13.6	19	73.1
	Pós	1	4.5	21	95.5
Q1.5	Pré	2	9.1	20	90.9
	Pós	1	4.5	21	95.5
Q2.3	Pré	5	22.7	17	77.3
	Pós	1	4.5	21	95.5
Q3.3	Pré	7	31.8	15	68.2
	Pós	-	-	22	100

Tabela 13 - Análise das respostas relacionadas com as escalas de avaliação sísmica

De forma geral, no pré-teste, a maioria dos alunos já apresentava respostas com cotação superior a 0, com valores relativamente elevados, como 73,1% na Q1.4, 90,9% na Q1.5, 77,3% na Q2.3 e 68,2% na Q3.3, o que sugere a existência de conhecimentos prévios sobre o tema.

No pós-teste, observou-se uma redução das respostas com cotação igual a 0, atingindo valores residuais de 4,5% na maioria das questões. Em simultâneo, verificou-se um aumento da percentagem de respostas com cotação superior a 0, atingindo 95,5% nas questões Q1.4, Q1.5 e Q2.3, e 100% na Q3.3. Estes resultados indicam que, embora os alunos já possuíssem conhecimentos prévios sobre as escalas de avaliação sísmica, a intervenção pedagógica contribuiu para a sua consolidação e aprofundamento.

Destaca-se particularmente a questão Q3.3, que exigia uma resposta mais elaborada, na qual se verificou uma evolução até à totalidade das respostas com cotação superior a 0 no pós-teste, evidenciando uma melhoria na capacidade de aplicação e explicação

dos conceitos. Estes dados reforçam a ideia de uma evolução consistente dos alunos neste domínio, não só ao nível do reconhecimento dos conceitos, mas também da sua mobilização em contextos mais exigentes.

5.1.4. Questões relacionadas com as construções antissísmicas

No que diz respeito às questões relacionadas com as construções antissísmicas (Q2.4 e Q3.4), verificou-se uma evolução entre o pré- e o pós-teste, evidenciada pela análise das respostas com cotação igual a 0 e superior a 0 (Tabela 14).

Questões	Teste	Nº de respostas com cotação igual a 0		Nº de respostas com cotação superior a 0	
		n	%	n	%
Q2.4	Pré	11	50.0	11	50.0
	Pós	2	9.1	20	90.9
Q3.4	Pré	9	40.9	13	59.1
	Pós	1	4.5	21	95.5

Tabela 14 - Análise das respostas relacionadas com as construções antissísmicas

No pré-teste, os resultados revelam que os alunos apresentavam níveis de desempenho intermédios, com 50,0% de respostas com cotação superior a 0 na Q2.4 e 59,1% na Q3.4, o que sugere a existência de conhecimentos prévios, ainda que pouco estruturados, possivelmente associados a ideias de senso comum ou cultura geral.

No pós-teste, observou-se uma melhoria expressiva, com a percentagem de respostas com cotação superior a 0 a aumentar para 90,9% na Q2.4 e 95,5% na Q3.4, acompanhada por uma redução das respostas com cotação nula. Estes resultados indicam que a intervenção pedagógica contribuiu para a reorganização e consolidação dos modelos mentais dos alunos relativamente às construções antissísmicas, permitindo-lhes aplicar os conhecimentos adquiridos de forma mais adequada.

Destaca-se particularmente a questão Q3.4, de resposta aberta, na qual se verificou uma evolução, evidenciando uma melhoria na capacidade dos alunos de mobilizar e aplicar conhecimentos em contextos mais práticos e contextualizados.

Globalmente, estes dados sugerem que, para além da construção de novos conhecimentos, os alunos desenvolveram uma compreensão mais estruturada e funcional deste domínio, ultrapassando concepções iniciais baseadas sobretudo em noções de senso comum.

5.2. Resultados da rubrica de avaliação dos V de Gowin

A análise dos resultados obtidos através da aplicação do V de Gowin evidencia um desempenho global elevado por parte dos alunos, com a maioria dos parâmetros a apresentar classificações nos níveis superiores da rubrica (níveis 4 e 5) (Tabela 15).

Destacam-se particularmente os parâmetros “Questão central”, “Princípios” e “Juízos de valor”, nos quais todos os alunos atingiram o nível máximo, o que revela uma compreensão clara do problema em estudo e a capacidade de mobilizar adequadamente os conhecimentos.

Nos restantes parâmetros, como “Fundamentos teóricos”, “Juízos cognitivos”, “Transformações” e “Registos”, verificou-se também uma predominância de níveis elevados, ainda que com alguma variabilidade, o que indica pequenas diferenças no grau de aprofundamento das respostas.

O parâmetro “Conceitos” apresentou maior dispersão de resultados, sugerindo que alguns alunos ainda evidenciam dificuldades na identificação e na utilização rigorosa dos conceitos científicos.

Globalmente, os resultados indicam que os grupos conseguiram estruturar o conhecimento de forma coerente, articulando os diferentes elementos do V de Gowin e evidenciando uma compreensão sólida do processo científico.

Parâmetro	Nível segundo rubrica										Méd.	D.P	Min.	Máx.
	1		2		3		4		5					
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%				
Q. central	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	100	5	0,0	5	5
F. teóricos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	33,3	4	66,7	4,7	0,5	4	5
Princípios	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	100	5	0,0	6	5
Conceitos	1	16,6	0	0,0	0	0,0	1	16,6	4	66,7	4,2	1,5	1	5
J. de valor	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	100	5	0,0	5	5
J. cognitivos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	33,3	4	66,7	4,7	0,5	4	5
Transformações	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	16,6	5	83,3	4,8	0,4	4	5
Registos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	16,6	5	83,3	4,8	0,4	4	5
Acontecimentos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	50	3	50	4,5	0,5	4	5

Tabela 15 - Resultados da avaliação dos V de Gowin

5.3. Resultados da grelha de observação

A análise da grelha de observação (Tabela 16) permitiu identificar um elevado envolvimento dos alunos durante a atividade de construção e exploração do modelo. Verificou-se que 81,8% dos alunos participaram ativamente no trabalho em grupo, enquanto todos os alunos demonstraram cooperação com os colegas e cumpriram os requisitos definidos para a construção do modelo.

Relativamente à capacidade de relacionar o modelo com os conteúdos científicos abordados, esta competência foi observada em 63,6% dos alunos. Estes resultados sugerem que a atividade promoveu eficazmente o trabalho colaborativo e o cumprimento das tarefas propostas, embora alguns alunos tenham apresentado dificuldades na mobilização explícita dos conceitos científicos para interpretar o modelo desenvolvido.

Critério	Sim	Não	% Sim
Participa ativamente no trabalho de grupo	18	4	81,8%
Coopera com os colegas	22	0	100,0%
Cumpre os requisitos na construção	22	0	100,0%
Relaciona o modelo com os conteúdos científicos	14	8	63,6%

Tabela 16 - Resultados grelha de observação

Os resultados obtidos reforçam o potencial dos modelos físicos como recurso didático para promover a participação ativa dos alunos e a aprendizagem colaborativa. No entanto, a diferença observada entre o sucesso na construção do modelo e a capacidade de o relacionar com os conteúdos científicos evidencia a importância do papel do professor na mediação e na explicitação das relações entre o modelo e o fenómeno real representado.

5.4. Resultados dos inquéritos por *snapshot*

A análise dos resultados obtidos através do *snapshot*, com recurso a uma escala de Likert de 1 a 5, evidencia uma perceção global bastante positiva por parte dos alunos relativamente à atividade desenvolvida.

De forma geral, observa-se uma clara predominância das respostas nos níveis mais elevados da escala (4 e 5) em todos os parâmetros analisados, nomeadamente conforto, interesse, motivação e percepção de utilidade futura (Tabela 17).

Destaca-se particularmente o parâmetro “Perspetiva futura”, no qual 81,8% dos alunos atribuíram a classificação máxima, sugerindo que a atividade foi percecionada como relevante e útil para as aprendizagens futuras.

Os parâmetros “Conforto” e “Motivação” apresentam valores igualmente elevados, com 72,7% das respostas no nível 5, indicando que os alunos se sentiram confortáveis e motivados durante a realização da atividade.

De igual forma, o “Interesse” demonstrado pelos alunos revela-se expressivo, com a maioria das respostas concentradas nos níveis superiores da escala.

Globalmente, estes resultados indicam que a atividade foi bem recebida pelos alunos, contribuindo não só para a aprendizagem dos conteúdos, mas também para o seu envolvimento e motivação no processo de ensino e aprendizagem.

Frequência na escala de <i>Likert</i>														
Parâmetro	1		2		3		4		5		Méd.	D.P	Min.	Máx.
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%				
Conforto	0	0,0	0	0,0	3	13,6	3	13,6	16	72,7	4,6	0,7	3	5
Interesse	0	0,0	0	0,0	2	9,1	7	31,8	13	59,1	4,5	0,7	3	5
Motivação	0	0,0	0	0,0	2	9,1	4	18,2	16	72,7	4,6	0,7	3	5
P. futura	0	0,0	0	0,0	2	9,1	2	9,1	18	81,8	4,7	0,6	3	5

Tabela 17 - Resultados das respostas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 do snapshot

A análise das respostas dos alunos relativamente à sua experiência prévia com modelos revela que a grande maioria não tinha contacto com este tipo de abordagem. De facto, 95,5% dos alunos indicaram não ter tido experiências anteriores com modelos, enquanto apenas 4,5% referiram já ter participado em atividades semelhantes (Tabela 18).

Categoria	Exemplo	N	%
Não	-	21	95.5
Sim	<i>A16 “Uma atividade semelhante no ensino básico, foi algo muito menos complexo para dar uma leve ideia”</i>	1	4.5

Tabela 18 - Respostas à questão 1 do snapshot

O exemplo apresentado por um dos alunos sugere que, mesmo nos casos em que existia algum contacto prévio, este caracterizava-se por atividades menos complexas e de menor aprofundamento. Estes resultados indicam que a atividade desenvolvida no âmbito deste estudo constituiu, para a maioria dos alunos, uma primeira experiência estruturada na utilização de modelos em contexto educativo, reforçando a relevância da intervenção pedagógica implementada.

A análise das respostas dos alunos relativamente aos aspetos que consideraram mais interessantes na sequência didática evidencia uma clara preferência pelas atividades práticas e de modelação (Tabela 19). A maioria dos alunos (77,3%) destacou o trabalho com o modelo da mesa sísmica, mencionando, em particular, o interesse em construir e testar estruturas com diferentes materiais. Os exemplos apresentados sugerem que este tipo de atividade promoveu o envolvimento ativo dos alunos, permitindo-lhes explorar conceitos de forma prática.

Outros aspetos foram referidos de forma menos expressiva, nomeadamente a saída de campo virtual, mencionada por 4,5% dos alunos, e a apreciação global da sequência didática, identificada por 9,1% dos participantes. Estes resultados indicam que as atividades experimentais e de construção de modelos foram as mais valorizadas pelos alunos, evidenciando o seu potencial para promover o interesse, a motivação e a aprendizagem em contexto de sala de aula.

Categoria	Exemplos	N	%
Modelo	<i>A1 “Trabalhar com o modelo da mesa sísmica” / A7 “O que eu gostei mais foi da mesa sísmica.” / A9 “Achei interessante tentar fazer estruturas de edifícios com diferentes materiais”</i>	17	77.3
Saída de campo virtual	<i>A19 “O simulador de Lisboa 1755”</i>	1	4.5
Abrangente	<i>A17 “Tudo” / A22 “achei bastante pertinente as aulas”</i>	2	9.1

Tabela 19 - Respostas à questão 3 do snapshot “O que achaste mais interessante nesta sequência didática?”

A análise das respostas dos alunos relativamente à utilização do modelo evidencia uma perceção global bastante positiva, destacando-se, sobretudo, os aspetos relacionados com a motivação e a aprendizagem dos conteúdos (Tabela 120).

A categoria mais referida foi a motivação, identificada por 50% dos alunos, que salientaram o carácter mais dinâmico e envolvente das atividades, em contraste com metodologias mais tradicionais. Os exemplos apresentados evidenciam que os alunos valorizam abordagens mais ativas e participativas no processo de aprendizagem.

Paralelamente, 40,9% dos alunos destacaram o contributo do modelo para a compreensão de conteúdos específicos, nomeadamente no que se refere à construção de estruturas resistentes a sismos, evidenciando o papel do modelo como potenciador do desenvolvimento de aprendizagens.

Uma pequena percentagem de alunos (9,1%) apresentou uma apreciação global da atividade, sem referência a aspetos específicos, mas ainda assim positiva.

No que diz respeito às dificuldades, a grande maioria dos alunos (95,5%) referiu não ter sentido dificuldades na realização da atividade, tendo sido identificado apenas um caso pontual relacionado com a construção das estruturas.

De igual modo, a maioria dos alunos não apresentou sugestões de melhoria (95,5%), o que poderá indicar um elevado grau de satisfação com a atividade desenvolvida.

Globalmente, estes resultados sugerem que a utilização do modelo contribuiu não só para aumentar a motivação dos alunos, mas também para facilitar a compreensão e aplicação dos conteúdos, promovendo uma experiência de aprendizagem mais encorajadora.

Parâmetros	Categorias	Exemplos	N	%
Aspetos valorizados	Motivação	<i>A6 “Motiva mais a aprendizagem do que numa aula normal” / A15 “é muito mais interessante estudar a matéria com atividades mais lúdicas do que só me sentar em uma cadeira e ouvir um “stor” a falar por 100 min seguidos...”</i>	11	50
	Conteúdo específico	<i>A2 “Achei muito interessante e ajudou-me a perceber como os edifícios podem ser estruturados de forma a não caírem” / A10 “Gostei muito de simularmos um sismo de maneira a testar as casas”</i>	9	40.9
	Abrangente	<i>A3 “gostei muito” / A4 “achei a experiência interessante”</i>	2	9.1
Dificuldades	Sim	<i>A21 “...aquilo que achei mais difícil foi mesmo edificar as infraestruturas de palitos...”</i>	1	4,5
	Não	<i>A5 “...não tive nenhum desafio...”</i>	21	95,5
Melhoria	Sim	<i>A21 “... da próxima vez podia talvez ser utilizada plasticina mais resistente.”</i>	1	4.5
	Não	<i>A9 “...sinto que não tenho sugestões de melhoria”</i>	21	95,5

Tabela 20 - Respostas à questão 4 do snapshot “O que achaste da experiência de utilizar um modelo como recurso educativo? Reflete sobre o que mais gostaste, os principais desafios que encontraste e sugestões de melhoria.”

5.5. Discussão dos resultados

Os resultados obtidos evidenciam uma evolução das aprendizagens dos alunos ao longo da implementação da SD. Contudo, considerando que o estudo adotou um desenho pré-teste/pós-teste de grupo único, sem grupo de controlo, esta evolução não pode ser atribuída inequivocamente à intervenção pedagógica, podendo também refletir outros fatores, como o efeito de teste, a maturação dos alunos ou o próprio contexto da intervenção.

A evolução observada entre o pré- e o pós-teste, aliada aos resultados obtidos por meio dos V de Gowin e dos inquéritos por *snapshot*, sugere que a utilização de estratégias centradas na modelação e na participação ativa dos alunos favoreceu não apenas a construção de conhecimentos científicos, mas também o envolvimento e a motivação no processo de aprendizagem. Importa, contudo, salientar que a interpretação destes resultados assenta em estatística descritiva, pelo que a evolução observada deve ser entendida como uma tendência verificada na amostra estudada, não permitindo estabelecer inferências estatísticas para outras populações.

A melhoria das classificações no pós-teste parece corroborar os pressupostos da aprendizagem ativa e da mudança conceptual discutidos no enquadramento teórico. Ainda assim, importa interpretar estes resultados com cautela, uma vez que a ausência de grupo de controlo impossibilita excluir outras explicações para a melhoria observada.

Segundo D'Orey (1998), a utilização de modelos didáticos no ensino das geociências facilita a reorganização conceptual dos alunos, particularmente em conteúdos abstratos como a sismologia. Também Torres & Vasconcelos (2013) defendem que os modelos desempenham um papel fundamental na construção do conhecimento científico, permitindo aos alunos desenvolver representações mais consistentes dos fenómenos naturais.

Os resultados obtidos nas questões relacionadas com as ondas sísmicas assumem particular relevância, sobretudo nas tarefas que exigiam interpretação visual e representação gráfica. A evolução registada sugere que a utilização de modelos físicos e representações visuais contribuiu para tornar mais acessíveis conceitos abstratos e de difícil visualização. Estes resultados encontram-se em consonância com Gobert e Buckley (2000), que defendem que o Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos favorece a compreensão de fenómenos científicos complexos, bem como

com Schwarz et al. (2009), que salientam a importância da modelação científica no desenvolvimento do raciocínio científico e da literacia científica dos alunos. Importa, contudo, reconhecer que estas interpretações correspondem a associações consistentes com a literatura e não a demonstrações causais do efeito da metodologia utilizada.

A melhoria observada na questão relativa à representação do movimento das ondas P e S poderá igualmente estar associada à utilização de estratégias de visualização e de manipulação. Fischer et al. (2002) referem que as ferramentas de visualização promovem a construção colaborativa do conhecimento, facilitando a compreensão de fenómenos científicos complexos. Do mesmo modo, Braille (2017) destaca a importância de modelos manipuláveis no ensino das ondas sísmicas, que permitem que os alunos compreendam concretamente a propagação das vibrações e o comportamento das partículas.

No domínio das construções antissísmicas, os resultados sugerem que a construção e testagem de modelos contribuíram para uma aprendizagem mais contextualizada e funcional. A possibilidade de experimentar diferentes materiais e estruturas em simulações sísmicas parece ter favorecido a articulação entre teoria e prática, promovendo o desenvolvimento de aprendizagens. Estes resultados vão ao encontro das perspetivas defendidas por Vasconcelos e Gomes (2014) e por Torres e Vasconcelos (2016), que destacam o potencial pedagógico da modelação em geologia para facilitar a compreensão de fenómenos complexos e aproximar os alunos da prática científica.

Os resultados obtidos através da grelha de observação evidenciam que a atividade baseada na construção e exploração do modelo favoreceu o envolvimento dos alunos e promoveu dinâmicas de aprendizagem colaborativa. A totalidade dos alunos cooperou com os colegas e cumpriu os requisitos definidos para a construção do modelo, sugerindo que a tarefa foi adequadamente estruturada e acessível ao grupo-turma. Estes resultados vão ao encontro da literatura que destaca o potencial dos modelos físicos e das atividades colaborativas para promover a participação ativa dos alunos e a construção partilhada do conhecimento (Gobert & Buckley, 2000; Justi & Gilbert, 2002a, 2002b).

Por outro lado, embora a maioria dos alunos tenha demonstrado capacidade de relacionar o modelo com os conteúdos científicos abordados, esta competência foi observada em menor proporção do que os restantes critérios. Este resultado sugere

que a compreensão conceptual subjacente aos fenómenos representados pelo modelo exige processos cognitivos mais complexos do que os da mera execução da tarefa prática. Tal observação reforça a importância da mediação do professor na explicitação das relações entre o modelo e o fenómeno real, de modo a evitar interpretações simplistas ou conceções alternativas dos conceitos científicos associados à propagação das ondas sísmicas e aos seus efeitos.

De igual forma, os resultados obtidos corroboram estudos anteriores realizados no contexto das geociências. Moutinho, Moura e Vasconcelos (2016) verificaram que a aprendizagem baseada em modelos contribui para a reestruturação dos modelos mentais dos alunos relativamente aos riscos naturais. Também Ribeiro, Cardoso e Vasconcelos (2020) evidenciam que o Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos promove melhorias significativas na compreensão de estruturas geológicas, favorecendo uma aprendizagem mais ativa e significativa.

Os resultados da avaliação dos V de Gowin sugerem que os grupos conseguiram articular a componente conceptual e a componente metodológica da atividade, estabelecendo relações entre o modelo explorado em sala de aula e o fenómeno sísmico que este representa. Esta interpretação encontra suporte em Bonito (2021), que defende que os modelos favorecem a compreensão da realidade, promovem a investigação, a visualização dos fenómenos e a construção de conclusões fundamentadas. Deve igualmente considerar-se que os V de Gowin foram elaborados e avaliados por grupo, pelo que os resultados traduzem o desempenho coletivo e não permitem inferir diretamente o desempenho individual dos alunos.

Relativamente aos resultados do *snapshot*, verifica-se que os alunos atribuíram elevada valorização às atividades práticas e à utilização da mesa sísmica, destacando, sobretudo, o seu contributo para a motivação e a compreensão dos conteúdos. Estes resultados reforçam a relevância das metodologias ativas no ensino das ciências.

Importa ainda salientar que a maioria dos alunos referiu não possuir experiência prévia em atividades de modelação, o que poderá indicar que este tipo de estratégia continua a ser pouco explorada no contexto escolar. Tal como referem Torres e Vasconcelos (2021), apesar do reconhecido potencial pedagógico dos modelos no ensino das ciências, a sua implementação em contexto educativo ainda enfrenta diversas limitações, nomeadamente ao nível das práticas letivas e da formação docente. Importa, contudo, considerar um possível efeito de novidade (efeito Hawthorne), uma vez que 95,5% dos alunos referiram nunca ter participado anteriormente em atividades

de modelação, podendo esse fator ter contribuído para os elevados níveis de motivação observados.

Globalmente, os resultados desta investigação encontram-se em consonância com a literatura apresentada no enquadramento teórico, reforçando a ideia de que estratégias pedagógicas centradas na modelação, na experimentação e na participação ativa dos alunos podem contribuir para melhorar a compreensão dos conteúdos científicos no ensino das geociências. Apesar disso, estas conclusões devem ser interpretadas como indicativas e exploratórias, uma vez que o desenho metodológico adotado não permite estabelecer relações de causalidade entre a utilização do EOAM e os ganhos observados.

6. Conclusão

Neste capítulo, será apresentada uma síntese conclusiva de todos os dados obtidos ao longo da SD; de seguida, serão enunciadas as limitações do estudo, bem como sugestões de melhoria para investigações futuras.

6.1. Síntese conclusiva

A presente investigação teve como objetivo analisar a evolução das aprendizagens dos alunos no domínio dos sismos, por meio da implementação de uma sequência didática centrada no uso de modelos, com particular destaque para a mesa sísmica. Esta metodologia procurou promover não só o desenvolvimento de conhecimentos científicos, mas também de competências associadas ao pensamento crítico e à compreensão de fenómenos naturais complexos.

Os resultados obtidos evidenciam uma evolução entre o pré-teste e o pós-teste, verificando-se um aumento expressivo das pontuações médias e uma melhoria consistente em todos os domínios analisados, nomeadamente na caracterização das ondas sísmicas, nas escalas de avaliação sísmica, na compreensão da origem dos sismos e nas construções antissísmicas. Esta evolução foi observada não apenas ao nível quantitativo, mas também ao qualitativo, refletindo-se numa maior capacidade dos alunos de mobilizar, aplicar e explicar os conhecimentos desenvolvidos.

A análise detalhada por temas permitiu constatar que, no pré-teste, os alunos apresentavam muitas dificuldades em determinados conteúdos, particularmente na compreensão das características das ondas sísmicas e da sua representação. No entanto, após a intervenção, verificou-se uma melhoria acentuada, evidenciando a consolidação dos conceitos e uma maior capacidade de interpretação dos fenómenos estudados.

Para além disso, a análise das respostas às questões abertas evidenciou uma evolução na capacidade de expressão científica dos alunos, com maior clareza, rigor e organização das ideias. Este aspeto reforça a importância de utilizar estratégias que promovam não só o reconhecimento de conceitos, mas também a sua aplicação em contextos mais complexos.

Os dados recolhidos através do *snapshot* e das respostas qualitativas evidenciam uma perceção muito positiva dos alunos relativamente à SD implementada. Destacam-se níveis elevados de motivação, interesse e envolvimento, bem como a valorização das

atividades práticas e do uso de modelos, identificados como elementos facilitadores da aprendizagem.

Importa igualmente referir que a maioria dos alunos não possuía experiência prévia com este tipo de metodologia, o que reforça a relevância da intervenção realizada. Neste sentido, os resultados obtidos sugerem que a utilização de modelos pode constituir uma estratégia pedagógica eficaz para promover aprendizagens, especialmente em conteúdos que envolvem fenómenos abstratos ou de difícil visualização.

Globalmente, os resultados do estudo sugerem que a SD poderá constituir uma estratégia pedagógica promissora para o ensino da sismologia. Contudo, esta interpretação deve ser enquadrada nas limitações metodológicas do estudo, não permitindo estabelecer uma relação causal entre a intervenção e a evolução observada.

6.2. Limitações do estudo

Apesar dos resultados positivos obtidos, o presente estudo apresenta algumas limitações que importa considerar para uma interpretação mais contextualizada dos dados. Em primeiro lugar, destaca-se o número reduzido de participantes, o que poderá limitar a generalização dos resultados a outros contextos educativos. Trata-se de um grupo específico, com características próprias, pelo que os resultados devem ser interpretados com alguma cautela.

Para além disso, a duração da intervenção foi relativamente curta, o que condiciona não só a profundidade da exploração dos conteúdos como também a possibilidade de avaliar o impacto das aprendizagens a longo prazo. Neste sentido, não é possível aferir, de forma sustentada, a retenção dos conhecimentos desenvolvidos ao longo do tempo.

Outra limitação relevante refere-se ao desenvolvimento do modelo utilizado na atividade. Embora a mesa sísmica tenha permitido simular o comportamento das estruturas face a vibrações, o tempo disponível não permitiu construir um modelo mais sofisticado e realista, que permitisse, por exemplo, simular diferentes direções de propagação ou tipos de movimento sísmico. Este aspeto poderá ter condicionado, em certa medida, a aproximação ao fenómeno real.

Importa ainda referir que o estudo se enquadra nos princípios abordagem de Investigação-Ação, na qual, idealmente, deveriam ser desenvolvidos vários ciclos de planificação, ação, observação e reflexão. No entanto, devido a constrangimentos temporais, foi possível implementar apenas um ciclo, o que limita a possibilidade de ajustar e otimizar a intervenção pedagógica com base em resultados intermédios.

O presente estudo adotou um desenho pré-teste/pós-teste de grupo único, sem grupo de controlo. Assim, embora tenha sido observada uma evolução entre os dois momentos de avaliação, não é possível atribuir inequivocamente essa evolução à metodologia implementada. Acresce que a professora desempenhou simultaneamente os papéis de docente, investigadora e avaliadora, situação inerente ao contexto da Prática de Ensino Supervisionada, mas que pode introduzir algum enviesamento na recolha e interpretação dos dados.

A utilização do mesmo instrumento no pré e no pós-teste, com apenas uma semana de intervalo, poderá igualmente ter favorecido um efeito de familiarização (*testing effect*), influenciando parcialmente o desempenho dos alunos.

Outra limitação prende-se com o tratamento estatístico dos dados, que se restringiu à estatística descritiva. Embora a aplicação de testes inferenciais, como o teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas, pudesse reforçar a robustez da análise quantitativa, essa opção não foi considerada no presente estudo, pelo que os resultados devem ser interpretados como indicadores da evolução observada e não como demonstração estatística da eficácia da intervenção.

Por fim, a análise quantitativa restringiu-se à estatística descritiva, não tendo sido aplicados testes estatísticos inferenciais (por exemplo, o teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas), que poderiam reforçar a robustez da interpretação dos resultados, ainda que o desenho do estudo continuasse a limitar a inferência causal.

6.3. Sugestões para futuras investigações

Tendo em conta os resultados obtidos e as limitações identificadas, considera-se pertinente que futuras investigações aprofundem o estudo da utilização de modelos no ensino das Ciências, em particular no domínio dos fenómenos naturais, como os sismos.

Em primeiro lugar, seria relevante replicar este estudo com amostras maiores e mais diversificadas, envolvendo diferentes contextos educativos e níveis de ensino, de

forma a permitir uma maior generalização dos resultados e uma melhor compreensão do impacto desta abordagem em diferentes perfis de alunos.

Para além disso, sugere-se o desenvolvimento de intervenções com maior duração, que permitam não só consolidar as aprendizagens, como também avaliar a retenção dos conhecimentos a médio e a longo prazo. A implementação de estudos longitudinais poderia contribuir para uma análise mais aprofundada do impacto da utilização de modelos no processo de aprendizagem.

No âmbito da Investigação-Ação, seria igualmente pertinente desenvolver múltiplos ciclos de intervenção, permitindo ajustar e aperfeiçoar progressivamente as estratégias pedagógicas com base nos resultados obtidos em cada fase. Este processo contribuiria para uma maior eficácia das práticas implementadas e para uma compreensão mais detalhada dos seus efeitos.

Relativamente aos recursos utilizados, considera-se relevante explorar o desenvolvimento de modelos mais realistas, que permitam simular com maior precisão o comportamento dos fenómenos sísmicos, nomeadamente quanto à variação das direções e dos tipos de movimento. A integração de tecnologias digitais ou de simulações interativas também poderá constituir uma via promissora para enriquecer este tipo de metodologia.

Por outro lado, seria interessante investigar de forma mais aprofundada o impacto da utilização de modelos na construção dos modelos mentais dos alunos, analisando como estes evoluem ao longo do tempo e como contribuem para a compreensão de conceitos científicos complexos.

Finalmente, sugere-se a aplicação desta metodologia a outros conteúdos das ciências naturais, bem como a sua articulação com diferentes metodologias ativas, de forma a potenciar ainda mais o envolvimento dos alunos e a promoção da aprendizagem dos conceitos científicos.

Referências Bibliográficas

- Barroso, D. (2013). A importância da planificação do processo de ensino-aprendizagem nas aulas de História e Geografia [Master's thesis, Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/71580>
- Berenguer, J.-L. (2018). *The slinky seismic waves demo: Using slinkies to show how earthquakes produce P-, S- and surface waves*. Earth Learning Idea.
- Bolacha, E., & Mateus, A. (2008). *Evolução recente do Ensino Secundário em Portugal e suas implicações nos currículos de Geologia: A perspetiva da Associação Portuguesa de Geólogos*. GEONOVAS, 21, 67–74.
- Bolacha, E., & Mateus, A. (2008). Novos currículos de Geologia no Ensino Secundário em português: Contributos da Associação Portuguesa de Geólogos. GEOLógicos, 21, 75–86.
- Bolacha, E., Moita de Deus, H., & Fonseca, P. E. (2012). *The concept of analogue modelling in geology: An approach to mountain building*. In L. Maurines & A. Redfors (Eds.), *Science Learning and Citizenship: ESERA 2011 Conference Proceedings* (pp. 1–8). European Science Education Research Association.
- Bonito, J. (2024). *Modelos na educação em ciência no século XX: contributos para a sua utilização no ensino das Geociências*. Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática (RevIn), 5, 1–26.
- Bonito, J. (2021). *Os modelos no ensino das Geociências*. Universidade de Évora.
- Braile, L. W. (2017). *Seismic waves and the slinky: A guide for teachers*. Purdue University. <https://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.pdf>
- Cachapuz, A. F. (1989). Linguagem metafórica e o ensino das ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2(3), 117–129.
- Çalışkan, O. (2011). *Virtual field trips in education of earth and environmental sciences*. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 15, 3239–3243. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.278>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Contreras, K., Arredondo, C., Díaz, C., Inostroza, M., & Strickland, B. (2020). Examining differences between pre-and in-service teachers' cognition when lesson planning. *System*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.system.2020.102240>
- Coutinho, C. P. (2013). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática*. Edições Almedina.
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. (2009). *Investigação: metodologia preferencial nas práticas educativas*. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*, 13(2), 355–379.
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2024). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (7th ed.). Pearson.
- Custódio, S., Silveira, G., Matias, L., Mata, I., Matos, C., Palma-Oliveira, J. M., Rocha, F., & Lopes, F. C. (2016). *Educating for earthquake science and risk in a tectonically slowly deforming region*. *Seismological Research Letters*, 87(3), 773–782. <https://doi.org/10.1785/0220150239>
- Dahl, J., Anderson, S. W., & Libarkin, J. C. (2005). Digging into earth science: Alternative conceptions held by K–12 teachers. *Journal of Science Education*, 6(2), 65–68.
- DGE – Direção-Geral da Educação (2018). *Aprendizagens essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. 10.º ano. Ensino Secundário. Geologia*. Direção-Geral da Educação. Disponível em: <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>

- Direção-Geral da Educação. (2014). *Curso para Professores de Geologia: Modelos físicos dinâmicos no ensino da Geologia*. Centro de Geociências da Universidade de Coimbra.
- D'Orey, J. L. L. (1998). *Contributos para uma pedagogia da mudança conceptual: Aplicação de modelos didáticos construtivistas em geociências – caso da sismologia no ensino secundário (Mestrado)*. Universidade de Évora. <http://hdl.handle.net/10174/13561>
- Duarte, P., & Moreira, A. I. (2019). A planificação como dimensão da ação docente: especificidades na formação de professores de história. In C. Leite, P. Fernandes, A. Monteiro, C. Figueiredo, F. Sousa-Pereira, & M. Pinto (Eds.), *Currículo, avaliação, formação e tecnologias educativas (CAfTe): Contributos teóricos e práticos* (pp. 173–186). Centro de Investigação e Intervenção Educativas (CIIE).
- Earthlearningidea Team. (2010). *Waves in the Earth 1 – The slinky simulation: Using a long spring to find out how earthquake waves travel through the Earth*. Earthlearningidea. https://www.earthlearningidea.com/PDF/76_Slinkies.pdf
- Earthlearningidea Team. (2010). *Waves in the Earth 2 – Human molecules: Pupils are pushed around to demonstrate the properties of seismic waves!*. Earthlearningidea. https://www.earthlearningidea.com/PDF/77_Human_molecules.pdf
- Farhang, Q., Hashemi, S., & Ghorianfar, S. (2023). Lesson plan and its importance in the teaching process. *International Journal of Current Science Research and Review*, 6(8), 5901–5913. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V6-i8-57>
- Fernandes, D. (2008). *Avaliação, aprendizagem e ensino: Desafios para uma articulação entre teoria, prática e políticas*. *Educação, Formação & Tecnologias*, 1(1), 5–15.
- Fischer, F., Bruhn, J., Gräsel, C., & Mandl, H. (2002). *Fostering collaborative knowledge construction with visualisation tools*. *Learning and Instruction*, 12(2), 213–232. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00005-6)
- Francek, M. (2013). *A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions*. *International Journal of Science Education*, 35(1), 31–64. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.736644>
- Freitag, R. M. K. (2018). Amostras sociolinguísticas: probabilísticas ou por conveniência? *Revista de Estudos da Linguagem*, 26(2), 667–686. <http://dx.doi.org/10.17851/2237-2083.26.2.667-686>
- Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. W. (2023). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (13th ed.). Pearson.
- Giere, R. N. (2004). *How models are used to represent reality*. *Philosophy of Science*, 71, 742–752.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). *Introduction to model-based teaching and learning in science education*. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891– 894. <https://doi.org/10.1080/095006900416839>
- Gomes, I., & Silva Hussein, F. R. G. e. (2025). *CTSA no Ensino de Ciências: Uma revisão sistemática das propostas educacionais presente na literatura*. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 25, e55152. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2025u161187>
- Grotzinger, J., & Jordan, T. H. (2010). *Understanding Earth* (6th ed.). W. H. Freeman and Company
- IRIS. (s.d.). *The human wave: Modelling P and S waves in solids and liquids*—Incorporated Research Institutions for Seismology.
- Jee, B. D., Uttal, D. H., Gentner, D., Manduca, C., Shipley, T. F., Tikoff, B., ... Sageman, B. (2010). Commentary: Analogical Thinking in Geoscience

- Education. *Journal of Geoscience Education*, 58(1), 2–13. <https://doi.org/10.5408/1.3544291>
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002a). *Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers*. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002b). *Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science*. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273–1292.
- Krapas, S., Queiroz, G., Colinviaux, D., & Franco, C. (1997). *Modelos: Uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências*. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2(3), 185–205.
- Ministério da Educação. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Despacho n.º 6478/2017, de 26 de julho.
- Moutinho, S., Moura, R., & Vasconcelos, C. (2017). Contributions of model-based learning to the restructuring of graduation students' mental models on natural hazards. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3043–3068.
- Moutinho, S., Moura, R., & Vasconcelos, C. (2014). *Modelação em Geociências nos Dias Abertos às Escolas* [Artigo curto]. *Comunicações Geológicas*, 101(Especial III), 1325–1328. Moutinho, S., Moura, R., & Vasconcelos, C. (2016). *Mental Models of Seismic Effects: A Comparative Analysis of Students' Profiles*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 391–415. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9572-7>
- Moutinho, S., Moura, R., & Vasconcelos, C. (2016). Simulating an earthquake and its effects on soils and buildings: A practical activity to disseminate geosciences and its evaluation. In *Geoscience Education: Indoor and Outdoor* (pp. 43–55). Cham: Springer International Publishing.
- National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience. (s.d.). *E-Defense shaking table facility* [Fotografia]. <https://www.bosai.go.jp/e/>
- Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). *What teachers of science need to know about models: An overview*. *International Journal of Science Education*, 33(8), pp. 1109–1130.
- OpenAI. (2026). *Imagem de alunos a trabalhar com uma mesa sísmica* [Imagem gerada por inteligência artificial]. ChatGPT. <https://chatgpt.com>
- Pereira, M. P. (1987). Modelos em ciência: usos e limitações. In *Atas do I Encontro sobre Educação em Ciências* (pp. 75–87). Universidade do Minho.
- Pirnay-Dummer, P., Ifenthaler, D., & Seel, N. M. (2012). *Designing model-based learning environments to support mental models for learning*. In D. Ifenthaler, P. Pirnay-Dummer, & N. M. Seel (Eds.), *Computer-based diagnostics and systematic analysis of knowledge* (pp. 27–52). Springer.
- Rakkapao, S., Arayathanitkul, K., & Pananont, P. (2009). *Thai university students' prior knowledge about P-waves generated during particle motion*. *Journal of Geoscience Education*, 57(4), 286–299.
- Ribeiro, M., Cardoso, A., & Vasconcelos, C. (2020). *Falhas e dobras: um estudo quasiexperimental sobre o ensino baseado em modelos*. *Comunicações Geológicas*, 107(Especial I), 165–166.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Krajcik, J., & Merritt, J. (2009). *Developing a learning progression for scientific modelling: Making scientific modelling accessible and meaningful for learners*. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654. <https://doi.org/10.1002/tea.2031>
- Severn, R. T. (2011). *The development of shaking tables — A historical note*. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 40(2), 195–213. <https://doi.org/10.1002/eqe.1015>

- Toprak-Dereli, D., & Savaşçı-Açıkalın, F. (2018). *Middle school students' conceptual understanding of earthquakes*. SHS Web of Conferences, 48, 01024. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184801024>
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2013). *Evolução histórica dos modelos da estrutura interna da Terra: Visões de professores de ciências*. In C. R. Gomes, I. Abrantes, & A. Rola (Eds.), *História da Ciência para o Ensino – Atas do Colóquio I* (pp. 49–60). Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra.
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2016). *Models in geoscience classes: How can teachers use them?*. In *Geoscience Education: Indoor and Outdoor* (pp. 25–41). Cham: Springer International Publishing. 10.1007/978-3-319-43319-6_2
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2021). *Models and the nature of science: What mediates their implementation in Portuguese biology and geology classes?* *Education Sciences*, 11(11), 688. <https://doi.org/10.3390/educsci11110688>
- Torres, J., Moutinho, S., Almeida, A., & Vasconcelos, C. (2013). *Portuguese science teachers' views about the Nature of Science and scientific models*. En el IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias (pp. 3541–3546). Girona, Spain.
- Traqueia, P. (2019). *Investigação-ação: Fundamentos, características e implicações para a prática educativa*. In C. P. Coutinho & A. Lisete (Eds.), *Metodologias de investigação em educação* (pp. XX–XX). CIEd / Universidade do Minho.
- Traqueia, A., Pacheco, E., & Taveira, E. (2021). *Reflexão crítica sobre métodos e técnicas de recolha de dados: Investigação-ação*. In A. Moreira, P. Sá, & A. Costa (Eds.), *Reflexões em torno de metodologias de investigação: Métodos* (Vol. 1, pp. 33–50). UA Editora. <http://hdl.handle.net/10773/30770>
- Vasconcelos, C. (2015). *Analogias, similaridades e réplicas: diferentes modelos para o ensino da geologia*. In I. Rodrigues & J. Azevedo (Eds.), *1º Encontro de História da Ciência no Ensino: E-book* (pp. 2–14). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Vasconcelos, C., & Gomes, C. (2014). *A modelagem na aula de Geologia*. In C. Vasconcelos, M. A. Ribeiro & D. Flores (Eds.), *Geólogos: Curso FOCO — Geologia e Sustentabilidade* (pp. 7–14). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Vasconcelos, C., Moura, R., Torres, J., Moutinho, S., & Lima, A. (2015). *Replica of a shaking table from the 19th century: A workshop applied to higher education students*. In *SGEM2015 Conference Proceedings* (Vol. 3, pp. 1045–1051).
- Vasconcelos, C., & Torres, J. (2015). *A modelação no ensino das Ciências Naturais*. In *XVI ENEC – Ciência com Cultura* (pp. 563–567). Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Vasconcelos, C., Torres, J., Moutinho, S., & Almeida, A. (2015). *Construção e utilização de modelos geológicos no ensino superior: uma intervenção didática*. Em *Experiências de Inovação Didática no Ensino Superior* (pp. 1–18). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Apêndices

Apêndice 1 – Diário de bordo da PE; aula 14/10/2025

Dia 14/10/2025 (Primeira aula da PE com o 10º ano)

“Fizemos uma atividade sobre a datação absoluta e notei que os alunos tiveram muitas dificuldades. A datação absoluta acaba por falar de física, química e até um pouco de matemática, notei que alguns alunos não conseguiram chegar aos resultados esperados de forma autónoma.”

Apêndice 2 – Diário de bordo da PE; aula 14/10/2025

Dia 14/10/2025 (Primeira aula da PE com o 10º ano)

“Ao longo da aula, enquanto ajudava os grupos na realização da atividade, os alunos confessaram que não estavam a gostar muito dos conteúdos de geologia, referindo ‘Professora, quando é que passamos para a Biologia?’”.

Apêndice 3 – Diário de bordo da PE; aula 17/09/2025

Dia 17/09/2025 (Primeira semana de observação de aulas)

“Alguns alunos desta turma têm interesse pela geologia, nomeadamente os alunos A, B e C disseram que gostava de seguir Paleontologia. Eles gostam muito desta área em específico, nota-se que os restantes conteúdos da geologia não são tanto do seu agrado”

Apêndice 4 – Pré-teste/Pós-teste

TESTE DIAGNÓSTICO DE BIOLOGIA E GEOLOGIA

_____, ____º ANO DE ESCOLARIDADE



INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE

VERSÃO 1		DATA: _____
NOME: _____	N.º _____	TURMA: _____
CLASSIFICAÇÃO _____	(_____/100 %)	
PROFESSOR/A: _____	ENCARREGADO DE EDUCAÇÃO: _____	

Grupo I – Escolha múltipla

(Assinala apenas uma opção correta em cada questão)

1. Um sismo ocorre quando:

- (A) As placas tectónicas se movem lentamente sem provocar rutura.
- (B) Há libertação súbita de energia acumulada nas rochas.
- (C) As ondas sísmicas atingem a superfície da Terra.
- (D) O magma atinge a crosta terrestre.

2. As ondas sísmicas P caracterizam-se por:

- (A) Se propagarem apenas em meios sólidos.
- (B) Terem movimento transversal das partículas.
- (C) Serem as mais lentas e destrutivas.
- (D) Propagarem-se em sólidos, líquidos e gases.

3. As ondas sísmicas S:

- (A) São mais rápidas do que as ondas P.
- (B) Propagam-se apenas em meios sólidos.
- (C) Propagam-se em líquidos e gases.
- (D) Não provocam deformações nos materiais.

3. A intensidade sísmica é determinada a partir dos efeitos observados nas pessoas, edifícios e no terreno. _____

Correção: _____

4. Um sismo com elevada magnitude provoca sempre grandes danos. _____

Correção: _____

Grupo III – Questões de desenvolvimento (Responde de forma clara e sustentada)

1. **Explica** o que são ondas sísmicas e descreve o que acontece desde a libertação de energia até ao abalo sentido à superfície.

2. Indica **duas** diferenças entre as ondas sísmicas P e S.

3. **Explica** a diferença entre **magnitude** e **intensidade** sísmica

4. A magnitude de um sismo está relacionada com:

- (A) Os danos observados à superfície.
- (B) O número de vítimas provocadas.
- (C) A energia libertada no foco do sismo.
- (D) A distância ao epicentro.

5. Dois sismos com a mesma magnitude podem provocar intensidades diferentes porque:

- (A) A magnitude depende do tipo de edifícios.
- (B) A intensidade depende apenas da hora do sismo.
- (C) A intensidade do sismo é igual à magnitude.
- (D) Os efeitos do sismo variam com o local e as condições existentes.

Grupo II – Verdadeiro/Falso

(Assinala V ou F e corrige as afirmações falsas)

1. A ondas sísmicas correspondem ao movimento das placas tectónicas. _____

Correção: _____

2. As ondas sísmicas S não se propagam em meios líquidos. _____

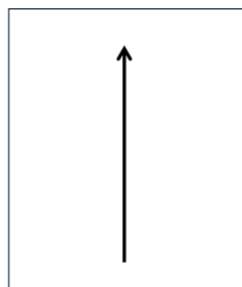
Correção: _____

4. Dois sismos tiveram a mesma **magnitude**, mas um causou muito mais destruição do que o outro. Apresenta **dois** fatores que possam explicar essa diferença.

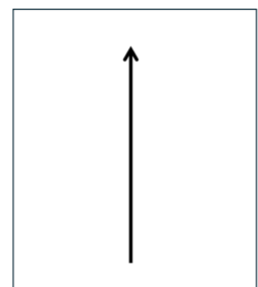
5. Refere em que tipo de **meios** se propagam as ondas sísmicas P e S e justifica.

6. Desenha em que sentido se propagam as ondas P e S, sendo que a seta aponta na direção do movimento.

Ondas P:



Ondas S:



Bom trabalho!

Apêndice 5 – Saída de campo virtual (link plataforma “Thinglink”)

<https://www.thinglink.com/view/scene/2047762695238714021>

Apêndice 6 – Guião da saída de campo virtual

FCUP		REPUBLICA PORTUGUESA	
FACULDADE DE CIÊNCIAS		EDUCAÇÃO	
UNIVERSIDADE DO PORTO			

Nome:	Nº:	Turma:
-------	-----	--------

Guião de exploração
Biologia e Geologia 2025/2026

Paragem 1 – Sala de aula ?

1- Explica por que razão Portugal se encontra numa zona de risco sísmico, indicando as placas tectónicas envolvidas.

2- Com base na informação apresentada, indica qual a zona de Portugal que pode vir a ser mais afetada por sismos.

Paragem 2 – Contextualização do acontecimento ?

3- Indica a data e o local onde ocorreu o terramoto que visitaste.

4- Descreve brevemente como era a cidade de Lisboa antes do sismo, com base nas imagens observadas.

Paragem 3 – Observação do momento do sismo ?

5- O que aconteceu nos primeiros instantes do sismo?

6- Descreve a reação das pessoas perante o fenómeno observado.

Paragem 4 – Consequências imediatas do sismo ?

7- Identifica três consequências diretas do sismo visíveis na saída de campo.

8- Para além do colapso de edifícios, que outros fenómenos contribuíram para a destruição da cidade?

Paragem 5 – O que aconteceu depois do sismo? ?

9- Que dois fenómenos ocorreram logo a seguir ao sismo?

10- Explica por que razão esses dois fenómenos ocorreram.



Paragem 6 – Resposta social e política

11- Que medidas foram tomadas após o terramoto para organizar a cidade e responder à catástrofe?

12- Qual foi o papel do Marquês de Pombal na resposta ao terramoto?

Paragem 7 – Primeiras experiências de engenharia sísmica

13- Descreve de que forma o Marquês de Pombal testou novos edifícios.

14- Qual achas que era o objetivo dessa experiência?

Paragem 8 – Recolha de informação e intensidade sísmica

15- Que tipo de informações foram recolhidas junto da população após o terramoto?

16- Porque achas que a recolha dessas informações foi importante?

17- De que forma este levantamento de dados se relaciona com o que hoje chamamos de intensidade sísmica?

Ligação à atualidade

18- Que aprendizagens retiradas do terramoto de 1755 continuam a ser relevantes atualmente?

19- De que forma o conhecimento científico pode ajudar a reduzir os impactos dos sismos nas sociedades atuais?

Reflexão final

20- O que mais te surpreendeu nesta saída de campo virtual e que curiosidades e dúvidas te poderão ter surgido?

21- Como poderíamos, em sala de aula, simular os efeitos dos sismos em edifícios?

Apêndice 7 – Guião “mini-modelos”



Nome:	Nº:	Turma:
-------	-----	--------

Mini-modelo das ondas sísmicas – Mola



Objetivo da atividade

Explorar a propagação das ondas sísmicas através de um mini-modelo, de modo a compreender a diferença entre ondas P e ondas S, bem como a relação entre o movimento das partículas e a direção de propagação da onda.

Parte A

Estende a mola no chão, mantendo-a ligeiramente tensa. Segura firmemente uma das extremidades da mola. Com a outra mão, **empurra** e **puxa** a mola ao longo do seu eixo, produzindo compressões e dilatações.

Observa atentamente:

- o movimento das espiras;
- a direção em que a onda se propaga;
- a forma como a energia se transmite ao longo da mola.

Parte B

Mantém a mola estendida. Move a extremidade da mola para cima e para baixo ou para os lados, sem empurrar a mola ao longo do seu eixo.

Observa:

- o movimento lateral das espiras;
- a direção de propagação da onda;
- as diferenças em relação ao movimento anterior.

Mini-modelo das ondas sísmicas – Onda sísmica humana



Objetivo da atividade

Simular a propagação das ondas sísmicas em diferentes meios, de modo a compreender a relação entre o tipo de onda, o movimento das partículas e o meio de propagação, utilizando o corpo humano como modelo analógico.

Parte A

Os alunos colocam-se muito próximos uns dos outros, formando uma fila contínua, com as **mãos no colega da frente**, simulando um meio sólido. Cada aluno representa uma “partícula” de material. Ao sinal do professor, o primeiro aluno inicia um movimento **para a frente e para trás**, transmitindo o movimento ao colega seguinte.

Observa:

- se o movimento se propaga ao longo da fila;
- a direção do movimento das “partículas”;
- a direção de propagação da onda.

Parte B

Mantendo a organização em fila, os alunos permanecem próximos, com as mãos nos ombros do colega da frente.

O primeiro aluno inicia um movimento lateral (para os lados), sem empurrar diretamente o colega.

Observa:

- se o movimento lateral se transmite;
- como se deslocam as “partículas”;
- se a onda consegue propagar-se ao longo da fila.

Parte C

Os alunos afastam-se ligeiramente uns dos outros, retirando as mãos dos ombros do colega da frente, simulando um meio líquido.

Repete o movimento para a frente e para trás, realizado anteriormente.

Observa:

- se o movimento se propaga;
- se a onda tem a mesma velocidade do que em A

Parte D

Os alunos afastam-se mantêm a formação.
Desta vez, o colega de trás realiza um movimento lateral
Observa:

- se o movimento se propaga;
- que diferenças surgem em relação ao meio sólido;
- se a onda se dissipa rapidamente.

Questões de Consolidação

Ondas Sísmicas – Movimento e Meios de Propagação

1- Quando ocorre a propagação de uma onda sísmica, as partículas do meio:

- a) deslocam-se permanentemente
- b) vibram em torno da sua posição de equilíbrio
- c) movem-se apenas na direção da propagação

2- Na mola, quando representaste uma onda sísmica P:

- a) as espiras moviam-se perpendicularmente à propagação
- b) as espiras moviam-se paralelamente à propagação
- c) as espiras não apresentavam movimento

3- Na onda sísmica humana, qual foi a diferença entre:

- o movimento das “partículas” (alunos)
- e a direção de propagação da onda?

4- Indica o tipo de onda sísmica associado a cada situação:

Movimento de compressão e dilatação: _____

Movimento lateral: _____

5- Qual das seguintes afirmações é correta?

- a) As ondas S propagam-se em sólidos e líquidos
- b) As ondas P propagam-se apenas em sólidos
- c) As ondas P propagam-se em sólidos e líquidos

6- Justifica a tua resposta à questão anterior com base nas atividades realizadas.

7- Durante a simulação da onda sísmica humana:

- Que tipo de onda se propagou quando os alunos estavam próximos?
- O que aconteceu quando os alunos se afastaram?

8- Explica, com base no modelo, porque razão as ondas S não se propagam em meios líquidos.

9- Explica de que forma o estudo das ondas sísmicas permite compreender a estrutura interna da Terra.

Apêndice 8 – Grelha de observação preenchida

	Participa ativamente no trabalho de grupo	Coopera com os colegas	Cumprir os requisitos na construção de edifícios	Relaciona o modelo com os conteúdos científicos
1	X	X	X	X
2	X	X	X	X
3	X	X	X	
4		X	X	
5	X	X	X	X
6	X	X	X	X
7		X	X	
8	X	X	X	X
9	X	X	X	X
10	X	X	X	X
11	X	X	X	X
12	X	X	X	
13	X	X	X	X
14		X	X	
15	X	X	X	X
16		X	X	
17	X	X	X	
18	X	X	X	X
19	X	X	X	X
20	X	X		X
21	X	X	X	X
22	X	X	X	X

Apêndice 9 – Questionário (Snapshot)



Sequência Didática - Compreender sismos através de modelos

Este questionário tem como objetivo recolher a tua opinião sobre as atividades realizadas. As respostas não têm qualquer influência na tua avaliação.

** Indica uma pergunta obrigatória*

Nome *

A sua resposta

Antes da participação na atividade, já tinhas experiência com modelos?

☐ Sim

☐ Não

Se sim, descreve brevemente a tua experiência anterior. *

A sua resposta

Como te sentiste, quanto à dificuldade, com a manipulação do modelo? *

1 2 3 4 5

Nada confortável ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito confortável

Em que medida achas que o uso do modelo ajudou a despertar interesse pela sismologia? *

1 2 3 4 5

Nada interessado ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito interessado

Em que medida consideras que o modelo te motivou a aprender em comparação com os métodos de ensino tradicionais? *

1 2 3 4 5

Nada motivado ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito motivado

Indica o grau de interesse em participar novamente numa atividade similar no futuro. *

1 2 3 4 5

Nada interessado ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito interessado

O que achaste mais interessante nesta sequência didática? *

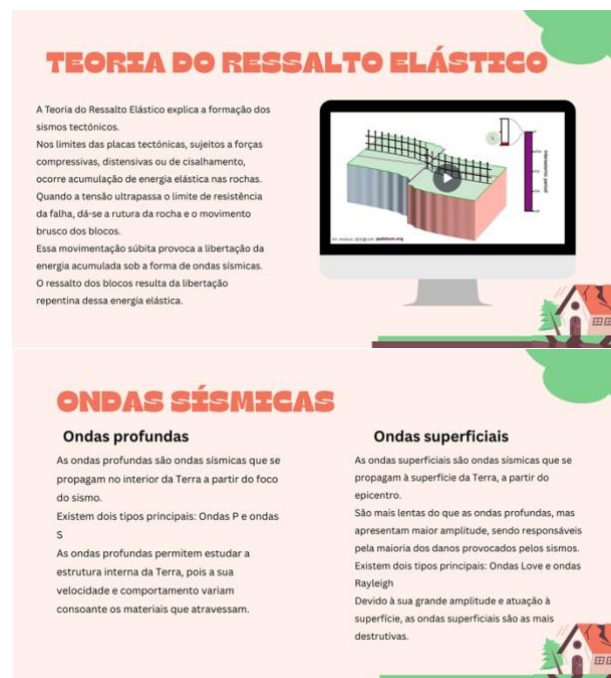
A sua resposta

O que achaste da experiência de utilizar um modelo como recurso educativo? *

Reflete sobre o que mais gostaste, os principais desafios que encontraste e sugestões de melhoria.

A sua resposta

Apêndice 10 – PowerPoint para consolidação de conhecimentos



Magnitude	Efeitos
Entre 3,5 e 5,4	Às vezes é sentido, mas raramente causa danos.
Entre 5,5 e 6,0	Pode danificar seriamente casas mal construídas em regiões próximas ao epicentro.
Entre 6,1 e 6,9	Pode ser destrutivo em áreas a até 100 km do epicentro.
Entre 7,0 e 7,9	Grande terremoto. Pode causar sérios danos em uma grande faixa.
8,0 ou mais	Enorme terremoto. Pode causar graves danos em muitas áreas, mesmo que estejam a centenas de quilômetros do epicentro.

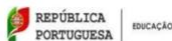
(http://revistaesfz.org.br/Adaptado)

I	Utilização de registos por instrumentos.
II	Passagem de raptos em ambientes antes do interior da habitação.
III	Percepção por algumas pessoas no sentido das habitações, objectos presentes.
IV	Percepção de todos os aspectos no interior das habitações, objectos e locais dentro.
V	Percepção de outros aspectos: acústica, campo passivo de objectos.
VI	As pessoas passam por e não se movem directamente, objectos abstratos e o ambiente de um espaço específico.
VII	Percepção de objectos e ambientes, não apenas, mas também os edifícios e os espaços, não apenas, mas também os edifícios e os espaços.
VIII	Condição acústica e abstrata, no campo passivo de objectos e ambientes.
IX	Verde construído em todo o edifício, uma área dentro do edifício.
X	Condição da matéria dos objectos, grandes desmontagens de terra.
XI	Carta topográfica urbana, espaços antes dentro, cartografia construída antes dentro da habitação.
XII	Descrição total, topografia urbana.

Para um sismo existe apenas uma magnitude, mas várias intensidades.
Porquê?



Apêndice 11 – Guião de exploração da mesa sísmica



Nome:	Nº:	Turma:
-------	-----	--------

Guião de Exploração Prática Modelo da Mesa Sísmica

Contextualização: o que é uma mesa sísmica?

Uma mesa sísmica é um dispositivo experimental utilizado para simular os movimentos do solo durante um sismo, permitindo estudar o comportamento das estruturas quando sujeitas a vibrações sísmicas. Atualmente, as mesas sísmicas são amplamente utilizadas em investigação científica e em engenharia sísmica para testar a resistência de edifícios, pontes e outras estruturas, contribuindo para o desenvolvimento de construções mais seguras e resistentes aos sismos. O modelo utilizado nesta atividade simula principalmente os efeitos das ondas sísmicas S, através de um movimento lateral de valém. A variação da velocidade do motor permite alterar a intensidade das vibrações, funcionando como uma analogia didática para diferentes níveis de energia libertada num sismo.



Objetivo da atividade

Explorar experimentalmente o comportamento de diferentes estruturas quando sujeitas a vibrações sísmicas simuladas, analisando a influência de variáveis como o tipo de construção, a altura, a rigidez e a intensidade do movimento da mesa sísmica.

Parte A – Observação do funcionamento do modelo

- 1- Observa atentamente o movimento da mesa sísmica quando o motor é ligado.
- 2- Identifica o tipo de movimento realizado pela mesa (direção e sentido).

- 3- Relaciona este movimento com o tipo de onda sísmica que o modelo representa.

- 4- Testa diferentes velocidades do motor e observa:

- a intensidade das vibrações;
- a estabilidade de uma estrutura simples colocada sobre a mesa.

Parte B – Construção e planeamento

- 5- Com os materiais fornecidos, constrói uma estrutura que represente um edifício.

- 6- Antes de testar a estrutura na mesa sísmica, regista:

- o tipo de materiais utilizados;
- a altura da estrutura;
- se a estrutura é mais rígida ou mais flexível;
- a forma da base.

Parte C – Exploração experimental

- 7- Coloca a estrutura construída sobre a mesa sísmica.

- 8- Liga o motor numa velocidade baixa e observa o comportamento da estrutura.

- 9- Aumenta progressivamente a velocidade do motor e observa:

- deslocamentos;
- deformações;
- eventual colapso da estrutura.

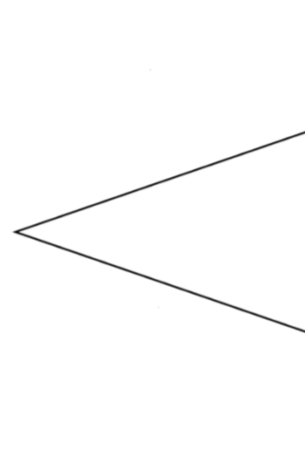
- 10- Regista o nível de destruição observado para cada intensidade testada.

Parte D – Sistematização

- 11- Regista todas as observações efetuadas ao longo da experiência.

- 12- Com base nos dados recolhidos, inicia a construção do V de Gowin, organizando:

- os conceitos teóricos envolvidos;
- os procedimentos realizados;
- os resultados observados;
- as conclusões retiradas.



Apêndice 12 – Vídeo do funcionamento da mesa sísmica (*link para o youtube*)

<https://youtube.com/shorts/db8XRb-4oRk?feature=share>

Apêndice 13 – Planificação da sequência didática

Ano Letivo: 2025/2026

Sequência Didática

Disciplina	Biologia e Geologia
Ano, turma	10.º ano, turma 2
Número de aulas	5
Minutos	400 min.

Professora: Ana Leão

Data: 4/03/2026 a 11/03/2026

Contextualização curricular Domínio: Estrutura e dinâmica da geosfera	
Aprendizagens Essenciais Transversais	Aprendizagens Essenciais Específicas
- Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes. - Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). (DGE, 2018, p.4)	- Caracterizar as ondas sísmicas (longitudinais, transversais e superficiais) quanto à origem, forma de propagação, efeitos e registo. - Usar a teoria da Tectónica de Placas para analisar dados de vulcanismo e sismicidade em Portugal e no planeta Terra, relacionando-a com prevenção de riscos geológicos. (DGE, 2018, p.6-7)
Áreas de Competências	
☐ Linguagens e Textos ☐ Informação e Comunicação ☒ Raciocínio e Resolução de Problemas ☐ Pensamento Crítico e Pensamento Criativo ☒ Relacionamento Interpessoal	☐ Desenvolvimento Pessoal e Autonomia ☐ Bem-Estar, Saúde e Ambiente ☐ Sensibilidade Estética e Artística ☒ Saber Científico, Técnico e Tecnológico ☐ Consciência e Domínio do Corpo
Competências Específicas	
- Indagador/Investigador - Questionador - Participativo/Colaborador	
Descritores	
☐ A X F ☒ B ☐ G ☒ C ☐ H ☒ D X I ☒ E ☐ J	

Campo conceptual	Sismos; ondas sísmicas; magnitude; intensidade; ondas P; ondas S
-------------------------	--

Biologia e Geologia | Professora Ana Leão

1

Ano Letivo: 2025/2026

Abordagem	CTSA
Metodologia de Ensino	Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos
Finalidade(s)	- Analisar o contributo da metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Modelos para a compreensão dos mecanismos de propagação das ondas sísmicas e dos seus efeitos destrutivos por alunos do 10.º ano de escolaridade - Avaliar de que forma a exploração e interpretação de modelos facilitam a aprendizagem de conceitos essenciais da sismologia, tais como ondas sísmicas, a sua propagação e as escalas de destruição e energia.

Aula 1 (50 min.) – Turma completa	
Sumário	Teste diagnóstico

Desenvolvimento da aula				
Professor(a)		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Aplicação do pré-teste diagnóstico (40 min.)	Questionamento	Pré-teste	Identificar concepções prévias e possíveis concepções alternativas dos alunos sobre sismos, ondas sísmicas e efeitos dos sismos.	Resolução individual do pré-teste
2. Introdução à temática dos sismos e antecipação da saída de campo virtual. (10min.)	Exposição		Despertar o interesse dos alunos para a temática da sismologia e preparar cognitivamente a aula seguinte.	Participação oral e registo de ideias-chave no caderno diário.

Biologia e Geologia | Professora Ana Leão

2

Ano Letivo: 2025/2026

Avaliação das aprendizagens			
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens	Observações/TPC
Diagnóstica	Pré-teste	Concepções prévias, ideias alternativas e nível inicial de conhecimentos sobre sismos	

Aula 2 (100 min.) – Turma completa	
Sumário	Saída de campo virtual ao terramoto de Lisboa de 1755

Desenvolvimento da aula				
Professor(a)		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Contextualização histórica e científica do Terramoto de 1755 (10 min.)	Exposição		Compreender a relevância histórica e científica do Terramoto de Lisboa de 1755.	Participação oral
2. Saída de campo virtual – observação guiada (40 min)	Trabalho prático.	Saída de campo virtual (Thinglink)	Identificar os principais efeitos do sismo na cidade de Lisboa e na população.	Observação crítica dos acontecimentos representados.
3. Exploração do guião de campo virtual (40 min)	Questionamento	Guião de campo virtual	Analisar os efeitos do sismo antes, durante e após o evento, relacionando-os com o risco sísmico.	Resolução dos exercícios propostos no guião de campo.
4. Discussão e sistematização dos conteúdos (10 min.)	Debate	Quadro	Reconhecer a importância das primeiras estratégias de mitigação sísmica e a relação com práticas atuais	Participação oral

Biologia e Geologia | Professora Ana Leão

3

Ano Letivo: 2025/2026

Avaliação das aprendizagens			
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens	Observações/TPC
Formativa	Guião de campo preenchido	Capacidade de observação, interpretação dos efeitos do sismo, articulação entre ciência, tecnologia e sociedade.	Conclusão do guião de campo (se necessário)

Aula 3 (50 min.) – Turma completa	
Sumário	Exploração das ondas sísmicas P e S através de mini-modelos (mola e onda sísmica humana)

Desenvolvimento da aula				
Professor(a)		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Revisão e ligação com a aula anterior (5 min.)	Exposição	- Quadro - PowerPoint	Relacionar os efeitos observados num sismo com a propagação de energia no interior da Terra.	Participação oral
2. Exploração do mini-modelo da mola (ondas P e S). (10min.)	Modelação	Mola	Compreender a forma de propagação das ondas sísmicas P e S e a direção do movimento das partículas.	Manipulação do modelo e observação dos fenómenos.
3. Simulação da propagação das ondas em diferentes meios (10min.)	Modelação		Diferenciar a propagação das ondas sísmicas em meios sólidos e líquidos.	Participação ativa na simulação.
4. Realização da ficha de trabalho (25 min.)	Questionamento	Ficha de trabalho	Consolidar os conceitos de ondas sísmicas, tipo de movimento e meios de propagação.	Resolução da ficha de trabalho

Biologia e Geologia | Professora Ana Leão

4

Ano Letivo: 2025/2026

Avaliação das aprendizagens			
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens	Observações/TPC
Formativa	Ficha de trabalho preenchida	Compreensão da propagação das ondas P e S; capacidade de relacionar modelos com fenómenos reais.	Conclusão do guião de campo (se necessário)

Aula 4 (150 min.) – Turma dividida em turnos	
Sumário	Exploração de uma mesa sísmica

Desenvolvimento da aula				
Professor(a)		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Introdução ao modelo da mesa sísmica e revisão conceptual (20 min.)	Exposição	Mesa sísmica	Reconhecer a mesa sísmica como um modelo representativo da propagação das ondas sísmicas S.	Participação oral
2. Exploração inicial da mesa sísmica e testagem das estruturas (com os diferentes materiais e com alturas diferentes) (60min.)	Modelação	- Mesa sísmica - Blocos de íman - Blocos de madeira - Palitos - Plasticina	- Analisar a influência das características das estruturas na resistência aos sismos. - Relacionar a intensidade sísmica com o grau de destruição observado.	- Construção dos modelos. - Registo sistemático dos resultados.

Biologia e Geologia | Professora Ana Leão

5

Biologia e Geologia | Professora Ana Leão

Ano Letivo: 2025/2026

Apêndice 14 – Rúbrica de avaliação dos V de Gowin

[illegible]

Anexos

Anexo 1 – Respostas ao Pré-teste

[https://drive.google.com/drive/folders/1DaGeyjPgYlv61VjY_mcPNmHv9NzYW06A?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/1DaGeyjPgYlv61VjY_mcPNmHv9NzYW06A?usp=drive_link)

Anexo 2 – Guiões saída de campo virtual preenchidos

[https://drive.google.com/drive/folders/15wh-X9_JmQMHJIUVAH7JSuHWS8Tx2GGh?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/15wh-X9_JmQMHJIUVAH7JSuHWS8Tx2GGh?usp=drive_link)

Anexo 3 – Guiões de exploração dos “mini-modelos” preenchidos

[https://drive.google.com/drive/folders/1eFT-Dytc6_niipwJiwAhdw4fSYYtQP4-?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/1eFT-Dytc6_niipwJiwAhdw4fSYYtQP4-?usp=drive_link)

Anexo 4 – V de Gowin preenchidos

[https://drive.google.com/drive/folders/1WPoVmi5ey34m8IIYQelrJIA_-A_aRB_X?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/1WPoVmi5ey34m8IIYQelrJIA_-A_aRB_X?usp=drive_link)

Anexo 5 – Respostas Pós-teste

[https://drive.google.com/drive/folders/18b6d-TVnYecVMGS6yp1nKe6S8z5qHIHS?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/18b6d-TVnYecVMGS6yp1nKe6S8z5qHIHS?usp=drive_link)

Anexo 6 – Respostas Questionário (*snapshot*)

https://drive.google.com/drive/folders/1IHR24t0Hmp2VQwrtvHKcaMcrAZ-MFUn8?usp=drive_link

Anexo 7 – Parecer da Comissão de ética



Parecer

Ref.: Proc. CE2025/p642708

Relativamente ao pedido de parecer requerido por Maria Ana dos Santos Leão no âmbito do projeto intitulado "Ondas sísmicas e destruição: Proposta de um modelo para o ensino da sismologia no 10º ano de escolaridade", a Comissão de Ética nada tem a opor à realização desse projeto, uma vez que estão garantidos o anonimato para o exterior, a confidencialidade no tratamento dos dados recolhidos, o consentimento informado dos encarregados de educação/tutores responsáveis pelos alunos menores de idade, o assentimento informado desses mesmos alunos participantes no projeto e o consentimento informado dos alunos maiores de idade.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 15 de janeiro de 2026

O Presidente da Comissão de Ética

Anexo 8 – Consentimento informado

Declaração de Consentimento Informado
(para alunos menores)

Título do projeto: "Ondas sísmicas e destruição: Proposta de um modelo para o ensino da sismologia no 10º ano de escolaridade"

Nome do investigador principal: Ana Leão

Orientador/coorientador científico: Cecília Guerra

Contactos do investigador principal (e.g., e-mail, telefone, etc): up202107925@up.pt

Eu, _____, encarregado de educação abaixo assinado, declaro que:

1. Autorizo a participação do meu educando, _____, no projeto acima referido.
2. Compreendi as informações contidas neste documento, bem como as eventuais informações verbais que me foram transmitidas pelo investigador acima referido, sobre o projeto supracitado.
3. Compreendi que a participação do meu educando no projeto mencionado incluirá a aplicação de um pré-teste e de um pós-teste, a observação direta das atividades desenvolvidas em contexto de sala de aula, com e sem recurso a grelha de observação, bem como a recolha e análise dos materiais produzidos ao longo da sequência didática, nomeadamente o guião da saída de campo virtual, os registos associados à exploração do modelo da mesa sísmica, o V de Gowin e a ficha de trabalho final.
4. Percebi que os dados recolhidos serão tratados pelos investigadores, sendo garantido o anonimato para o exterior.
5. Entendi que os investigadores irão 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 do projeto em causa.
6. Os dados recolhidos no âmbito deste projeto, nomeadamente as respostas ao pré-teste e ao pós-teste aplicados em formato papel, bem como os restantes registos associados à investigação, serão armazenados em suporte físico pela investigadora, garantindo a confidencialidade, o anonimato dos participantes e a proteção dos dados, em conformidade com a legislação em vigor.

O encarregado de educação: _____ O investigador principal: _____

Data: __/__/____ Data: __/__/____

Link para consentimentos preenchidos:
https://drive.google.com/drive/folders/1hea5bTXPpx6uP8QkeCrzhXVOZ87o780c?usp=drive_link

Anexo 9 – Assentimento informado

Declaração de Assentimento Informado
(de alunos menores)

Título do projeto: "Ondas sísmicas e destruição: Proposta de um modelo para o ensino da sismologia no 10º ano de escolaridade"

Nome do investigador principal: Ana Leão

Orientador/coorientadores científicos: Cecília Guerra

Contactos do investigador principal (e.g., e-mail, telefone, etc): up202107925@up.pt

Eu, _____ abaixo-assinado, aceito participar neste projeto, sabendo que é garantido o anonimato para o exterior, a confidencialidade no tratamento dos dados assim como a proteção e segurança dos dados dos intervenientes. Compreendo que a minha participação é voluntária e anónima. Sei que posso desistir a qualquer momento da participação neste projeto, sem indicar o motivo.

O aluno:

Data: __/__/__

O investigador principal:

Data: __/__/__

Link para assentimentos preenchidos:
[https://drive.google.com/drive/folders/1HjU9IemLEcXrvDIOmIT2dyII-U6brCz-
?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/1HjU9IemLEcXrvDIOmIT2dyII-U6brCz-?usp=drive_link)