Desafio abiótico: o impacto das atividades experimentais num projeto interdisciplinar no 8.º Ano de escolaridade

Joana Filipa Valério Anjos Santos
Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário
Unidade do Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2026

Desafio abiótico: o impacto das atividades experimentais num projeto interdisciplinar no 8.º Ano de escolaridade

Joana Filipa Valério Anjos Santos

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 do Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2026

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

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

UNIDADE DE ENSINO
DAS CIÊNCIAS

Para a minha família.

Amo-vos!

Agradecimentos

Ensinar é muito mais do que transmitir conhecimento: é contribuir para a formação de pessoas, acompanhá-las no seu crescimento e ajudá-las a descobrir aquilo de que são capazes. Este percurso permitiu-me compreender, de forma ainda mais profunda, a responsabilidade, o desafio e o privilégio que existem em educar.

À Professora Doutora Clara Vasconcelos, Diretora do Curso, agradeço a disponibilidade, o acompanhamento e a orientação ao longo deste percurso, sobretudo nos momentos em que precisei de ajuda para encontrar o caminho a seguir.

À Professora Doutora Cecília Guerra, minha orientadora, deixo um agradecimento muito especial por todo o apoio, pela disponibilidade, pelos conselhos e pela orientação ao longo deste trabalho. A sua presença foi essencial para ultrapassar dúvidas, reorganizar ideias e continuar a avançar nos momentos mais exigentes deste percurso.

Ao Professor Nuno Correia, meu coorientador e orientador cooperante, agradeço todo o apoio, a confiança e a abertura com que acolheu as minhas ideias. Obrigada por acreditar no meu trabalho, por me dar espaço para experimentar, aprender e crescer e, sobretudo, por me permitir descobrir o meu lugar no mundo da Educação. Foi através dessa liberdade, acompanhada sempre pelo seu apoio e experiência, que pude começar a construir a professora que quero ser.

À minha família, agradeço profundamente todo o apoio ao longo destes dois anos. Obrigada por estarem presentes, por compreenderem as ausências, os dias mais preenchidos e o cansaço e, sobretudo, por cuidarem tantas vezes da minha filha, procurando dar-me o tempo de que precisava para estudar, preparar aulas, desenvolver trabalhos e concluir este percurso. Uma parte importante desta conquista também vos pertence.

À minha filha, Luísa, que tanto conseguiu tornar os dias mais leves com um sorriso como parecia escolher precisamente os momentos de maior trabalho para se revoltar com o mundo inteiro. Entre gargalhadas, birras, noites mais difíceis e abraços inesperados, foste lembrando-me constantemente daquilo que realmente importa. Conciliar este percurso contigo nem sempre foi fácil, mas tornou-me mais resiliente, mais capaz e mais consciente de que consigo ultrapassar as dificuldades e continuar a crescer.

Espero que um dia este percurso também te possa servir de exemplo. Que saibas que a vida está em constante mudança e que nunca tens de ficar presa a um único caminho. Podes mudar de direção, recomeçar, experimentar caminhos diferentes e procurar

aquele que verdadeiramente te realiza. Espero que tenhas sempre a coragem de perseguir os teus sonhos, mesmo quando isso significar começar de novo.

Por fim, ao meu marido, meu companheiro de sempre, aquele que, de certa forma, me trouxe até este mundo e esteve ao meu lado durante toda esta mudança. Obrigada por procurares dar-me todo o apoio possível, mesmo nos momentos em que também tu precisavas de apoio, de ajuda e de aliviar o peso que carregavas. Obrigada por acreditares que eu seria capaz de fazer esta mudança antes mesmo de eu ter a certeza disso.

Sem ti, provavelmente não teria dado esta reviravolta à minha vida nem estaria hoje a partilhar contigo um sonho que começou por ser teu e que, entretanto, também se tornou meu. Deste-me a oportunidade de descobrir um novo caminho e ajudaste a construir comigo a possibilidade de um futuro diferente e melhor.

Chegamos até aqui como temos chegado a tudo: em conjunto, lado a lado, juntos, sempre.

Resumo

O trabalho experimental pode aproximar os conhecimentos científicos de fenómenos observáveis, desde que a realização dos procedimentos seja acompanhada da interpretação das evidências. Este estudo, desenvolvido no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia, teve como finalidade analisar o contributo de uma atividade experimental interdisciplinar, mediada pelo uso de tecnologia digital, para a aprendizagem dos fatores abióticos e da sua influência no desenvolvimento das plantas, no 8.º ano de escolaridade.

A intervenção pedagógica «Desafio Abiótico» envolveu 50 alunos de duas turmas, que acompanharam plantas de hortelã (Mentha sp.) submetidas a diferentes condições ambientais. Os alunos realizaram observações, produziram registos fotográficos e utilizaram sensores ligados ao Arduino. A investigação adotou uma abordagem mista, recorrendo ao pré-teste e ao pós-teste, à recolha documental de nove diários digitais e de nove vídeos finais, à observação participante e a uma grelha de acompanhamento. A comparação dos questionários incidiu sobre 45 respostas emparelhadas.

Os resultados revelaram uma evolução global favorável, embora desigual. A média de respostas corretas nos 12 itens fechados aumentou de 62,4% para 74,6%, com progressos mais claros na compreensão da condição de controlo. Melhorou também a qualidade de parte das justificações relativas aos filtros de luz, mantendo-se dificuldades na identificação das variáveis experimentais e em algumas interpretações sobre a luz e o pH. Os sensores complementaram a observação direta, mas a interpretação das leituras exigiu orientação docente. A atividade criou ainda oportunidades de articulação entre Ciências Naturais e Físico-Química.

Conclui-se que a intervenção constituiu um contexto pertinente de aplicação e consolidação de conhecimentos científicos e experimentais, embora os efeitos observados tenham sido parciais e diferenciados. A interpretação dos resultados deve considerar a lecionação prévia dos conteúdos, a ausência de um grupo de comparação, a inexistência de avaliação diferida e a variabilidade associada às condições experimentais e aos registos dos grupos. Em investigações futuras, seria relevante implementar a sequência mais próxima da introdução dos conteúdos, incluir uma avaliação diferida e, quando possível, um grupo de comparação, bem como analisar de

forma mais sistemática a evolução das explicações dos alunos e o papel dos sensores na articulação entre observação, dados e conhecimento científico.

Palavras-chave: fatores abióticos, Arduino, modelo dos 5E, conceções alternativas, ensino das Ciências.

Abstract

Experimental work can bring scientific knowledge closer to observable phenomena, provided that practical procedures are accompanied by the interpretation of evidence. This study, conducted within the Supervised Teaching Practice of the Master's Degree in Teaching Biology and Geology, aimed to analyse the contribution of an interdisciplinary experimental activity, mediated by digital technology, to 8th-grade students' learning about abiotic factors and their influence on plant development.

The pedagogical intervention, entitled ‘Abiotic Challenge’, involved 50 students from two classes who monitored mint plants (Mentha sp.) under different environmental conditions. Students carried out observations, produced photographic records and used Arduino-connected sensors. The study followed a mixed-methods approach, using a pre-test and post-test, documentary collection of nine digital investigation diaries and nine final videos, participant observation and a monitoring grid. The questionnaire comparison included 45 paired responses.

The results showed an overall favourable, but uneven, evolution. The mean percentage of correct answers across the 12 closed items increased from 62.4% to 74.6%, with the clearest progress in understanding the control condition. The quality of some explanations concerning light filters also improved, while difficulties persisted in identifying experimental variables and in some interpretations of light and pH. Sensors complemented direct observation, although interpreting the readings required teacher guidance. The activity also created opportunities to connect knowledge and procedures from Natural Sciences and Physics and Chemistry.

It is concluded that the intervention provided a relevant context for the application and consolidation of scientific and experimental knowledge, although the observed effects were partial and varied. The interpretation of the results should take into account the prior teaching of the content, the absence of a comparison group, the lack of delayed assessment, and the variability associated with the experimental conditions and the groups’ records. Future research should implement the sequence closer to the introduction of the content, include delayed assessment and, where possible, a comparison group, as well as analyse more systematically the development of students’ explanations and the role of sensors in connecting observation, data, and scientific knowledge.

Keywords: abiotic factors, Arduino, 5E instructional model, alternative conceptions, science education.

Índice

Lista de Tabelas ix
Lista de Gráficos x
Lista de Figuras xi
Lista de Abreviaturas xii
1. Introdução 1
1.1. Contextualização do estudo e definição do problema 1
1.2. Motivação e pertinência do estudo 2
1.3. Finalidade, objetivos e questões de investigação 3
1.4. Organização do relatório 4
2. Enquadramento teórico 5
2.1 Fatores abióticos e fisiologia vegetal 5
2.2 Conceções alternativas e mudança conceptual 6
2.3 Ensino orientado para a aprendizagem por investigação 7
2.4 O uso de sensores e Arduino no ensino das Ciências 9
3. Sequência didática “Desafio Abiótico” 12
3.1. Enquadramento curricular da sequência didática 12
3.2. Organização dos grupos e das condições experimentais 14
3.3. Recursos materiais, montagem experimental e uso de sensores 15
3.4. Desenvolvimento, calendarização e implementação da SD 20
3.5. Registos e produtos elaborados pelos alunos 24
4. Metodologia da investigação 25
4.1. Paradigma e desenho da investigação 25
4.2. Contexto e participantes envolvidos no estudo 26
4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados 27
4.4. Procedimentos de análise dos dados 31
4.5. Questões Éticas 32
5. Resultados 33

5.1. Caracterização do corpus de análise 33
5.2. Resultados do pré-teste e do pós-teste 34
5.3. Produções dos alunos e observação participante 38
6. Discussão dos resultados 41
6.1. Influência dos fatores abióticos no desenvolvimento das plantas 41
6.2. Conhecimentos relacionados com o trabalho experimental 42
6.3. Contributo do uso dos sensores e da interdisciplinaridade 43
6.4. Síntese interpretativa, limitações e implicações para a prática 44
7. Conclusões 45
7.1. Síntese geral do estudo 45
7.2. Resposta às questões de investigação 45
7.3. Contributos e limitações do estudo 46
7.4. Reflexão sobre a prática profissional 46
Referências Bibliográficas 48
Apêndice 1 – Planificação inicial da sequência didática "Desafio Abiótico" 53
Apêndice 2 – Pré-teste e pós-teste implementados 54
Apêndice 3 – Exemplo de diário de investigação 56
Apêndice 4 – Guião de orientação para a elaboração do vídeo final 58
Apêndice 5 – Grelha de acompanhamento do preenchimento dos diários digitais de investigação 61
Anexo 1 – Parecer da Comissão de Ética da FCUP 62
Anexo 2 – Consentimento informado dos Encarregados de Educação 63
Anexo 3 – Assentimento informado dos alunos participantes 64

Lista de Tabelas

Tabela 1- Objetivos científicos, pedagógicos e profissionais da investigação. 4
Tabela 2- Síntese das condições experimentais, variáveis e dados recolhidos. 17
Tabela 3- Principais ajustamentos entre a planificação inicial e a implementação da sequência didática. 21
Tabela 4- Sequência didática efetivamente implementada. 22
Tabela 5- Caracterização dos participantes por turma. 26
Tabela 6- Síntese das questões, objetivos e tipologia do pré-teste e do pós-teste. 30
Tabela 7- Constituição do corpus de análise. 34
Tabela 8- Classificação das justificações relativas aos filtros de luz no pré-teste e no pós-teste (n = 45). 37
Tabela 9- Síntese das evidências identificadas nas produções dos alunos e na observação participante. 39
Tabela 10- Calendarização inicialmente planificada da sequência didática "Desafio Abiótico". 53

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Percentagem de respostas corretas no pré-teste e no pós-teste, por conteúdo avaliado (n = 45). 35
Gráfico 2- Evolução individual do número de respostas corretas entre o pré-teste e o pós-teste (n = 45). 36
Gráfico 3- Distribuição das respostas relativas aos filtros de luz no pré-teste e no pós-teste (n = 45). 36

Lista de Figuras

Figura 1 - Esquema da organização das condições experimentais na bancada do laboratório. Nota. Esquema elaborado pela autora com apoio de inteligência artificial (ChatGPT, OpenAI, 2026), posteriormente revisto e adaptado para representar a montagem experimental 15
Figura 2- Condições experimentais acompanhadas durante a sequência didática: (A) controlo; (B) efeito de estufa; (C) escuridão total; (D) excesso de água; (E) filtro vermelho; (F) filtros verde e azul. 16
Figura 3- Placa de Arduino e sensores utilizados na recolha de dados: (A) sensor de luminosidade; (B) sensor de humidade do solo; (C) sensor de pH; (D) sensor de temperatura e humidade relativa do ar. 19
Figura 4- Exemplo anonimizado da evolução da resposta de um participante à questão relativa aos filtros de luz. 38

Lista de Abreviaturas

AE	APRENDIZAGENS ESSENCIAIS
BSCS	BIOLOGICAL SCIENCES CURRICULUM STUDY
CLIL	CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING
DGE	DIREÇÃO-GERAL DA EDUCAÇÃO
EOAI	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM POR INVESTIGAÇÃO
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
OCFN	OFICINA DAS CIÊNCIAS FÍSICO-NATURAIS
PASEO	PERFIL DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
PES	PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA
PI	PROFESSORA-INVESTIGADORA
SD	SEQUÊNCIA DIDÁTICA
STEM	SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND MATHEMATICS (CIÊNCIA, TECNOLOGIA, ENGENHARIA E MATEMÁTICA)

1. Introdução

Este capítulo enquadra a investigação desenvolvida no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada. Apresentam-se o problema que deu origem à intervenção, a motivação e a pertinência do estudo, a finalidade, os objetivos e as questões de investigação, e conclui-se com uma breve descrição da organização do relatório.

1.1. Contextualização do estudo e definição do problema

O ensino das Ciências deve proporcionar aos alunos oportunidades de observar fenómenos, interpretar evidências e construir explicações cientificamente fundamentadas. O trabalho prático de natureza experimental pode contribuir para esse processo quando a manipulação de materiais e a execução de procedimentos são acompanhadas de orientação que ajude a relacionar o que é observado às ideias científicas que lhe dão significado (Abrahams & Millar, 2008).

No ensino da Biologia, esta relação entre observação, evidência e explicação é particularmente importante, pois muitos fenómenos resultam da interação entre os organismos e o ambiente. Os fatores abióticos constituem um exemplo claro: a luz, a água, a temperatura, a humidade e as características do solo influenciam o desenvolvimento das plantas de forma interdependente, não sendo adequado interpretar a resposta dos organismos a partir de uma única condição isolada (Begon et al., 2006; Taiz et al., 2015).

Apesar da proximidade destes fenómenos com o quotidiano, os alunos podem mobilizar explicações simplificadas ou conceções alternativas que persistem após o ensino formal (Chi, 2008; Duit & Treagust, 2003). Por isso, torna-se relevante criar situações em que possam confrontar conhecimentos prévios com observações e dados produzidos num contexto concreto.

Foi neste enquadramento que se desenvolveu a sequência didática «Desafio Abiótico», integrada na Prática de Ensino Supervisionada no ano letivo de 2025/2026. A intervenção envolveu duas turmas do 8.º ano de uma escola pública e centrou-se no acompanhamento de plantas de hortelã (*Mentha* sp.) submetidas a diferentes condições ambientais. Os alunos realizaram observações, recolheram registos fotográficos e utilizaram sensores ligados ao Arduino para caracterizar as condições abióticas.

O objeto central da investigação foi educativo. Não se pretendia determinar experimentalmente os efeitos fisiológicos de cada condição nas plantas, mas sim analisar os conhecimentos manifestados pelos alunos e o modo como a participação numa atividade experimental, apoiada pela observação direta e por dados instrumentais, poderia contribuir para a compreensão dos fatores abióticos e para a mobilização de conhecimentos associados ao trabalho experimental.

1.2. Motivação e pertinência do estudo

A intervenção partiu de dificuldades observadas no contexto da prática pedagógica. Embora os alunos já tivessem contactado com os fatores abióticos e com conceitos associados ao trabalho experimental, nem sempre os mobilizavam adequadamente em situações concretas, sobretudo na identificação da condição de controlo e das variáveis. Esta constatação levou à opção por uma atividade em que os conhecimentos pudessem ser retomados por meio da observação, da medição, do registo e da interpretação de um fenómeno real.

A escolha de plantas permitiu acompanhar organismos vivos ao longo de várias semanas e observar alterações associadas às condições ambientais. A atividade foi estruturada de acordo com a experiência dos participantes e os constrangimentos do contexto, mantendo os alunos envolvidos na recolha e na interpretação de evidências. Esta opção é coerente com a literatura sobre ensino por investigação, que destaca a importância da participação ativa, bem como da orientação docente quando os alunos ainda não dominam os procedimentos ou conhecimentos necessários (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016).

A utilização de sensores associados ao Arduino acrescentou uma dimensão tecnológica à observação direta e criou oportunidades de articulação entre Ciências Naturais e Físico-Química. Para a professora-investigadora (PI), a conceção e análise da sequência permitiram ainda refletir sobre a organização do trabalho experimental, o grau de orientação, a utilização pedagógica da tecnologia e os ajustes necessários numa atividade prolongada. A pertinência do estudo decorre, assim, da articulação entre uma necessidade identificada nas turmas e a análise crítica de uma estratégia experimental, tecnológica e interdisciplinar.

1.3. Finalidade, objetivos e questões de investigação

A presente investigação teve como finalidade analisar o contributo da realização de uma atividade experimental interdisciplinar, mediada pelo uso de tecnologia digital, para a aprendizagem dos fatores abióticos e da sua influência no desenvolvimento das plantas, no 8.º ano de escolaridade.

A partir desta finalidade, definiu-se a seguinte questão principal de investigação:

De que modo uma atividade experimental interdisciplinar, baseada na observação direta e na utilização de sensores associados ao Arduino, contribui para a compreensão da relação entre os fatores abióticos e o desenvolvimento das plantas por alunos do 8.º ano de escolaridade?

Desta questão principal decorreram três subquestões:

1. Como evoluiu a compreensão dos alunos sobre a influência dos fatores abióticos no desenvolvimento das plantas antes e após a realização da atividade experimental?
2. De que modo a utilização de sensores associados ao Arduino complementa a observação direta na caracterização das condições abióticas a que as plantas estão sujeitas?
3. De que modo a atividade experimental promove a mobilização articulada de conhecimentos de Ciências Naturais e de Físico-Química na interpretação dos fenómenos estudados?

Os objetivos científicos, pedagógicos e profissionais definidos com base na finalidade e nas questões de investigação encontram-se sintetizados na Tabela 1.

Dimensão	Objetivo
Científica	• Compreender e interpretar a influência dos fatores abióticos no desenvolvimento das plantas. • Relacionar dados quantitativos relativos às condições abióticas, obtidos através de sensores, com as observações realizadas nas plantas. • Interpretar situações experimentais distinguindo a condição controlo, as variáveis envolvidas e os dados obtidos através dos sensores. • Mobilizar conhecimentos de Ciências Naturais e de Físico-Química na interpretação dos fenómenos estudados.

Dimensão	Objetivo
Pedagógica	• Promover a observação, medição, registo e interpretação de dados no contexto de uma atividade experimental prolongada. • Desenvolver a capacidade de formular explicações fundamentadas através da articulação entre observações qualitativas e dados quantitativos. • Promover o pensamento crítico através da análise e interpretação das evidências recolhidas.
Profissional	• Desenvolver uma prática reflexiva através da conceção, implementação e avaliação crítica de uma sequência didática experimental. • Avaliar as potencialidades e as limitações da integração de tecnologia digital e da interdisciplinaridade no ensino das Ciências. • Identificar aspetos da intervenção suscetíveis de reformulação, com vista à melhoria de futuras práticas pedagógicas.

Tabela 1- Objetivos científicos, pedagógicos e profissionais da investigação.

A finalidade, as questões e os objetivos orientaram a conceção da sequência didática, a seleção dos instrumentos de recolha de dados e a análise das evidências.

1.4. Organização do relatório

O relatório encontra-se organizado em sete capítulos. Após esta introdução, o Capítulo 2 apresenta o enquadramento teórico. O Capítulo 3 descreve a sequência didática «Desafio Abiótico» e a respetiva implementação. O Capítulo 4 apresenta a metodologia da investigação. Seguem-se, no Capítulo 5, os resultados; a respetiva discussão à luz da literatura, no Capítulo 6; e as conclusões e a reflexão sobre a prática profissional, no Capítulo 7. As referências bibliográficas, os apêndices e os anexos reúnem, no final, as fontes citadas e os materiais complementares à compreensão do estudo.

2. Enquadramento teórico

Este capítulo reúne os fundamentos científicos e didáticos que sustentam a intervenção e a interpretação dos resultados. Partindo da influência dos fatores abióticos no desenvolvimento vegetal, abordam-se as conceções alternativas e a mudança conceptual, o ensino orientado para a aprendizagem por investigação e o trabalho experimental, o modelo dos 5E (*Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration e Evaluation*), a utilização de sensores associados à plataforma Arduino e, por fim, a interdisciplinaridade no ensino das Ciências.

2.1 Fatores abióticos e fisiologia vegetal

As plantas encontram-se continuamente expostas às condições do meio e, por serem organismos sésseis, dependem da capacidade de ajustar o crescimento e o funcionamento às variações ambientais. A luz, a água, a temperatura, a humidade do ar e as características do solo constituem fatores abióticos relevantes, cujos efeitos não ocorrem isoladamente. O desenvolvimento vegetal resulta da interação entre estas condições e depende também da espécie, da fase de desenvolvimento e da duração da exposição (Begon et al., 2006; Taiz et al., 2015).

A luz fornece energia para a fotossíntese e também atua como sinal regulador do desenvolvimento. A resposta das plantas depende da intensidade, da duração e da composição da radiação. Em escuridão, o crescimento pode manter-se temporariamente através das reservas, embora surjam alterações associadas ao estiolamento. Também não é correto assumir que a luz verde é totalmente inutilizada: parte é refletida, mas outra parte pode ser transmitida ou absorvida em regiões mais profundas dos tecidos. Por isso, a relação entre a cor da luz e o desenvolvimento não deve ser reduzida a uma hierarquia absoluta de comprimentos de onda (Taiz et al., 2015; Liu & van Iersel, 2021).

A água participa no transporte de substâncias, na manutenção da turgescência e em processos metabólicos, pelo que tanto o défice como o excesso podem limitar o desenvolvimento. O défice hídrico pode conduzir ao fecho estomático e reduzir a atividade fotossintética, enquanto o encharcamento diminui a disponibilidade de oxigénio na zona radicular e condiciona a respiração e a absorção de água e nutrientes (Kramer & Boyer, 1995; Chaves et al., 2002; Sauter, 2013).

A humidade relativa do ar e a temperatura interferem igualmente no balanço hídrico e no metabolismo. Uma menor humidade do ar tende a favorecer a perda de água por transpiração, embora o efeito também dependa da temperatura, da circulação do ar e da abertura estomática. A temperatura, por sua vez, condiciona a velocidade de várias reações e processos fisiológicos e deve ser interpretada em articulação com a luz e a disponibilidade de água (Nobel, 2009; Taiz et al., 2015).

Não só o pH influencia a disponibilidade de nutrientes como também pode afetar o desenvolvimento das plantas. O efeito não é o mesmo em todas as espécies e depende da magnitude da alteração e das características do substrato. Assim, um solo ligeiramente ácido ou alcalino não é necessariamente prejudicial, e pequenas alterações podem não produzir diferenças visíveis num curto período (Weil & Brady, 2017).

A interpretação das respostas das plantas exige, portanto, prudência. Alterações na coloração, no número de folhas, na densidade da folhagem ou no crescimento aparente podem constituir evidências úteis, mas não permitem, isoladamente, identificar o processo fisiológico responsável. A variabilidade biológica e a interação entre fatores dificultam estabelecer relações causais simples, o que torna particularmente importante distinguir observação de explicação e considerar as ideias que os alunos mobilizam para interpretar os fenómenos (Begon et al., 2006; Taiz et al., 2015).

2.2 Conceções alternativas e mudança conceptual

Os alunos chegam à sala de aula com ideias construídas a partir da experiência quotidiana, da linguagem e de aprendizagens anteriores. Estas conceções influenciam a interpretação de novos conteúdos e podem coexistir com conhecimentos cientificamente adequados, mesmo após o ensino formal (Driver et al., 1994; Duit & Treagust, 2003).

No estudo dos fatores abióticos, a complexidade das relações entre organismos e ambiente pode favorecer explicações lineares. A importância da água, por exemplo, pode conduzir à generalização de que uma maior disponibilidade promove sempre maior desenvolvimento; de forma semelhante, a dependência da fotossíntese relativamente à luz pode ser confundida com a interrupção imediata de todo o crescimento na escuridão. Estas interpretações simplificam processos que dependem de vários fatores e da duração da exposição (Chi, 2008).

A mudança conceptual implica mais do que apresentar a resposta cientificamente correta. No modelo de Posner et al. (1982), uma nova explicação tende a ser aceite quando o aluno reconhece limitações na conceção anterior e considera a alternativa inteligível, plausível e útil. Trabalhos posteriores reforçam que as ideias prévias podem persistir e voltar a ser mobilizadas noutros contextos, pelo que a aprendizagem não deve ser entendida como uma substituição imediata e definitiva (Duit & Treagust, 2003).

Por esta razão, a alteração de uma resposta fechada não constitui, por si só, evidência de mudança conceptual estável. Importa considerar a capacidade de justificar escolhas, aplicar o conhecimento a situações diferentes e relacionar as explicações com as evidências disponíveis (Chi, 2008; Duit & Treagust, 2003). Em atividades com organismos vivos, esta exigência aumenta, porque os efeitos podem ser graduais, variáveis ou pouco visíveis durante o período de observação.

Torna-se, assim, necessário criar situações em que os alunos explicitem as suas ideias, confrontem-nas com dados e aprendam a distinguir o que observaram da interpretação que constroem. Esta necessidade liga a mudança conceptual a metodologias que valorizam a investigação e o raciocínio a partir de evidências.

2.3 Ensino orientado para a aprendizagem por investigação

O ensino orientado para a aprendizagem por investigação (EOAI) procura aproximar a aprendizagem escolar de práticas associadas à construção do conhecimento científico. Inclui a problematização, a mobilização de conhecimentos prévios, a recolha e interpretação de dados, a elaboração de conclusões e a discussão dos resultados. Pedaste et al. (2015) sistematizam este processo em cinco fases gerais — orientação, conceptualização, investigação, conclusão e discussão —, que podem articular-se de forma flexível.

A participação ativa dos alunos não implica ausência de orientação docente. Meta-análises sobre ensino por investigação mostram que o apoio do professor é particularmente relevante quando os alunos ainda não dominam os procedimentos ou os conhecimentos necessários, podendo favorecer tanto a aprendizagem conceptual como o desempenho nas tarefas (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016). Minner et al. (2010) destacam igualmente a importância de envolver os alunos no raciocínio científico e na construção de conclusões a partir de dados.

Neste contexto, importa distinguir trabalho prático do tipo laboratorial e/ou experimental. O trabalho prático envolve a participação ativa do aluno, o laboratorial associa-se à utilização de materiais e equipamentos específicos e o experimental caracteriza-se pela manipulação ou estudo de variáveis e pela análise das relações entre elas (Leite, 2001; Martins et al., 2007). A execução de procedimentos, porém, não garante a compreensão das ideias científicas que os sustentam.

Abrahams e Millar (2008) mostram precisamente que o trabalho prático pode envolver eficazmente os alunos na ação e na observação, numa dimensão *hands-on*, sem assegurar uma mobilização conceptual equivalente, ou *minds-on*. Para que a experiência contribua para a aprendizagem, torna-se necessária uma mediação explícita entre procedimentos, resultados e explicações científicas.

A compreensão da lógica experimental inclui a distinção entre a condição de controlo e as variáveis de controlo. A primeira serve de referência para comparar a condição em que o fator é alterado; as variáveis de controlo correspondem aos fatores que se procura manter constantes. Do mesmo modo, a variável independente é o fator deliberadamente alterado e a variável dependente corresponde à resposta observada ou medida em função dessa alteração.

A investigação indica que identificar e controlar variáveis não se desenvolve automaticamente pela realização de experiências. Estas competências beneficiam de ensino explícito, apoio e oportunidades repetidas de aplicação (Arnold et al., 2014; Schwichow et al., 2016; Zimmerman, 2007). Assim, o EOAI não pressupõe que o professor se limite a disponibilizar materiais; exige um equilíbrio entre autonomia e orientação ajustado aos objetivos, à experiência dos alunos e à complexidade da tarefa.

Estes princípios articulam-se com o modelo de ensino dos 5E, que organiza a aprendizagem em momentos de envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação.

O modelo de ensino dos 5E foi desenvolvido no âmbito do Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) para apoiar sequências de ensino centradas na participação ativa e na construção progressiva de explicações científicas (Bybee et al., 2006; Duran & Duran, 2004). A designação corresponde às fases Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration e Evaluation, em português, envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação.

No envolvimento, mobilizam-se conhecimentos prévios e apresenta-se o problema. A exploração proporciona contacto com fenómenos, materiais ou dados antes da sistematização conceptual. Na explicação, as observações são relacionadas com conceitos científicos e os alunos são chamados a justificar as suas interpretações. A elaboração promove a aplicação do conhecimento a novas situações e a avaliação recolhe informação sobre a progressão das aprendizagens (Bybee et al., 2006).

Estas fases funcionam como uma estrutura orientadora, e não como uma sequência rígida. Podem sobrepor-se ou ser retomadas à medida que surgem novas evidências e dificuldades. A avaliação, em particular, pode ocorrer ao longo de toda a sequência por meio do questionamento, da observação ou da análise das produções dos alunos (Bybee et al., 2006; Duran & Duran, 2004).

O modelo aproxima-se de perspetivas construtivistas ao reconhecer que as novas aprendizagens são interpretadas à luz dos conhecimentos prévios. A exploração e a explicação podem, por isso, criar condições para tornar visíveis as conceções dos alunos e confrontá-las com evidências. Ainda assim, os efeitos dependem da qualidade das tarefas, do contexto e da forma como cada fase é concretizada. A revisão e meta-análise de Polanin et al. (2024) identificaram resultados globalmente positivos do modelo 5E e de modelos relacionados, mas também heterogeneidade entre os estudos.

A organização pedagógica da sequência pode ainda ser enriquecida por recursos digitais quando respondem a uma necessidade concreta de observação ou de análise. É neste enquadramento que se considera a utilização de sensores e da plataforma Arduino[1].

2.4 O uso de sensores e Arduino no ensino das Ciências

A integração da tecnologia digital no ensino das Ciências deve responder aos objetivos de aprendizagem, e não constituir uma finalidade em si mesma. O seu valor depende da forma como o recurso se articula com o problema científico e com a atividade cognitiva solicitada aos alunos (McFarlane & Sakellariou, 2002).

Os sensores podem ampliar a observação ao disponibilizar dados quantitativos sobre parâmetros como temperatura, luminosidade, humidade ou pH. Quando integrados numa atividade experimental, permitem relacionar medições com observações

[1] Arduino é uma plataforma de hardware e software de código aberto que permite ligar sensores e outros componentes eletrónicos a placas programáveis. Informação disponível em https://www.arduino.cc/.

qualitativas e aproximar o trabalho escolar de práticas de recolha, registo e interpretação de dados (Nascimento, 2016; Nascimento et al., 2017; Silva et al., 2024).

Obter um valor, contudo, não significa compreender o seu significado. Os alunos precisam de reconhecer o que está a ser medido, a escala ou unidade utilizada, as limitações do instrumento e a relação entre o valor e o fenómeno em estudo. Os sensores devem, portanto, ser acompanhados de mediação docente e de uma discussão sobre a qualidade e o alcance das medições.

O Arduino é uma plataforma aberta que permite conectar uma placa programável a diferentes sensores. Em contexto educativo, pode ser utilizado tanto em tarefas de programação e construção quanto em interfaces para recolher dados científicos (Nascimento, 2016; Nascimento et al., 2017). A literatura identifica potencialidades em atividades experimentais e interdisciplinares, mas também desafios associados à preparação técnica e à necessidade de apoio docente (Ogegbo & Ramnarain, 2022; Marín-Marín et al., 2024; Vergara et al., 2025). A sua utilização em conteúdos biológicos mostra ainda que estes recursos não se restringem à Física ou à robótica (Görgülü Arı & Meço, 2021).

É igualmente importante distinguir aquilo que o sensor mede daquilo que se pretende explicar. A caracterização das condições ambientais não fornece, por si só, informação direta sobre os processos fisiológicos das plantas. Os valores ganham significado quando são articulados com observações e conhecimentos científicos. Esta articulação abre também espaço à mobilização de saberes provenientes de diferentes áreas disciplinares.

Muitos problemas científicos exigem conhecimentos e procedimentos de diferentes áreas. A interdisciplinaridade procura estabelecer relações intencionais entre esses contributos em torno de um problema comum, ultrapassando a mera presença simultânea de conteúdos de várias disciplinas.

Esta perspetiva aproxima-se da educação integrada em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). Kelley e Knowles (2016) defendem que a integração pode envolver dois ou mais domínios num contexto significativo, sem exigir que todos assumam o mesmo peso. Um problema predominantemente biológico pode, por exemplo, recorrer a conceitos da Física ou da Química para caracterizar condições e a recursos tecnológicos para efetuar medições.

Os sensores podem favorecer essa articulação ao relacionarem propriedades físico-químicas do meio, dados quantitativos e interpretação de fenómenos biológicos (Silva et al., 2024). A ligação entre áreas, contudo, precisa ser explicada de forma pedagógica. A National Academy of Engineering e o National Research Council (2014) alertam que a mera reunião de conteúdos de diferentes domínios não garante que os alunos reconheçam as relações entre eles.

Uma integração com significado exige, por isso, que cada contributo disciplinar seja mobilizado de forma pertinente na construção da explicação. Esta ideia sustenta a dimensão interdisciplinar da sequência «Desafio Abiótico», apresentada no capítulo seguinte.

3. Sequência didática "Desafio Abiótico"

Neste capítulo, são apresentados o enquadramento curricular da sequência didática, em particular, a organização dos grupos e das condições experimentais, os materiais e procedimentos utilizados e o desenvolvimento temporal da intervenção. As opções relativas ao desenho da investigação, aos participantes, às técnicas e instrumentos de recolha de dados e aos procedimentos de análise são apresentadas separadamente no capítulo dedicado à metodologia da investigação.

3.1. Enquadramento curricular da sequência didática

A sequência didática (SD) «Desafio Abiótico» centrou-se no estudo da influência de diferentes fatores abióticos no desenvolvimento de plantas de hortelã (*Mentha sp.*). Foi implementada na disciplina de Ciências Naturais do 8.º ano de escolaridade, durante a prática de ensino supervisionada realizada numa escola da região do Porto, no ano letivo de 2025/2026. Ao longo da SD, procurou-se articular o trabalho prático experimental com a observação continuada das plantas, a recolha de dados através de sensores associados ao Arduino, o registo de informação e a comunicação dos resultados, tendo como foco a compreensão da influência dos fatores abióticos nos ecossistemas.

De acordo com as Aprendizagens Essenciais (AE) definidas para este nível de ensino, no domínio "Sustentabilidade na Terra", prevê-se que os alunos sejam capazes de relacionar fatores abióticos, designadamente a luz, a água, o solo e a temperatura, com a sua influência nos ecossistemas, bem como interpretar essa influência e aplicá-la a diferentes situações (Direção-Geral da Educação [DGE], 2018).

Para além das aprendizagens diretamente relacionadas com os conteúdos científicos, a intervenção mobilizou aprendizagens de natureza transversal, particularmente relevantes para a atividade desenvolvida, nomeadamente a seleção e organização de informação com recurso a tecnologias digitais, a construção de explicações científicas sustentadas em conceitos e evidências obtidas através de atividades práticas e experimentais, a aplicação das competências desenvolvidas a novos contextos e a articulação de saberes provenientes de diferentes disciplinas (DGE, 2018).

A natureza da SD permitiu ainda mobilizar diferentes áreas de competências previstas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO), destacando-se: Informação e comunicação, Raciocínio e resolução de problemas, Pensamento crítico

e pensamento criativo, Relacionamento interpessoal, Desenvolvimento pessoal e autonomia e Saber científico, técnico e tecnológico (Martins et al., 2017). Estas competências foram trabalhadas através da organização e interpretação da informação recolhida, da resolução de problemas decorrentes da atividade experimental, da análise das evidências obtidas, do trabalho colaborativo em grupo e da utilização de instrumentos tecnológicos na caracterização das condições abióticas.

Os conteúdos relativos aos fatores abióticos tinham sido lecionados no 2.º período do ano letivo de 2025/2026. Numa das turmas, a lecionação foi assegurada pela PI e, na outra, pela colega do núcleo de estágio, tendo a PI acompanhado as aulas de ambas as turmas. O trabalho prévio destes conteúdos incluiu a sua explicitação em contexto de aula, a realização de exercícios de aplicação, uma atividade prática e uma ficha de avaliação. A sequência "Desafio Abiótico", inicialmente prevista para decorrer em maior proximidade temporal da introdução destes conteúdos, foi implementada no 3.º período devido à necessidade de compatibilização com o calendário escolar, com os momentos de avaliação e com a manutenção contínua das plantas. Consequentemente, assumiu sobretudo uma função de aplicação e de consolidação dos conhecimentos anteriormente trabalhados.

A intervenção decorreu nas aulas de Ciências Naturais e nos tempos destinados à Oficina das Ciências Físico-Naturais (OCFN)[2], favorecendo a articulação entre conhecimentos e procedimentos associados às Ciências Naturais e à Físico-Química. Esta dimensão interdisciplinar esteve particularmente presente nas condições relacionadas com o pH e a luz. Uma vez que alguns dos conhecimentos necessários ainda não tinham sido abordados em Físico-Química, estabeleceu-se uma articulação prévia entre a PI e a professora responsável por essa disciplina, de modo a coordenar temporalmente a abordagem dos conteúdos necessários à compreensão da atividade. No caso do grupo responsável pelo estudo do pH do solo, a colaboração incluiu ainda o apoio da professora de Físico-Química na preparação das soluções, em diferentes concentrações, ao longo da intervenção. De forma semelhante, os conteúdos relativos à luz e à cor foram articulados com a sua abordagem em Físico-Química durante o período em que decorreu a atividade.

[2] A Oficina das Ciências Físico-Naturais (OCFN) correspondia a uma componente da organização curricular das turmas participantes, destinada à articulação de aprendizagens e atividades das áreas de Ciências Naturais e Físico-Química. As turmas integravam igualmente um programa de ensino bilingue em inglês; contudo, a sequência didática «Desafio Abiótico» foi desenvolvida em língua portuguesa, não tendo sido aplicada a metodologia Content and Language Integrated Learning (CLIL).

Esta articulação assumiu particular relevância numa sequência em que parâmetros de natureza físico-química, como o pH, a luminosidade, a temperatura e a humidade, foram utilizados para caracterizar as condições ambientais às quais as plantas estavam sujeitas e para apoiar a interpretação de fenómenos biológicos. Deste modo, a interdisciplinaridade não se limitou à utilização simultânea de conteúdos de diferentes disciplinas, mas à sua mobilização em torno de um problema comum, com o objetivo de favorecer uma interpretação integrada das condições experimentais e das respostas observadas nas plantas.

3.2. Organização dos grupos e das condições experimentais

Os 50 alunos foram distribuídos em 9 grupos de trabalho: 4 na Turma A e 5 na Turma B. A constituição dos grupos foi definida pela PI, com o objetivo de assegurar uma distribuição equilibrada dos participantes e favorecer o trabalho colaborativo entre alunos que não trabalhavam habitualmente em conjunto. A atribuição das condições experimentais foi igualmente realizada pela PI, tendo cada grupo ficado responsável pelo acompanhamento da condição atribuída, pelas observações, pela recolha dos dados e pela organização da informação necessária à comunicação final dos resultados.

Na Turma A, os quatro grupos acompanharam a condição de controlo, o solo com pH alcalino, o excesso de água e o efeito de estufa. Na Turma B, os cinco grupos ficaram responsáveis pela condição de controlo, pelos filtros de luz azul, verde e vermelha e pela escuridão total. Apesar de ter sido constituído um grupo responsável pelo controlo em cada turma, ambos acompanharam as mesmas três plantas. Existiu, assim, uma única condição de controlo, partilhada pelas duas turmas, e não dois controlos experimentais independentes.

Os alunos não participaram na seleção das condições experimentais nem na montagem inicial da experiência, previamente definidas pela PI. A sua autonomia incidiu sobretudo na organização interna do trabalho, incluindo a distribuição das tarefas de observação das plantas, utilização dos sensores, registo dos valores, recolha de fotografias, atualização do diário digital de investigação e preparação do produto final. Esta opção correspondeu a uma modalidade estruturada de trabalho experimental, adequada à experiência dos participantes e às condições de implementação da atividade.

Ao longo da fase experimental, cada grupo acompanhou continuamente a condição atribuída. Para possibilitar a comparação com uma situação de referência, os grupos

registaram também imagens das plantas da condição de controlo. A partilha dos resultados ocorreu posteriormente através dos produtos finais, permitindo aos alunos contactar com os dados e conclusões relativos às condições que não tinham acompanhado diretamente.

Esta organização permitiu estudar, em paralelo, diferentes fatores abióticos, mantendo cada grupo centrado numa única condição. A continuidade do trabalho sobre as mesmas plantas procurou favorecer a observação de alterações ao longo do tempo e a relação entre os registos sucessivamente recolhidos e a condição experimental em estudo.

3.3. Recursos materiais, montagem experimental e uso de sensores

Foram utilizadas 26 plantas de hortelã (Mentha sp.), adquiridas simultaneamente no mesmo estabelecimento e selecionadas de modo a apresentarem, no início da atividade, dimensões e estado geral semelhantes. A organização geral das condições experimentais é apresentada na Figura 1. As plantas permaneceram nos vasos originais, com características equivalentes em termos de dimensões, substrato e sistema de drenagem. Foram utilizados três exemplares por condição, com exceção da condição denominada solo com pH alcalino, na qual foram incluídas 5 plantas.



Figura 1 - Esquema da organização das condições experimentais na bancada do laboratório. Nota. Esquema elaborado pela autora com apoio de inteligência artificial (ChatGPT, OpenAI, 2026), posteriormente revisto e adaptado para representar a montagem experimental

A utilização de um número maior de exemplares nesta condição relacionou-se com a necessidade de retirar pequenas quantidades de substrato em diferentes momentos

para determinar o pH, reduzindo a perturbação provocada pelas sucessivas recolhas de solo.

As plantas foram distribuídas em caixas de plástico abertas, devidamente identificadas, e mantidas sobre uma bancada próxima de uma janela do laboratório durante o período experimental (Figura 2).

A localização das diferentes condições permaneceu, na medida do possível, inalterada ao longo da intervenção. A instalação inicial foi realizada pela PI, devido ao tempo necessário à preparação dos materiais, à duração limitada do período letivo e à necessidade de articular a atividade entre duas turmas com horários distintos. A participação dos alunos centrou-se posteriormente na observação das plantas, utilização dos sensores, recolha e registo dos dados e interpretação da informação obtida. Os valores dos sensores e as observações eram registados nos respetivos diários digitais de investigação, desenvolvidos no Google Slides e disponibilizados através do Google Classroom



Figura 2- Condições experimentais acompanhadas durante a sequência didática: (A) controlo; (B) efeito de estufa; (C) escuridão total; (D) excesso de água; (E) filtro vermelho; (F) filtros verde e azul.

A organização das condições experimentais e a relação entre o fator manipulado, a resposta observada nas plantas, os dados recolhidos e a condição de referência são sintetizadas na Tabela 2.

Turma / condição	Fator ou condição manipulada (VI)	Resposta observada nas plantas (VD)	Dados recolhidos / sensor	Referência
A e B – Controlo	Sem manipulação intencional do fator em estudo.	Estado e desenvolvimento aparente das plantas.	Observações e fotografias; luminosidade; humidade do solo; temperatura e humidade relativa do ar; pH.	Condição de referência comum às duas turmas.
A – Solo com pH alcalino	Alteração do pH do substrato através de suspensões de carbonato de cálcio.	Estado e desenvolvimento aparente das plantas.	Observações e fotografias; pH do solo.	Controlo.
A – Excesso de água	Disponibilidade excessiva de água, mantendo o substrato continuamente encharcado.	Estado e desenvolvimento aparente das plantas.	Observações e fotografias; índice relativo de humidade do solo.	Controlo.
A – Efeito de estufa	Alteração do microambiente através de cobertura com saco plástico transparente.	Estado e desenvolvimento aparente das plantas.	Observações e fotografias; humidade do solo; temperatura e humidade relativa do ar.	Controlo.
B – Filtro azul	Condição luminosa criada por filtro de papel celofane azul.	Estado e desenvolvimento aparente das plantas.	Observações e fotografias; leitura relativa de luminosidade.	Controlo.
B – Filtro verde	Condição luminosa criada por filtro de papel celofane verde.	Estado e desenvolvimento aparente das plantas.	Observações e fotografias; leitura relativa de luminosidade.	Controlo.
B – Filtro vermelho	Condição luminosa criada por filtro de papel celofane vermelho.	Estado e desenvolvimento aparente das plantas.	Observações e fotografias; leitura relativa de luminosidade.	Controlo.
B – Escuridão total	Ausência de exposição regular à luz, mantendo as plantas num armário fechado.	Estado e desenvolvimento aparente das plantas.	Observações e fotografias; leitura relativa de luminosidade.	Controlo.

Tabela 2- Síntese das condições experimentais, variáveis e dados recolhidos.

A condição de controlo foi constituída por três plantas mantidas nas condições ambientais do laboratório, sem manipulação intencional dos fatores em estudo. As mesmas plantas serviram de referência às duas turmas. Na condição de excesso de água, os vasos foram mantidos com água acumulada na caixa, em quantidade suficiente para assegurar o encharcamento contínuo do substrato. A condição de controlo pode ser observada na Figura 2A e a condição de excesso de água na Figura 2D.

Na condição designada como efeito de estufa, as plantas foram cobertas por um saco de plástico transparente, sustentado de modo a evitar o contacto direto com a parte aérea e a permitir o crescimento das plantas. O saco não se encontrava hermeticamente fechado. Esta montagem, visível na Figura 2B, constituiu uma simplificação pedagógica destinada a criar um microambiente com menor circulação de ar e maior retenção de humidade, não correspondendo a uma reprodução do efeito de estufa atmosférico.

As condições destinadas ao estudo da influência da luz foram construídas com recurso a estruturas de papel celofane azul, verde e vermelho, que cobriam a parte superior e as laterais das plantas, mantendo-se abertas na parte inferior (Figura 2E e 2F). A condição de escuridão total foi mantida no interior de um armário fechado (Figura 2C), sendo as plantas retiradas apenas nos períodos necessários à rega, à observação e à obtenção dos registos fotográficos.

Na condição destinada à alteração do pH do solo foram aplicadas suspensões de carbonato de cálcio em água, preparadas pela PI com o apoio da professora de Físico-Química. A concentração utilizada inicialmente foi de 3 g de carbonato de cálcio em 500 mL de água, sendo posteriormente aumentada progressivamente até 10 g em 500 mL. Em cada aplicação, foram adicionados aproximadamente 100 mL da preparação a cada vaso. O pH do substrato foi monitorizado ao longo da intervenção por meio do sensor correspondente. Esta condição foi mantida na bancada, na posição identificada no esquema da Figura 1.

A manutenção das plantas foi, em regra, realizada pelos alunos. A necessidade de rega era avaliada por meio da observação do substrato, complementada pelas leituras do sensor de humidade do solo. Não foi estabelecido um volume fixo de água para as condições sujeitas à rega habitual, procurando-se manter uma pequena quantidade no fundo das caixas. Antes dos fins de semana, a quantidade de água era reforçada para assegurar a manutenção das plantas durante o período em que não se realizavam atividades letivas.

Para complementar a observação direta das plantas, foram utilizadas placas Arduino associadas a quatro tipos de sensores: luminosidade, pH, humidade do solo e temperatura e humidade relativa do ar (Figura 3). Os sensores foram selecionados de acordo com a condição experimental em que foram acompanhados. Na condição de controlo, foram recolhidos valores de todos os sensores, proporcionando referências para comparação; nas restantes condições, foram utilizados os sensores diretamente relacionados com os parâmetros em estudo, conforme sintetizado na Tabela 2.

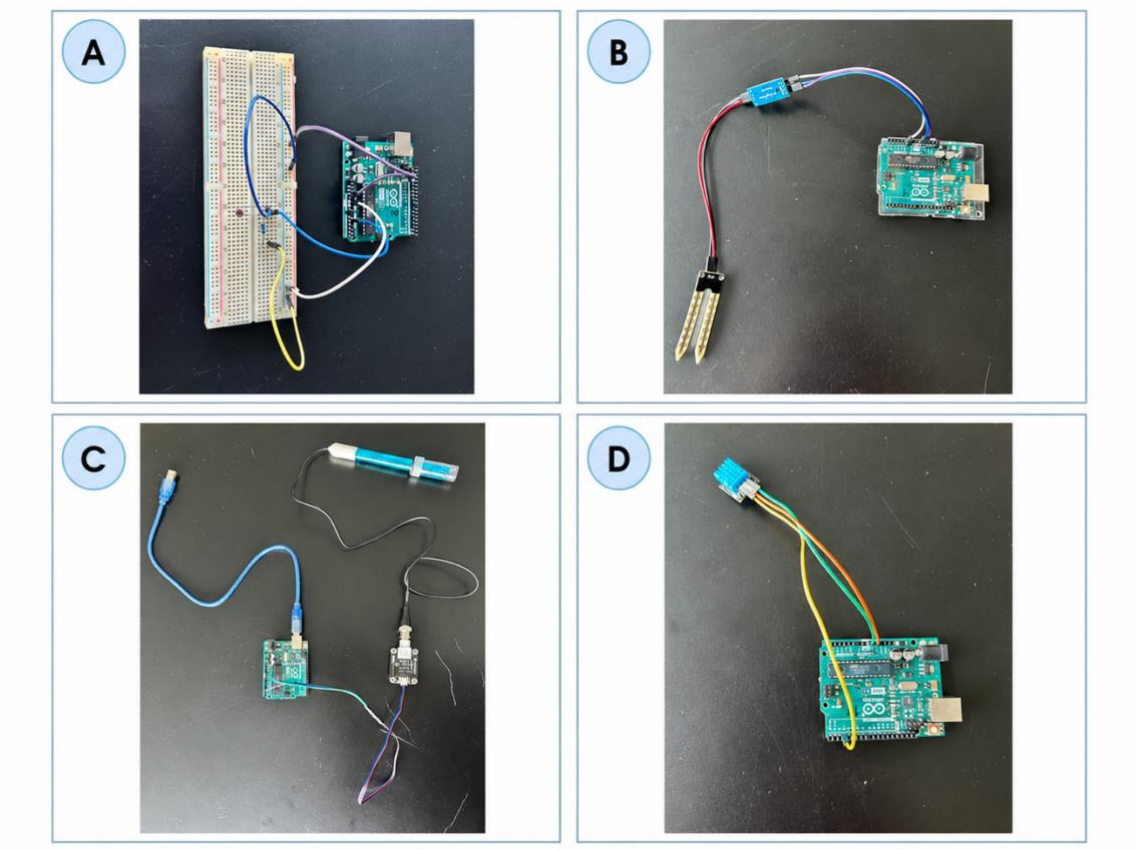


Figura 3- Placa de Arduino e sensores utilizados na recolha de dados: (A) sensor de luminosidade; (B) sensor de humidade do solo; (C) sensor de pH; (D) sensor de temperatura e humidade relativa do ar.

O sensor de temperatura e humidade relativa do ar, do tipo DHT11, fornecia diretamente valores de temperatura, expressos em graus Celsius, e de humidade relativa, expressos em percentagem (Figura 3D). No caso da humidade do solo (Figura 3B), o programa convertia a leitura analógica do sensor num índice percentual. Por não corresponderem a uma determinação direta do teor volumétrico de água no substrato, estes valores foram considerados indicadores relativos da humidade do solo.

O sensor de luminosidade fornecia leituras analógicas entre 0 e 1023 (Figura 3A). O código utilizado associava os valores obtidos às categorias «sem luz», «pouca luz», «luz

normal» e «muita luz». Uma vez que o dispositivo não se encontrava calibrado em unidades físicas de iluminância, os valores foram utilizados como leituras relativas, permitindo comparar as condições experimentais entre si, mas não devendo ser interpretados como valores expressos em lux.

A determinação do pH foi realizada a partir de pequenas amostras de substrato dispersas em 50 mL de água. O sensor foi previamente calibrado com as soluções-padrão de pH 4 e 7 fornecidas no respetivo kit (Figura 3C). Após a preparação da amostra e a estabilização da mistura, o sensor era introduzido na fase aquosa para a leitura. As limitações associadas ao intervalo de calibração foram consideradas posteriormente na apresentação e interpretação dos resultados.

Em cada momento de recolha, registava-se uma leitura representativa por condição e por sensor. Sempre que o valor apresentado suscitava dúvidas quanto à sua estabilidade ou plausibilidade, a medição era repetida antes do registo. Os sensores encontravam-se ligados ao computador da PI, que acompanhava o processo de recolha e apoiava os alunos na sua utilização. Paralelamente às medições instrumentais, os grupos realizavam observações qualitativas sobre o estado das plantas e recolhiam registos fotográficos, procurando articular a informação visual com os dados obtidos através dos sensores.

3.4. Desenvolvimento, calendarização e implementação da SD

A SD foi inicialmente planificada para decorrer em maior proximidade temporal da lecionação dos conteúdos relativos aos fatores abióticos e estruturada segundo o modelo de ensino 5E, integrando momentos de envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação (Bybee et al., 2006).

A planificação inicial da SD previa a utilização do micro:bit, associado a sensores para a monitorização de variáveis ambientais, a participação dos alunos em momentos de preparação experimental e a elaboração de um póster científico como produto final. Estava, assim, prevista a utilização desta tecnologia como suporte à recolha de dados durante a atividade experimental.

A implementação efetiva da SD exigiu, contudo, diferentes ajustamentos decorrentes das condições concretas da PES. A atividade foi transferida para o 3.º período, assumindo sobretudo uma função de aplicação e consolidação dos conteúdos anteriormente lecionados.

Face à disponibilidade dos recursos existentes na escola, o sistema micro:bit inicialmente previsto foi substituído por placas Arduino, utilizadas em associação com os sensores, a montagem inicial das condições experimentais foi realizada pela PI; e o produto final passou a ter o formato de vídeo.

A calendarização foi igualmente adaptada aos horários das duas turmas, aos momentos de avaliação e à necessidade de assegurar a manutenção contínua das plantas. Estas alterações não implicaram o abandono da organização pedagógica segundo o modelo dos 5E, mas determinaram uma aplicação flexível das suas fases, que se sobrepuseram em diferentes momentos da intervenção.

A tabela seguinte sintetiza os principais ajustamentos introduzidos entre a planificação inicial e a implementação efetiva.

Aspeto	**Planificação inicial**	**Implementação efetiva**
Momento de implementação	Maior proximidade com a lecionação dos conteúdos; implementação prevista para o 2.º período.	Implementação no 3.º período, após a lecionação dos conteúdos, assumindo sobretudo uma função de aplicação e consolidação.
Tecnologia utilizada	micro:bit associado a sensores.	Arduino associado a sensores.
Montagem experimental	Maior participação dos alunos na preparação experimental.	Montagem inicial das condições realizada pela professora-investigadora; participação dos alunos centrada na observação, medição, registo e interpretação.
Produto final	Póster científico.	Vídeo de apresentação elaborado por cada grupo.
Organização segundo os 5E	Planificação organizada segundo as cinco fases do modelo.	Aplicação flexível, com sobreposição de fases em diferentes momentos da intervenção.

Tabela 3- Principais ajustamentos entre a planificação inicial e a implementação da sequência didática.

A planificação inicial completa é apresentada no Apêndice 1. Atendendo aos ajustamentos introduzidos, a tabela seguinte apresenta a calendarização da sequência didática efetivamente implementada e a correspondência dos diferentes momentos às fases predominantes do modelo 5E.

Data(s)	Fase(s) do modelo 5E	Atividade principal	Descrição sintética
15 de abril	Envolvimento / Avaliação	Aplicação do pré-teste	Aplicação do pré-teste às duas turmas para identificação dos conhecimentos prévios e de possíveis conceções relativas aos fatores abióticos e ao trabalho experimental.
16 e 17 de abril (Turma B); 21 de abril (Turma A)	Envolvimento / Explicação / Exploração	Orientações iniciais e preparação da atividade	Apresentação do desafio e das condições experimentais; retoma dos conceitos associados às variáveis experimentais e à condição controlo; apresentação do diário digital de investigação e visita ao local da experiência.
22 e 24 de abril; 29 de abril; 6, 8, 13 e 15 de maio	Exploração / Elaboração	Observação e recolha de dados	Acompanhamento das condições experimentais através da observação das plantas, dos registos fotográficos e da utilização dos sensores. Em 6 de maio, a recolha foi realizada pela professora-investigadora devido à coincidência com outras atividades letivas.
24 de abril (Turma B); 28 de abril (Turma A)	Explicação	Workshop Arduino	Realização do workshop relativo à utilização do Arduino e dos sensores, em momentos distintos devido à organização dos horários das turmas.
20 de maio	Elaboração	Preparação dos produtos finais	Organização e seleção dos dados recolhidos e disponibilização do guião orientador para a elaboração do vídeo final.
25 de maio	Elaboração / Avaliação	Submissão dos produtos finais	Data definida para a submissão, no Google Classroom, dos vídeos elaborados pelos grupos.
26 de maio (Turma A); 28 de maio (Turma B)	Avaliação	Aplicação do pós-teste	Aplicação do pós-teste após a conclusão da atividade experimental e da preparação do produto final.

Tabela 4- Sequência didática efetivamente implementada.

Na SD efetivamente implementada, a fase de envolvimento esteve associada à apresentação do desafio experimental e ao contacto inicial dos alunos com a proposta de trabalho. A aplicação do pré-teste (Apêndice 2) integrou este momento inicial, sendo posteriormente complementada pela apresentação das condições experimentais e das tarefas a desenvolver por cada grupo.

A fase de explicação esteve presente nos momentos iniciais da sequência, por meio da retomada de conceitos relacionados com o trabalho experimental, da apresentação dos diários digitais de investigação e da orientação necessária à utilização dos sensores associados ao Arduino. Esta função manteve-se, contudo, ao longo da intervenção sempre que foi necessário esclarecer procedimentos ou apoiar a interpretação das medições.

A fase de exploração constituiu a componente mais prolongada da SD e decorreu sobretudo entre 22 de abril e 15 de maio. Durante este período, os alunos acompanharam as plantas correspondentes à condição atribuída ao grupo, realizaram observações qualitativas, recolheram registos fotográficos e utilizaram os sensores associados ao Arduino para caracterizar os parâmetros ambientais considerados relevantes. A repetição das observações ao longo de várias semanas permitiu acompanhar a evolução das mesmas plantas e relacionar os diferentes momentos de recolha.

A fase de elaboração ganhou maior destaque na parte final da SD. A partir de 20 de maio, os grupos organizaram a informação recolhida e iniciaram a preparação do produto final, com apoio de um guião orientador. Para a elaboração do vídeo, deveriam selecionar os dados e registos fotográficos considerados relevantes, apresentar a condição investigada e formular conclusões fundamentadas nas evidências recolhidas ao longo da atividade.

A avaliação das aprendizagens dos alunos esteve presente em diferentes momentos da SD e culminou na elaboração do produto final e na aplicação do pós-teste (Apêndice 2). Os vídeos elaborados pelos grupos foram posteriormente analisados no âmbito da investigação, sendo os resultados dessa análise apresentados no capítulo 5. Deste modo, a organização efetivamente implementada manteve a lógica pedagógica do modelo dos 5E, sem corresponder a uma sucessão rígida e linear das suas fases, permitindo ajustar o desenvolvimento da atividade às características de uma experiência prolongada e às condições concretas do contexto letivo.

3.5. Registos e produtos elaborados pelos alunos

Ao longo da componente experimental, cada um dos 9 grupos dispôs de um diário digital de investigação, criado no Google Slides e disponibilizado no Google Classroom[3]. O diário digital reunia a data, observações sobre o crescimento aparente e a densidade visual da folhagem, valores obtidos através dos sensores, outras ocorrências relevantes e registos fotográficos. Os diapositivos podiam ser acrescentados em função dos momentos de observação e da informação disponível. Um exemplo anonimizado de um dos diários digitais de investigação, correspondente a um dos grupos responsáveis pela condição de controlo, é apresentado no Apêndice 3. Os nove diários analisados, igualmente anonimizados, encontram-se disponíveis em formato digital através de uma ligação para o OneDrive institucional da Universidade do Porto[4].

As fotografias documentaram o estado das plantas em diferentes momentos e apoiaram a comparação visual com a condição de controlo. Não foram tratadas como medições quantitativas independentes, uma vez que não foram obtidas sob condições padronizadas de distância, enquadramento e iluminação.

No final da SD, cada grupo elaborou um vídeo sobre a condição acompanhada, com duração aproximada de 5 minutos. O guião fornecido aos alunos, apresentado no Apêndice 4, orientava a seleção e a organização dos dados, a inclusão de fotografias, a construção de tabelas ou gráficos, quando adequado, e a formulação de conclusões sustentadas nas evidências recolhidas.

Os nove vídeos foram submetidos pelo Google Classroom e constituíram o produto de síntese do trabalho dos grupos. Foram analisados para fins de investigação, sendo os respetivos resultados apresentados no capítulo 5. Por incluírem elementos suscetíveis de permitir a identificação dos participantes, não são reproduzidos nem disponibilizados no relatório.

[3] O Google Classroom era a plataforma digital utilizada pelas turmas para a disponibilização de materiais, comunicação de orientações e submissão de trabalhos. Os diários digitais de investigação foram desenvolvidos no Google Slides e partilhados através desta plataforma.
[4] Os nove diários digitais de investigação anonimizados encontram-se disponíveis em: https://shre.ink/GIWW

4. Metodologia da investigação

O presente capítulo descreve e fundamenta as opções metodológicas adotadas na investigação desenvolvida a partir da sequência didática «Desafio Abiótico». Apresentam-se o paradigma e o desenho do estudo, o contexto e os participantes, as técnicas e os instrumentos de recolha de dados, os procedimentos de análise e os princípios éticos que orientaram a investigação.

4.1. Paradigma e desenho da investigação

O presente estudo enquadra-se num paradigma interpretativo, uma vez que procura compreender um fenómeno educativo desenvolvido num contexto real, atendendo às características dos participantes, às interações estabelecidas e às circunstâncias do processo de ensino e aprendizagem. Nesta perspetiva, a realidade educativa é entendida como complexa e contextualizada, valorizando-se a compreensão dos processos e dos significados construídos no contexto da investigação (Bogdan & Biklen, 1994).

A investigação apresenta características de investigação-ação, uma vez que a PI participou na conceção, implementação, acompanhamento e análise da intervenção pedagógica. Esta dupla função possibilitou articular a ação educativa com a reflexão sistemática sobre a prática, procurando compreender os resultados e identificar aspetos suscetíveis de reformulação em futuras implementações. A investigação-ação assume particular relevância no contexto educativo por favorecer a articulação entre investigação, prática pedagógica e desenvolvimento profissional docente (Coutinho, 2011).

O estudo desenvolveu-se através de um ciclo de planeamento, ação, observação e reflexão. O planeamento envolveu a conceção da intervenção, a definição das questões e objetivos da investigação e a preparação dos instrumentos de recolha de dados. A ação correspondeu à implementação da sequência didática nas duas turmas. A observação incidiu sobre as evidências produzidas ao longo do processo, recorrendo a diferentes fontes de informação. A reflexão resultou da articulação dessas evidências com os objetivos e questões de investigação, permitindo avaliar criticamente a intervenção e identificar possibilidades de melhoria.

Contudo, a investigação não integrou ciclos sucessivos de reformulação e nova implementação da sequência. Embora tenham ocorrido ajustamentos durante a

intervenção, estes decorreram das condições concretas da sua realização e não constituíram um novo ciclo formal de investigação-ação. Assim, considera-se mais rigoroso afirmar que o estudo apresenta características de investigação-ação, em vez de defini-lo como um processo completo e iterativo desta natureza.

A investigação adotou uma abordagem mista, articulando dados quantitativos e qualitativos. A componente quantitativa consistiu na comparação das respostas aos itens fechados do pré-teste e do pós-teste. A componente qualitativa integrou as respostas abertas, os documentos produzidos pelos grupos e a informação resultante da observação participante realizada pela PI.

Importa distinguir os dados produzidos pelos alunos durante a atividade experimental dos dados utilizados na investigação educativa. As leituras dos sensores associados ao Arduino integraram o trabalho pedagógico dos grupos e foram utilizadas para caracterizar as condições experimentais e fundamentar as suas interpretações. Para a investigação, o interesse incidiu nas evidências de aprendizagem presentes nas respostas, nos documentos produzidos, nas interpretações e conclusões formuladas e nos processos observados pela PI. A natureza e a utilização destas fontes são detalhadas nas secções seguintes

4.2. Contexto e participantes envolvidos no estudo

A investigação foi realizada no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada (PES), numa escola pública, e envolveu duas turmas do 8.º ano de escolaridade. Os alunos frequentavam Ciências Naturais e Oficina das Ciências Físico-Naturais.

Participaram na intervenção 50 alunos, distribuídos por duas turmas, designadas ao longo do relatório como Turma A e Turma B, de modo a preservar o anonimato dos participantes e da instituição. A caracterização dos participantes relativamente ao número de alunos e à idade encontra-se sintetizada na Tabela 5.

Característica	Turma A	Turma B	Total
Número de alunos	24	26	50
12 anos	3	1	4
13 anos	21	21	42
14 anos	0	3	3
15 anos	0	1	1
Intervalo de idades	12–13	12–15	12–15
Idade média (anos)	12,9	13,2	13,0

Tabela 5- Caracterização dos participantes por turma.

A seleção dos participantes foi realizada por conveniência, correspondendo às duas turmas acompanhadas pela PI durante a PES. Tratou-se, assim, de uma amostra não probabilística, definida em função do contexto de estágio e da possibilidade de desenvolver a intervenção no âmbito da atividade letiva regular. Por este motivo, os resultados devem ser interpretados considerando as características específicas deste contexto, não se pretendendo proceder à sua generalização estatística a outras populações escolares.

A Turma A apresentava, de forma geral, participação frequente nas atividades propostas e boa recetividade a tarefas de natureza prática e colaborativa. A dinâmica da turma exigia, contudo, uma organização clara das tarefas e alguma regulação da comunicação durante o trabalho em grupo.

Na Turma B observava-se uma dinâmica de interajuda entre os alunos, embora algumas tarefas que exigiam maior autonomia, persistência ou continuidade no registo da informação necessitassem de um acompanhamento mais próximo por parte da PI. Estas características são apresentadas exclusivamente para contextualizar o ambiente educativo no qual decorreu a investigação, não sendo utilizadas, por si só, para explicar eventuais diferenças entre os resultados das duas turmas.

Em ambas as turmas, havia alunos abrangidos por medidas universais e seletivas de suporte à aprendizagem. Estas medidas não implicaram adaptações específicas à sequência didática, pelo que todos os participantes seguiram as mesmas orientações gerais e realizaram tarefas equivalentes no âmbito dos respetivos grupos.

4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

A recolha de dados foi definida em função das questões de investigação e integrou três fontes principais: o pré-teste e o pós-teste, as produções dos alunos e a observação participante. Esta combinação permitiu articular informação quantitativa e qualitativa sobre as aprendizagens manifestadas durante a intervenção.

4.3.1. Pré-teste e pós-teste

O pré-teste e o pós-teste foram construídos no Google Forms e continham as mesmas questões, apresentadas na mesma ordem. Foram respondidos individualmente, sem consulta, e não tiveram influência na avaliação da disciplina. Entre as duas aplicações não foi disponibilizada uma correção formal.

O questionário integrou questões relativas à influência dos fatores abióticos no desenvolvimento das plantas e a conhecimentos associados ao trabalho experimental, nomeadamente à função da condição de controlo e à identificação das variáveis experimentais. Foram considerados cenários relacionados com o excesso de água, a disponibilidade e a cor da luz, a escuridão, o pH do solo, o efeito de estufa e a interação entre diferentes fatores abióticos. A Tabela 6 sintetiza as questões incluídas no instrumento, os respetivos objetivos e a tipologia de resposta. O instrumento completo é apresentado no Apêndice 2.

Questão	Objetivo	Tipologia
1. Numa atividade experimental, qual é a função do grupo de controlo?	Avaliar a compreensão da função da condição de controlo enquanto referência para comparação entre condições não alteradas e condições sujeitas a variação.	Escolha múltipla
2. Estabelece a correspondência correta entre os conceitos e as respetivas definições (variável independente, variável dependente e grupo de controlo).	Avaliar a capacidade de distinguir a variável independente, a variável dependente e o grupo de controlo numa situação experimental.	Correspondência
3. Numa atividade experimental, se observarmos alterações num teste sem utilizarmos um grupo de controlo, o que se pode concluir sobre os resultados?	Avaliar o reconhecimento das limitações de uma experiência sem grupo de controlo para atribuir as alterações observadas ao fator em estudo.	Escolha múltipla
4. Na atividade experimental desenvolvida, caso uma planta fosse sujeita a rega excessiva durante vários dias, o que seria expectável observar-se?	Avaliar a compreensão dos possíveis efeitos do excesso de água no desenvolvimento das plantas.	Escolha múltipla
5. Considerando duas plantas semelhantes em condições de luz diferentes (luz direta e escuridão total), o que seria mais provável verificar-se ao longo do tempo na planta mantida em escuridão?	Avaliar a compreensão dos efeitos da ausência de luz no crescimento e na coloração das plantas.	Escolha múltipla

Questão	Objetivo	Tipologia
6. Qual seria a comparação mais provável entre o desenvolvimento de uma planta exposta a luz direta e o de uma planta mantida em escuridão total?	Avaliar a capacidade de comparar o desenvolvimento esperado de plantas sujeitas a diferentes condições de luminosidade.	Escolha múltipla
7. Alguns alunos colocaram vasos sob filtros de luz de diferentes cores: vermelha, azul e verde. Em qual das condições se espera um melhor desenvolvimento das plantas?	Avaliar a compreensão da influência da composição da luz no desenvolvimento das plantas.	Escolha múltipla
8. Justifica a tua escolha na questão anterior.	Analisar o raciocínio mobilizado para fundamentar a relação entre a cor da luz e o desenvolvimento das plantas, permitindo identificar explicações cientificamente adequadas e possíveis conceções alternativas.	Resposta aberta
9. Tendo em conta a influência do pH do solo, qual das seguintes afirmações traduz melhor a influência desse fator no desenvolvimento das plantas?	Avaliar a compreensão de que o efeito do pH no desenvolvimento vegetal não é absoluto e pode variar entre plantas e condições do solo.	Escolha múltipla
10. Numa situação em que uma planta é colocada num solo com um pH diferente do habitual, o que é mais provável observar-se?	Avaliar o reconhecimento de que uma alteração do pH do solo pode condicionar o desenvolvimento da planta.	Escolha múltipla
11. Para estudar uma das condições, foi colocado um saco transparente à volta de uma planta de modo a proporcionar um efeito de estufa. O que é mais provável observar-se?	Avaliar a compreensão das alterações de temperatura e humidade associadas à condição experimental criada.	Escolha múltipla
12. No desenvolvimento das plantas, fatores como a luz, a água e o solo podem influenciar o seu crescimento.	Avaliar a compreensão de que o desenvolvimento das plantas resulta da interação entre diferentes fatores	Escolha múltipla

Questão	Objetivo	Tipologia
Algum destes fatores é mais determinante do que os restantes?	abióticos e não depende exclusivamente de um único fator.	

Tabela 6- Síntese das questões, objetivos e tipologia do pré-teste e do pós-teste.

Todos os 50 participantes responderam ao pré-teste. No pós-teste, foram registadas 46 submissões, sendo uma delas duplicada, pelo que ficaram disponíveis 45 respostas válidas: 23 da Turma A e 22 da Turma B. As respostas dos dois momentos foram emparelhadas pelo nome e pela turma, recorrendo-se ao número de aluno apenas quando necessário para distinguir identificações semelhantes. O instrumento utilizado é apresentado no Apêndice 2.

4.3.2. Recolha documental das produções dos alunos

A recolha documental incidiu sobre materiais produzidos pelos alunos e relevantes para as questões de investigação. A análise de documentos permite examinar de forma sistemática informação relacionada com o fenómeno em estudo (Bowen, 2009). Neste caso, foram considerados os nove diários digitais de investigação elaborados pelos grupos ao longo da sequência didática e os nove vídeos finais.

As leituras dos sensores faziam parte dos dados produzidos pelos alunos durante a sequência didática, mas não constituíam, isoladamente, dados da investigação educativa. Para a investigação, interessou sobretudo a forma como esses valores foram registados, relacionados com as observações realizadas e mobilizados nas interpretações e conclusões apresentadas nos diários.

Os diários, criados no Google Slides e disponibilizados no Google Classroom, reuniam datas, observações sobre as plantas, valores dos sensores e registos fotográficos. As fotografias serviram de suporte às descrições, e não como medições quantitativas independentes. Um exemplo anonimizado de um dos diários é apresentado no Apêndice 3, encontrando-se os nove diários analisados, igualmente anonimizados, disponíveis em formato digital.

Os vídeos finais implicavam selecionar e organizar a informação recolhida, caracterizar a condição acompanhada e formular uma conclusão. A análise incidiu sobre o conteúdo científico e as justificações apresentadas, e não sobre a qualidade técnica ou estética dos vídeos.

4.3.3. Observação participante

A observação participante complementou a recolha documental, uma vez que a PI acompanhou diretamente o trabalho desenvolvido pelos grupos ao longo da sequência didática. Foram consideradas as dificuldades manifestadas na utilização dos sensores, na organização das tarefas, no registo da informação e na interpretação dos dados, sem que estas observações tivessem finalidade classificativa.

Como apoio a este acompanhamento, utilizou-se uma grelha de acompanhamento do preenchimento dos diários digitais de investigação. Nela eram registadas, em cada momento de recolha, a atualização do documento, a identificação do elemento responsável pelo registo e observações consideradas relevantes. Esta informação foi confrontada com o histórico de versões dos documentos no Google Slides, permitindo acompanhar a continuidade e a organização dos registos efetuados pelos grupos. A estrutura da grelha utilizada é apresentada no Apêndice 5.

4.4. Procedimentos de análise dos dados

A análise foi ajustada à natureza de cada fonte. Os dados quantitativos do pré-teste e do pós-teste foram tratados de forma quantitativa e descritiva, enquanto as respostas abertas, os diários digitais de investigação, os vídeos e a informação resultante da observação participante foram analisados qualitativamente. Após a exclusão da submissão duplicada, a comparação entre os dois momentos incidiu sobre 45 participantes com respostas válidas e emparelhadas.

Nos itens fechados, calcularam-se as frequências absolutas e relativas das respostas corretas e analisou-se a evolução global e individual. Nas respostas abertas, as justificações foram classificadas como cientificamente corretas, parcialmente corretas, reveladoras de conceção alternativa, vagas ou irrelevantes, ou ausentes.

Os diários digitais de investigação e os vídeos foram analisados segundo princípios de análise qualitativa de conteúdo, predominantemente com orientação dedutiva, uma vez que as dimensões de análise decorreram dos objetivos e das questões de investigação (Elo & Kyngäs, 2008). Procuraram-se evidências relativas à compreensão dos fatores abióticos, à articulação entre dados e observações, à mobilização de conhecimentos relacionados com o trabalho experimental e à articulação de conhecimentos de Ciências Naturais e de Físico-Química. A incompletude de alguns diários foi considerada na interpretação, sem equiparar a ausência de registo a ausência de participação ou aprendizagem.

Por fim, as evidências provenientes dos questionários, dos diários digitais de investigação, dos vídeos finais e da observação participante foram analisadas em conjunto, procurando identificar convergências e divergências entre as diferentes fontes de dados.

4.5. Questões Éticas

A investigação foi desenvolvida de acordo com os princípios éticos aplicáveis à investigação em contexto educativo e com as orientações da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, tendo o projeto obtido parecer favorável da Comissão de Ética da FCUP, no âmbito do Processo CE2025/p642715 (Anexo 1). A participação na investigação foi precedida pela obtenção do consentimento informado dos encarregados de educação (Anexo 2) e do assentimento dos alunos (Anexo 3), tendo todos os participantes entregue a documentação necessária.

A confidencialidade e o anonimato foram assegurados durante o tratamento e a apresentação dos dados. A instituição não é identificada, e as turmas são designadas como Turma A e Turma B. Os nomes recolhidos nos formulários foram utilizados exclusivamente para o emparelhamento das respostas do pré-teste e do pós-teste e, posteriormente, substituídos por códigos. Os resultados são apresentados de forma agregada e os materiais e registos fotográficos incluídos no relatório foram anonimizados.

Os vídeos produzidos pelos grupos foram analisados exclusivamente para efeitos da investigação, não sendo reproduzidos nem disponibilizados por incluírem elementos suscetíveis de permitir a identificação dos participantes. Os procedimentos de recolha de dados foram integrados no funcionamento regular das aulas, procurando salvaguardar os direitos e o bem-estar dos alunos.

5. Resultados

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir das diferentes fontes de dados utilizadas na investigação. Inicialmente, caracteriza-se o conjunto de dados analisado, com base nos resultados do pré-teste e do pós-teste. Posteriormente, apresentam-se os resultados da análise das produções dos alunos e da observação participante, de acordo com as questões e os objetivos da investigação. A discussão dos resultados é apresentada no capítulo 6.

5.1. Caracterização do corpus de análise

A SD envolveu 50 alunos: 24 da Turma A e 26 da Turma B. A constituição do corpus efetivamente considerado na análise variou conforme a fonte de dados, em função da disponibilidade e da validade da informação recolhida. A Tabela 7 sintetiza as diferentes fontes e os respetivos corpus de análise.

Fonte de dados	Dados disponíveis	Corpus considerado na análise	Observações
Pré-teste	50 respostas	45 respostas emparelhadas	Na comparação pré/pós foram considerados os participantes com respostas válidas nos dois momentos.
Pós-teste	46 submissões	45 respostas válidas	Foi excluída uma submissão duplicada.
Diários digitais de investigação	9 diários	9 diários	A completude e a continuidade dos registos foram desiguais entre os grupos.
Vídeos finais	9 vídeos	9 vídeos	Todos os produtos finais elaborados pelos grupos foram analisados.
Observação participante	Acompanhamento das sessões	Registos produzidos durante a intervenção	Utilizada em articulação com a grelha de acompanhamento.

Fonte de dados	Dados disponíveis	Corpus considerado na análise	Observações
Grelha de acompanhamento	Registos dos grupos	Registos disponíveis	Complementou a observação participante e a análise das produções.

Tabela 7- Constituição do corpus de análise.

A quantidade e a continuidade da informação disponível nos diários digitais de investigação não foram uniformes. Apenas os grupos da Turma B responsáveis pela condição de controlo e pelo filtro de luz azul apresentaram registos correspondentes a todos os momentos previstos. Esta irregularidade foi considerada na análise, não sendo a ausência de informação num diário interpretada, por si só, como ausência de realização da tarefa ou de aprendizagem, uma vez que parte dos dados foi temporariamente registada noutros suportes e, posteriormente, mobilizada nos produtos finais.

5.2. Resultados do pré-teste e do pós-teste

A análise comparativa do pré-teste e do pós-teste incidiu sobre os 45 alunos que apresentaram respostas válidas e emparelhadas em ambos os momentos. Foram considerados 12 itens de resposta fechada relativos à condição de controlo, às variáveis experimentais e à influência de diferentes fatores abióticos no desenvolvimento das plantas. A questão relativa aos filtros de luz, que incluía a seleção de uma opção e a respetiva justificação, foi analisada separadamente.

No conjunto dos 12 itens, a média aumentou de 7,49 respostas corretas no pré-teste para 8,96 no pós-teste, o que corresponde a uma progressão de 62,4% para 74,6% de respostas corretas. O gráfico 1 apresenta a percentagem de respostas corretas em cada conteúdo avaliado nos dois momentos.

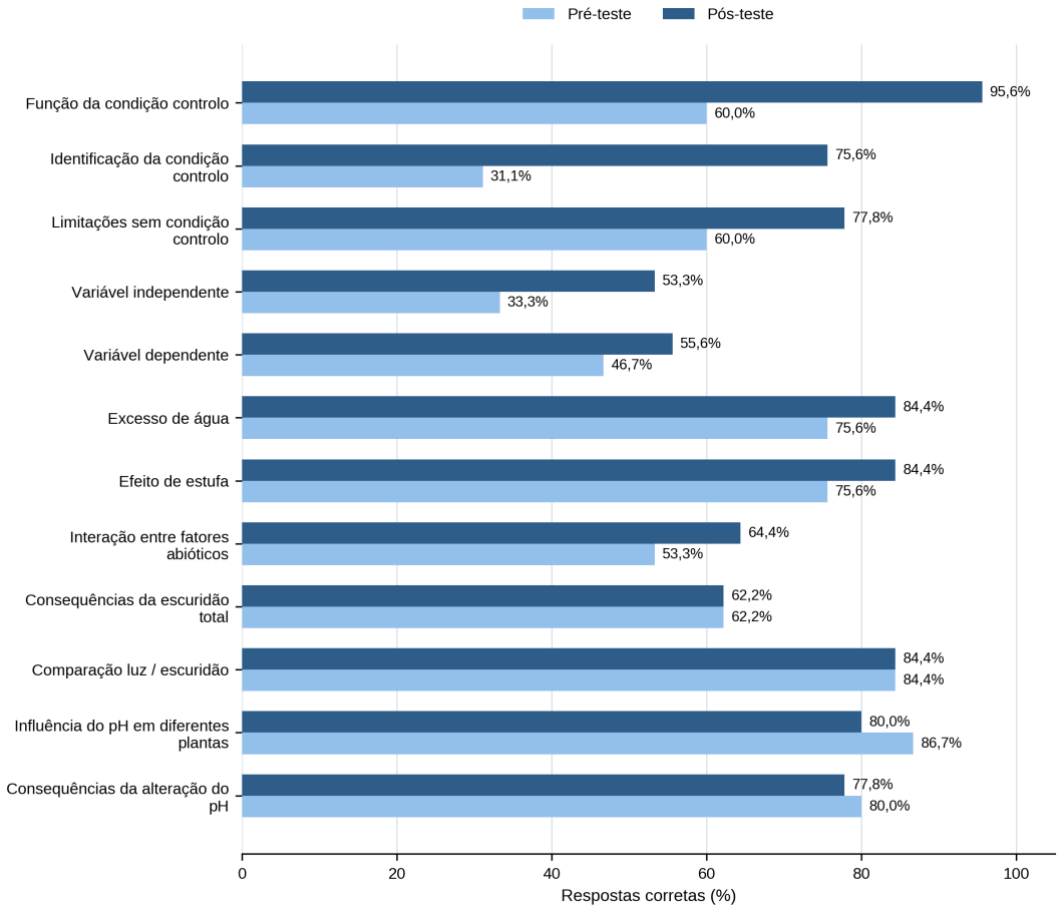


Gráfico 1- Percentagem de respostas corretas no pré-teste e no pós-teste, por conteúdo avaliado (n = 45).

As diferenças mais acentuadas verificaram-se nos itens relativos à condição de controlo. A identificação correta da sua função aumentou de 60,0% para 95,6% e a identificação da condição de controlo numa situação experimental passou de 31,1% para 75,6%. Também aumentou o reconhecimento das limitações de uma experiência realizada sem controlo, de 60,0% para 77,8%.

A evolução foi menos acentuada na identificação das variáveis experimentais. A percentagem de respostas corretas relativa à variável independente aumentou de 33,3% para 53,3%, enquanto a relativa à variável dependente passou de 46,7% para 55,6%.

Relativamente aos fatores abióticos, registaram-se aumentos nos itens referentes ao excesso de água, ao efeito de estufa e à interação entre diferentes fatores. Nos itens relacionados com a escuridão, as percentagens mantiveram-se inalteradas, enquanto nos dois itens relativos ao pH do solo verificou-se uma ligeira diminuição.

A análise individual complementa esta leitura em termos de conteúdo. Dos 45 participantes, 30 (66,7%) obtiveram um número maior de respostas corretas no pós-teste, 5 (11,1%) mantiveram o resultado e 10 (22,2%) apresentaram uma diminuição (gráfico 2).

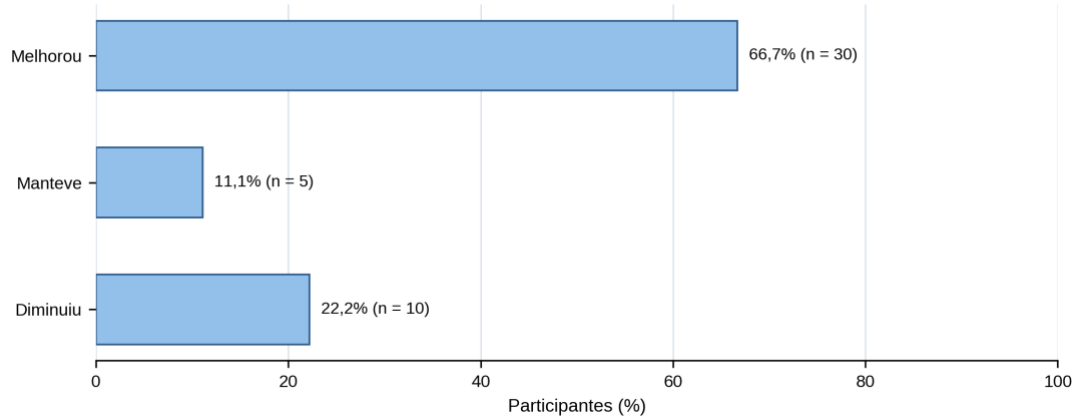


Gráfico 2- Evolução individual do número de respostas corretas entre o pré-teste e o pós-teste (n = 45).

A questão relativa aos filtros de luz foi analisada separadamente, uma vez que, para além da seleção de uma opção, solicitava a respetiva justificação. O gráfico 3 apresenta a distribuição das opções escolhidas nos dois momentos.

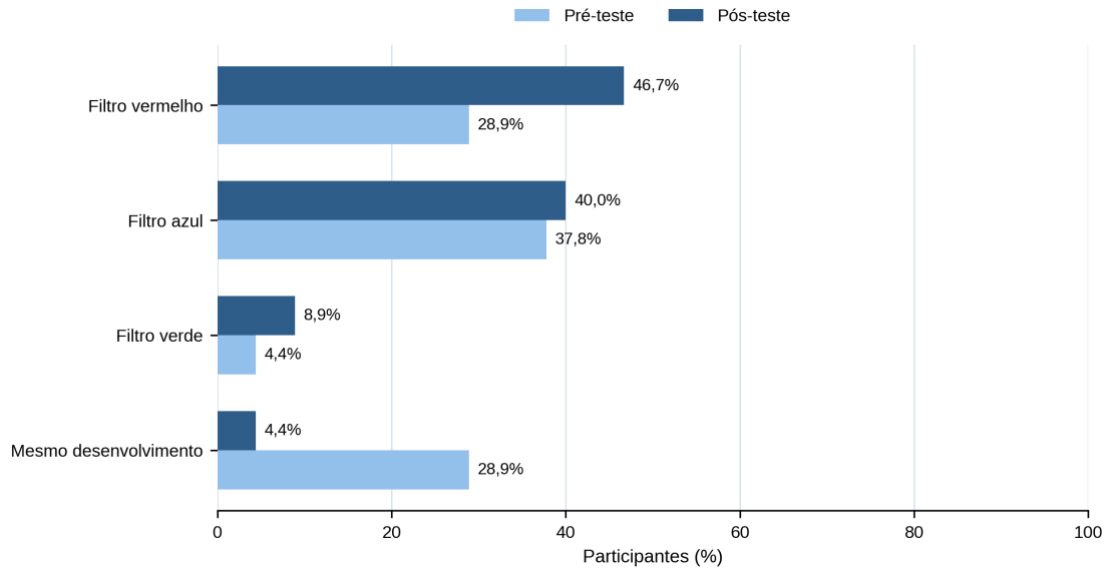


Gráfico 3- Distribuição das respostas relativas aos filtros de luz no pré-teste e no pós-teste (n = 45).

A seleção do filtro vermelho aumentou de 28,9% para 46,7%, enquanto a do filtro azul se manteve relativamente estável, passando de 37,8% para 40,0%. O filtro verde foi

selecionado por 4,4% dos alunos no pré-teste e por 8,9% no pós-teste. A alteração mais expressiva verificou-se na opção segundo a qual os três filtros permitiriam exatamente o mesmo desenvolvimento das plantas, cuja frequência diminuiu de 28,9% para 4,4%.

Para além da opção selecionada, as justificações foram classificadas segundo o respetivo grau de adequação científica. A Tabela 8 apresenta a distribuição das quatro categorias nos dois momentos de aplicação.

Categoria da justificação	Pré-teste n (%)	Pós-teste n (%)	Variação (p.p.)
Cientificamente correta	1 (2,2%)	12 (26,7%)	+24,5
Parcialmente correta	5 (11,1%)	9 (20,0%)	+8,9
Conceção alternativa	23 (51,1%)	9 (20,0%)	−31,1
Vaga, irrelevante ou sem justificação	16 (35,6%)	15 (33,3%)	−2,3
Total	45 (100,0%)	45 (100,0%)	—

Tabela 8- Classificação das justificações relativas aos filtros de luz no pré-teste e no pós-teste (n = 45).

As respostas cientificamente corretas aumentaram de 2,2% para 26,7% e as parcialmente corretas de 11,1% para 20,0%. Em simultâneo, as justificações classificadas como reveladoras de conceções alternativas diminuíram de 51,1% para 20,0%. As respostas vagas, irrelevantes ou sem justificação mantiveram uma expressão semelhante, passando de 35,6% para 33,3%.

A evolução da qualidade das justificações pode ser observada, a título exemplificativo, na resposta do mesmo participante em ambos os momentos de aplicação (Figura 4). No pré-teste, a explicação atribuía o mesmo desenvolvimento às plantas independentemente da cor da luz; no pós-teste, a resposta passou a relacionar a escolha do filtro vermelho à absorção da radiação pelos pigmentos fotossintéticos.

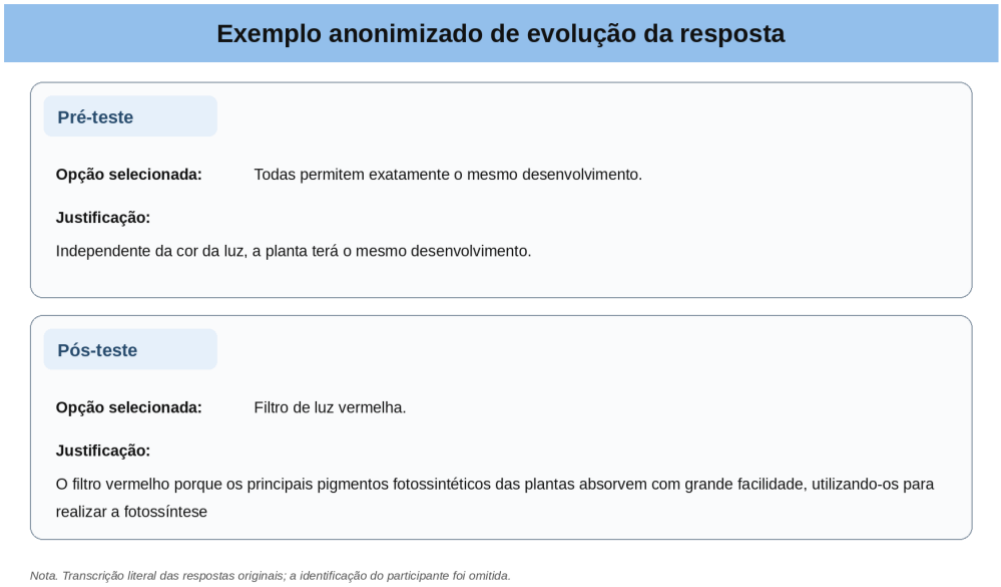


Figura 4- Exemplo anonimizado da evolução da resposta de um participante à questão relativa aos filtros de luz.

A análise das respostas incorretas e das justificações permitiu ainda identificar algumas tendências nas ideias manifestadas pelos alunos. As alterações mais evidentes ocorreram relativamente à condição controlo, tendo diminuído as respostas que lhe atribuíam a função de garantir resultados iguais entre as condições ou que consideravam a sua existência dispensável. No pós-teste, observou-se uma maior associação da condição de controlo à necessidade de dispor de uma referência para comparação.

Em contrapartida, a diferenciação entre a variável independente, a variável dependente e as variáveis de controlo permaneceu menos consolidada. Nos itens relativos aos fatores abióticos, também continuaram a surgir respostas que estabeleciam relações lineares ou absolutas entre um único fator e o desenvolvimento vegetal. Simultaneamente, aumentou o reconhecimento de que o desenvolvimento vegetal pode depender da ação conjunta de diferentes fatores abióticos.

5.3. Produções dos alunos e observação participante

Para complementar os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste, foram consideradas as evidências provenientes dos diários digitais de investigação, dos vídeos elaborados pelos grupos, da observação participante e da grelha de acompanhamento. A análise incidiu sobre a forma como os alunos relacionaram observações e dados, mobilizaram conhecimentos associados ao trabalho

experimental, organizaram e comunicaram a informação e, quando presente, articularam conhecimentos de Ciências Naturais e de Físico-Química. A Tabela 9 sintetiza as principais evidências identificadas.

Dimensão analisada	Evidências identificadas	Limitações / aspetos a considerar
Continuidade e organização dos registos	Os nove grupos dispunham de diário digital; apenas os grupos da Turma B responsáveis pelo controlo e pelo filtro azul apresentaram registos em todos os momentos previstos. Parte da informação foi temporariamente registada em cadernos ou telemóveis e posteriormente mobilizada nos produtos finais.	A ausência de uma entrada no diário não foi interpretada, por si só, como ausência de realização da tarefa ou de aprendizagem.
Articulação entre observação e dados dos sensores	Os grupos mobilizaram valores obtidos através dos sensores em conjunto com observações qualitativas e registos fotográficos para caracterizar as condições experimentais e fundamentar conclusões.	A interpretação das leituras exigiu orientação docente, sobretudo quando os valores correspondiam a leituras relativas e não a unidades físicas diretamente interpretáveis.
Mobilização do trabalho experimental	A condição controlo foi utilizada como referência de comparação nas produções e nas explicações dos alunos.	Os conceitos de variável independente e variável dependente não surgiram de forma sistemática nos produtos finais.
Organização e comunicação da informação	Todos os nove grupos elaboraram e submeteram o vídeo final. Alguns integraram valores, tabelas, gráficos e fotografias; outros privilegiaram a comunicação oral dos procedimentos, resultados e conclusões.	Os produtos apresentaram diferentes níveis de sistematização e fundamentação científica.
Interpretação das condições de luz	Nos produtos relativos à luz, os alunos procuraram relacionar a luminosidade e as alterações observadas nas plantas com conhecimentos sobre fotossíntese e desenvolvimento vegetal.	Algumas explicações permaneceram simplificadas. A presença de larvas no filtro verde e, temporariamente, na escuridão total introduziu fatores adicionais na interpretação.
Articulação de conhecimentos de CN e FQ	Foram mobilizados procedimentos associados à Físico-Química e conhecimentos predominantemente relacionados com as Ciências Naturais na interpretação das condições experimentais.	Não surgiu de forma sistemática uma reflexão explícita dos alunos sobre a articulação entre as duas áreas disciplinares.

Tabela 9- Síntese das evidências identificadas nas produções dos alunos e na observação participante.

A síntese apresentada evidencia que a utilização dos sensores constituiu, sobretudo, um recurso pedagógico para apoiar a caracterização das condições abióticas e complementar a observação direta. Para efeitos da investigação educativa, o interesse incidiu no modo como os alunos mobilizaram essa informação nas suas observações, registos e explicações, e não nos valores experimentais obtidos em cada condição.

A observação participante revelou diferenças no grau de autonomia entre os grupos e dificuldades na centralização e na continuidade dos registos. Foi necessária orientação docente, sobretudo na utilização dos equipamentos, na interpretação das leituras e na distinção entre aquilo que os dados permitiam concluir e as inferências que ultrapassavam as evidências recolhidas.

Em síntese, os resultados apontam para uma evolução global favorável entre o pré-teste e o pós-teste, mas também evidenciam diferenças entre os conteúdos e os participantes. Os progressos mais claros verificaram-se na compreensão da condição de controlo e na qualidade de algumas justificações relativas aos filtros de luz, enquanto a identificação das variáveis, a escuridão e o pH continuaram com dificuldades ou apresentaram alterações pouco favoráveis.

As produções dos grupos confirmam que os alunos utilizaram observações, fotografias e valores de sensores para caracterizar as condições e comunicar conclusões, embora com níveis distintos de organização e de fundamentação. Os sensores funcionaram como complemento da observação direta e exigiram orientação para a interpretação das leituras. A articulação entre Ciências Naturais e Físico-Química esteve presente na atividade, mas não foi avaliada de modo a permitir concluir se os alunos reconheceram explicitamente essa dimensão interdisciplinar. Estas evidências são interpretadas no capítulo seguinte, considerando as limitações do desenho do estudo e as condições efetivas de implementação.

6. Discussão dos resultados

Este capítulo interpreta os resultados à luz das questões de investigação e da literatura apresentada no enquadramento teórico. Atendendo à lecionação prévia dos conteúdos, à ausência de grupo de comparação e à inexistência de avaliação diferida, as alterações observadas são discutidas como evidências compatíveis com um possível contributo da sequência, sem estabelecer relações causais que o desenho do estudo não permite demonstrar.

6.1. Influência dos fatores abióticos no desenvolvimento das plantas

A comparação entre o pré-teste e o pós-teste revelou uma evolução global favorável, embora não uniforme. Dois terços dos participantes melhoraram o número de respostas corretas (66,7%), enquanto os restantes mantiveram ou diminuíram o número de respostas corretas. Esta heterogeneidade aconselha prudência na interpretação, mas é compatível com a literatura que identifica benefícios do ensino orientado para a investigação quando a recolha de evidências é acompanhada de orientação adequada (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016; Minner et al., 2010).

Nos fatores abióticos, observaram-se avanços em algumas situações relacionadas com a água, ao efeito de estufa e à interação entre condições. Na questão dos filtros, verificou-se uma diminuição de conceções alternativas identificadas no pré-teste, como a ideia de que, independentemente da cor da luz, a planta teria o mesmo desenvolvimento, e um aumento de respostas cientificamente adequadas no pós-teste, como a relação entre a escolha do filtro vermelho e a absorção da radiação pelos pigmentos fotossintéticos para a realização da fotossíntese. Estes resultados, apresentados no capítulo 5, sugerem uma melhoria na compreensão da influência dos fatores abióticos no desenvolvimento das plantas.

Ainda assim, permaneceu uma proporção relevante de justificações vagas e não se verificou progressão nos itens de escuridão. Assim, embora se tenha verificado uma evolução entre o pré-teste e o pós-teste, esta não ocorreu de forma uniforme em todos os conteúdos. Estes resultados apoiam a ideia de que uma resposta correta ou uma observação experimental não corresponde necessariamente a uma mudança conceptual estável (Chi, 2008; Duit & Treagust, 2003).

As características das próprias condições experimentais ajudam a compreender algumas dificuldades. As diferenças entre plantas submetidas aos filtros foram pouco

marcadas, surgiram larvas em algumas condições e o tratamento do pH não produziu um contraste claramente alcalino. Num sistema biológico, a variabilidade e a interação entre fatores limitam a possibilidade de estabelecer relações simples entre uma condição e uma resposta visível. Assim, a observação teria beneficiado de momentos mais sistemáticos de confronto entre a evidência e a explicação científica, como salientam Abrahams e Millar (2008).

6.2. Conhecimentos relacionados com o trabalho experimental

A evolução mais consistente no domínio do trabalho experimental verificou-se na compreensão da condição de controlo. Os resultados do questionário convergem com as evidências das produções dos alunos, nas quais a condição de controlo foi mobilizada como referência de comparação. Esta convergência entre fontes reforça a interpretação de que o conceito adquiriu maior significado funcional durante a intervenção, ultrapassando, para muitos participantes, uma definição meramente declarativa.

Em contrapartida, a identificação das variáveis independentes e dependentes permaneceu menos consolidada. Embora se tenham registado aumentos no pós-teste, os conceitos não surgiram de forma sistemática nos produtos finais. Assim, a participação numa experiência e a execução dos respetivos procedimentos não asseguraram, por si só, a compreensão explícita da lógica do desenho experimental. A identificação e o controlo de variáveis constituem competências exigentes, que beneficiam de ensino explícito e de oportunidades repetidas de aplicação em diferentes situações (Arnold et al., 2014; Schwichow et al., 2016; Zimmerman, 2007).

A natureza estruturada da atividade ajuda a compreender esta diferença. As condições, os materiais e os principais procedimentos foram previamente definidos pela PI, o que assegurou a viabilidade da intervenção e a utilização adequada dos equipamentos. A orientação docente é compatível com o ensino orientado à investigação e pode favorecer a aprendizagem quando os alunos ainda não dominam os procedimentos necessários (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016). Contudo, esta estrutura reduziu as oportunidades para que os participantes definissem autonomamente variáveis, formulassem hipóteses ou tomassem decisões sobre o planeamento experimental.

A ausência de hipóteses formalmente registadas constituiu, neste contexto, uma limitação. Embora o pré-teste tenha permitido identificar conhecimentos anteriores, cada grupo não dispunha de uma previsão inicial explicitamente formulada que pudesse ser

retomada e confrontada sistematicamente com os resultados obtidos. Esta ligação entre conceptualização, investigação, conclusão e discussão integra o processo investigativo descrito por Pedaste et al. (2015) e poderia ter sido mais explorada na sequência.

A análise dos diários e dos vídeos evidencia também que os alunos participaram em procedimentos de observação, medição, registo, organização e comunicação de informação. Todos os nove grupos concluíram e submeteram o vídeo final, mobilizando dados e observações relativos à condição acompanhada. Os formatos, contudo, foram distintos: alguns grupos recorreram a valores, tabelas, gráficos e fotografias, enquanto outros privilegiaram a comunicação oral sobre procedimentos, resultados e conclusões. Esta diversidade mostra que a realização do produto final foi comum a todos os grupos, mas não que os processos de análise e de fundamentação tenham ocorrido com o mesmo nível de sistematização.

Também a irregularidade dos diários digitais condicionou a organização das evidências produzidas. Apenas dois dos nove grupos apresentaram registos em todos os momentos previstos. A informação recolhida nem sempre foi centralizada imediatamente no suporte definido, permanecendo, por vezes, dispersa entre cadernos, notas de telemóvel e fotografias. Esta situação não permite equiparar a ausência de registo a ausência de trabalho, mas evidencia uma dificuldade organizacional relevante para a construção continuada das conclusões.

6.3. Contributo do uso dos sensores e da interdisciplinaridade

Os sensores associados ao Arduino complementaram a observação direta ao fornecerem informações quantitativas sobre as condições ambientais. Para esta investigação, o interesse não reside nos valores produzidos como resultados experimentais autónomos, mas na forma como os alunos os utilizaram para caracterizar o meio, comparar condições e sustentar explicações. Esta utilização aproxima o trabalho escolar de práticas de medição e tratamento de informação descritas em estudos com Arduino e sensores no ensino das Ciências (Nascimento, 2016; Nascimento et al., 2017).

A obtenção de um valor, porém, não assegurou a sua compreensão. Algumas leituras eram relativas e a sua interpretação exigiu apoio docente, reforçando a necessidade de discutir o significado e as limitações dos instrumentos. A sequência também criou oportunidades de articulação entre conhecimentos biológicos e conceitos ou

procedimentos associados à luz, à temperatura, à humidade e ao pH. Esta integração é coerente com a perspetiva de STEM integrado de Kelley e Knowles (2016), mas os instrumentos da investigação não avaliaram diretamente se os alunos reconheceram conscientemente essas ligações. Por isso, pode afirmar-se que houve mobilização interdisciplinar, mas não que todos os participantes tenham desenvolvido uma perceção explícita dessa integração (National Academy of Engineering & National Research Council, 2014).

6.4. Síntese interpretativa, limitações e implicações para a prática

Em conjunto, os resultados são compatíveis com um contributo da sequência para a mobilização e consolidação de conhecimentos sobre fatores abióticos e trabalho experimental, mas esse contributo foi parcial e diferenciado. A interpretação é limitada pela inexistência de grupo de comparação, pela lecionação prévia dos conteúdos, pela ausência de avaliação diferida, pela variabilidade própria dos organismos vivos, por condições experimentais que nem sempre produziram contrastes claros e pela irregularidade de alguns registos.

A análise aponta igualmente aspetos a melhorar numa futura implementação. A atividade poderá beneficiar de maior proximidade com a introdução dos conteúdos, da formulação explícita de previsões, de um trabalho mais intencional sobre as variáveis e de momentos regulares de discussão coletiva das evidências. A centralização dos registos no final de cada sessão e a explicitação das limitações dos sensores poderão também favorecer a transição da recolha de dados para a construção de explicações. Estas alterações decorrem da reflexão sobre a prática e procuram equilibrar a orientação necessária com uma participação progressivamente mais autónoma dos alunos.

7. Conclusões

O presente capítulo sintetiza as principais conclusões da investigação, retomando a finalidade e as questões que orientaram o estudo. São ainda sistematizados os principais contributos e limitações identificados e apresentada uma reflexão sobre as implicações da experiência para a prática profissional docente.

7.1. Síntese geral do estudo

A investigação analisou o contributo de uma atividade experimental interdisciplinar, mediada por tecnologia digital, para a aprendizagem dos fatores abióticos e da sua influência no desenvolvimento das plantas. A sequência «Desafio Abiótico» envolveu observação continuada de plantas, utilização de sensores associados ao Arduino, registo de informação e comunicação das evidências recolhidas.

Os resultados mostraram uma evolução global favorável, sobretudo na compreensão da condição de controlo e na qualidade de algumas justificações, mas essa progressão não foi uniforme. Mantiveram-se dificuldades na identificação das variáveis e em determinadas interpretações relativas à luz e ao pH. Os nove grupos concluíram o produto final e mobilizaram observações e dados, embora com diferenças na continuidade dos registos e na fundamentação das conclusões.

Estas evidências sugerem que a atividade constituiu um contexto útil de aplicação e consolidação. Ainda assim, a lecionação prévia dos conteúdos, a ausência de um grupo de comparação e outras limitações do desenho impedem atribuir exclusivamente as alterações observadas à intervenção.

7.2. Resposta às questões de investigação

Em resposta à questão principal, considera-se que a sequência criou oportunidades para os alunos relacionarem fatores abióticos e desenvolvimento vegetal através da observação, da comparação com uma condição de controlo, da utilização de sensores e da interpretação e comunicação de evidências. O contributo identificado foi, contudo, parcial e diferenciado entre os conteúdos e os participantes.

Quanto à compreensão dos fatores abióticos, verificaram-se avanços em algumas relações envolvendo água, efeito de estufa e filtros de luz, mas persistiram interpretações simplistas e a condição de pH não produziu um contraste suficientemente

claro. Relativamente aos sensores, estes complementaram a observação direta ao ajudarem a caracterizar e comparar as condições ambientais; o seu valor pedagógico dependeu, porém, da orientação necessária para interpretar as leituras e as limitações.

No trabalho experimental, a principal evolução ocorreu na compreensão da condição controlo, enquanto as variáveis independentes e dependentes permaneceram menos consolidadas. Por fim, a sequência promoveu a mobilização articulada de conhecimentos de Ciências Naturais e de Físico-Química, mas os instrumentos utilizados não permitem concluir em que medida os alunos reconheceram explicitamente essa articulação como interdisciplinar.

7.3. Contributos e limitações do estudo

O estudo evidencia o potencial de uma atividade experimental prolongada para envolver os alunos na observação de organismos vivos, na recolha de informação e na utilização de evidências. A integração dos sensores acrescentou uma dimensão instrumental e favoreceu a articulação entre medição e interpretação, evidenciando também a importância da orientação docente para transformar dados em explicações.

As conclusões devem ser lidas à luz das limitações identificadas: inexistência de grupo de comparação, lecionação prévia dos conteúdos, ausência de avaliação diferida, variabilidade biológica, contrastes experimentais nem sempre claros e desigual completude dos diários. Numa futura implementação, faria sentido reforçar a formulação de hipóteses, a identificação das variáveis, a discussão coletiva das evidências e a organização sistemática dos registos, procurando aproximar a atividade da introdução dos conteúdos.

7.4. Reflexão sobre a prática profissional

A conceção, implementação e análise da sequência «Desafio Abiótico» constituíram uma oportunidade de desenvolvimento profissional, ao exigirem a articulação entre conhecimentos científicos, decisões pedagógicas, gestão do trabalho experimental e análise crítica das evidências recolhidas. A experiência mostrou que a planificação de uma atividade experimental não se limita à seleção dos materiais e dos procedimentos, devendo igualmente considerar a forma como os alunos irão registar, interpretar, discutir e comunicar a informação produzida.

A implementação em contexto real evidenciou a necessidade de adaptar a planificação sem perder de vista os objetivos pedagógicos. A alteração do calendário, a substituição do micro:bit pelo Arduino, a preparação inicial das montagens pela PI e a reformulação do produto final constituíram ajustamentos às condições concretas da Prática de Ensino Supervisionada. A análise posterior permitiu compreender que a flexibilidade é indispensável, mas deve ser acompanhada de uma avaliação crítica das consequências de cada decisão sobre as oportunidades de aprendizagem oferecidas aos alunos.

A experiência também reforçou a importância de procurar um equilíbrio entre orientação e autonomia. A estruturação da atividade foi necessária para garantir a sua viabilidade e apoiar os alunos na utilização dos equipamentos, mas reduziu as oportunidades para que assumissem maior responsabilidade na definição da lógica experimental. Em futuras práticas, será importante criar espaços graduais de decisão, nos quais os alunos possam formular previsões, explicitar variáveis, discutir procedimentos e justificar as suas opções com maior autonomia.

Por fim, a investigação reforçou a relevância de uma prática docente reflexiva, na qual os resultados esperados e inesperados, as dificuldades de implementação e as limitações metodológicas constituem informação para reformular decisões pedagógicas. O trabalho desenvolvido contribuiu, assim, para aprofundar a compreensão das potencialidades e exigências do trabalho experimental, interdisciplinar e tecnologicamente mediado no ensino das Ciências, bem como para reconhecer a necessidade de alinhar de forma mais estreita a planificação, a recolha de evidências, a avaliação das aprendizagens e a reflexão sobre a prática.

Referências Bibliográficas

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education, 30*(14), 1945–1969. https://doi.org/10.1080/09500690701749305

Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education, 36*(16), 2719–2749. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209

Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (4th ed.). Blackwell Publishing.

Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Editora.

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal, 9*(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Biological Sciences Curriculum Study. https://bscs.org/wp-content/uploads/2022/01/bscs_5e_full_report-1.pdf

Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P. P., Osório, M. L., Carvalho, I., Faria, T., & Pinheiro, C. (2002). How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of Botany, 89*(7), 907–916. https://doi.org/10.1093/aob/mcf105

Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 61–82). Routledge.

Coutinho, C. P. (2011). *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: Teoria e prática*. Almedina.

Direção-Geral da Educação. (2018). *Aprendizagens essenciais: Articulação com o Perfil dos Alunos — 8.º ano, 3.º ciclo do ensino básico, Ciências Naturais*. Ministério da

Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_8a_ff.pdf

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education, 25*(6), 671–688. https://doi.org/10.1080/09500690305016

Duran, L. B., & Duran, E. (2004). The 5E instructional model: A learning cycle approach for inquiry-based science teaching. *The Science Education Review, 3*(2), 49–58. https://eric.ed.gov/?id=EJ1058007

Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing, 62*(1), 107–115. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Görgülü Arı, A., & Meço, G. (2021). A new application in biology education: Development and implementation of Arduino-supported STEM activities. *Biology, 10*(6), Article 506. https://doi.org/10.3390/biology10060506

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*, Article 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kramer, P. J., & Boyer, J. S. (1995). *Water relations of plants and soils*. Academic Press.

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research, 86*(3), 681–718. https://doi.org/10.3102/0034654315627366

Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. V. Caetano & M. G. Santos (Orgs.), *Cadernos didácticos de ciências* (Vol. 1, pp. 77–96). Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário. http://hdl.handle.net/1822/10295

Liu, J., & van Iersel, M. W. (2021). Photosynthetic physiology of blue, green, and red light: Light intensity effects and underlying mechanisms. *Frontiers in Plant Science, 12*, Article 619987. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.619987

Marín-Marín, J.-A., García-Tudela, P. A., & Duo-Terrón, P. (2024). Computational thinking and programming with Arduino in education: A systematic review for secondary education. *Heliyon, 10*(8), Article e29177. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29177

Martins, G. d'O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J. L., Pedroso, J. V., Acosta Carrillo, J. L., Ucha, L. M., Encarnação, M. M. G. A. da, Horta, M. J. do V. C., Calçada, M. T. C. S., Nery, R. F. V., & Rodrigues, S. M. C. V. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Ministério da Educação, Direção-Geral da Educação. http://hdl.handle.net/10400.26/22377

Martins, I. P., Veiga, M. L., Teixeira, F., Tenreiro-Vieira, C., Vieira, R. M., Rodrigues, A. V., & Couceiro, F. (2007). *Educação em ciências e ensino experimental: Formação de professores*. Ministério da Educação, Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Basico/Documentos/explorando_formacao_professores.pdf

McFarlane, A. E., & Sakellariou, S. (2002). The role of ICT in science education. *Cambridge Journal of Education, 32*(2), 219–232. https://doi.org/10.1080/03057640220147568

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(4), 474–496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

National Academy of Engineering, & National Research Council. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18612

Nascimento, J. F. T. F. do. (2016). *A utilização da plataforma Arduino na realização de trabalho experimental em aulas de Ciências Naturais* [Dissertação de mestrado, Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto]. ReCIPP – Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto. http://hdl.handle.net/10400.22/11360

Nascimento, J., Barbot, A., Maia-Lima, C., Pinto, A., & Couto, Â. (2017). Utilização da plataforma Arduino no desenvolvimento de duas unidades didáticas em Ciências Naturais. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra*, 995–1002. http://hdl.handle.net/10400.22/12515

Nobel, P. S. (2009). *Physicochemical and environmental plant physiology* (4th ed.). Academic Press.

Ogegbo, A. A., & Ramnarain, U. (2022). A systematic review of computational thinking in science classrooms. *Studies in Science Education, 58*(2), 203–230. https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1963580

OpenAI. (2026). *ChatGPT* [Large language model]. https://chatgpt.com

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47–61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Polanin, J. R., Austin, M., Taylor, J. A., Steingut, R. R., Rodgers, M. A., & Williams, R. (2024). Effects of the 5E instructional model: A systematic review and meta-analysis. *AERA Open, 10*(1), 1–16. https://doi.org/10.1177/23328584241269866

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*(2), 211–227. https://doi.org/10.1002/sce.3730660207

Sauter, M. (2013). Root responses to flooding. *Current Opinion in Plant Biology, 16*(3), 282–286. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2013.03.013

Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. N., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review, 39*, 37–63. https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.12.001

Silva, M. J., Rodrigues, M., & Tempera, T. (2024). Framework for a research-based and interdisciplinary use of sensors in elementary teacher education. *Sensors, 24*(17), Article 5482. https://doi.org/10.3390/s24175482

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.

Vergara, K., Rossel, P. O., & Herskovic, V. (2025). Understanding the use of physical computing in K–12 education: A systematic literature review. *Educational Research Review, 48*, Article 100705. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100705

Weil, R. R., & Brady, N. C. (2017). *The nature and properties of soils* (15th ed., Global ed.). Pearson.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review, 27*(2), 172–223. https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001

Apêndice 1 – Planificação inicial da sequência didática "Desafio Abiótico"

O presente apêndice apresenta a planificação inicial da sequência didática «Desafio Abiótico», organizada segundo o modelo dos 5E. Inclui a calendarização prevista, as principais atividades e os respetivos objetivos, antes dos ajustamentos introduzidos durante a implementação.

Fase do modelo 5E	Sessão	Atividade principal	Descrição sintética das atividades	Objetivos da fase	Bloco de tempo
Engage	1 15 de abril	Mobilizar conhecimentos prévios; despertar a curiosidade científica; formular questões-problema	Apresentação do desafio investigativo; realização do pré-teste; formação das equipas de trabalho	Mobilizar conhecimentos prévios; despertar a curiosidade científica; formular questões-problema	50 min
Explain	2 16 de abril	Compreender o conceito de variável; identificar condições de controlo; planear a investigação	Distribuição das variáveis por grupo; explicitação das condições experimentais; calendarização da manutenção	Compreender o conceito de variável; identificar condições de controlo; planear a investigação	50 min
Explore	3 17 de abril	Aplicar procedimentos experimentais; controlar variáveis; recolher dados iniciais	Preparação dos vasos; colocação dos sensores; recolha inicial dos parâmetros ambientais	Aplicar procedimentos experimentais; controlar variáveis; recolher dados iniciais	50 + 50 min
Explore	4 22 de abril	Observar alterações iniciais; utilizar instrumentos de medição; registar dados	Recolha de dados qualitativos e quantitativos; apoio das docentes na utilização dos sensores (articulação com FQ)	Observar alterações iniciais; utilizar instrumentos de medição; registar dados	50 min
Explain	5 24 de abril	Compreender o funcionamento do micro:bit; interpretar dados digitais	Recolha de novos dados; explicitação do funcionamento do micro:bit e dos sensores utilizados	Compreender o funcionamento do micro:bit; interpretar dados digitais	50 + 50 min
Elaborate	6 30 de abril	Analisar dificuldades; reformular estratégias; aprofundar a interpretação dos dados	Discussão em grupo sobre problemas encontrados; esclarecimento de dúvidas; reajuste de procedimentos	Analisar dificuldades; reformular estratégias; aprofundar a interpretação dos dados	50 min
Explore/Elaborate	7 7 de maio	Consolidar a recolha experimental; preparar a análise final	Registo final dos parâmetros; limpeza e organização do espaço experimental	Consolidar a recolha experimental; preparar a análise final	50 min
Elaborate	8 8 de maio	Organizar informação; construir gráficos; formular conclusões	Construção de tabelas e gráficos; início da elaboração dos posters científicos	Organizar informação; construir gráficos; formular conclusões	50 + 50 min
Evaluate	9 15 de maio	Comunicar resultados; avaliar aprendizagens; refletir sobre o processo	Apresentação dos posters; realização do pós-teste; encerramento da atividade	Comunicar resultados; avaliar aprendizagens; refletir sobre o processo	50 + 50 min

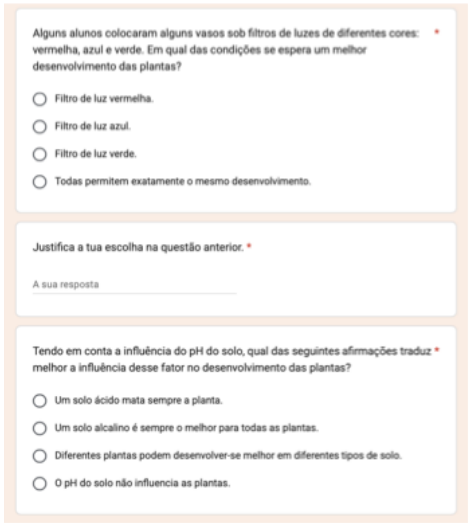
Tabela 10- Calendarização inicialmente planificada da sequência didática "Desafio Abiótico".

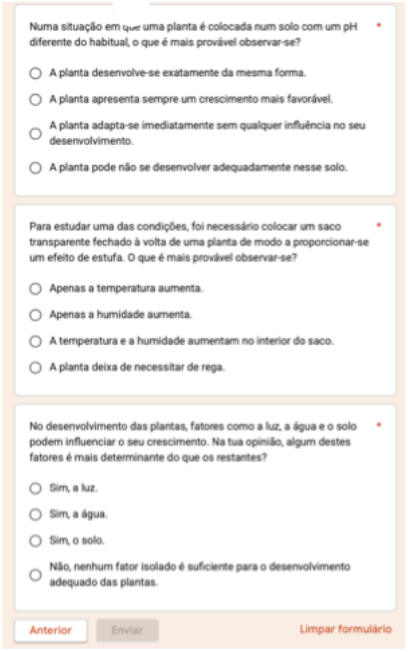
Apêndice 2 – Pré-teste e pós-teste implementados

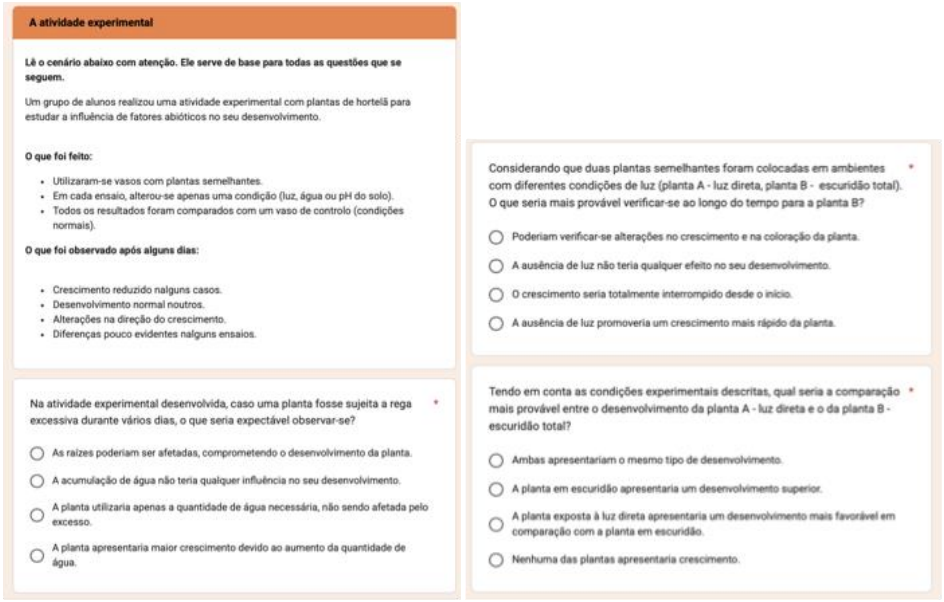
O presente apêndice apresenta o instrumento utilizado nos momentos de pré-teste e pós-teste. O mesmo questionário foi aplicado antes e após a intervenção pedagógica, permitindo comparar as respostas dos participantes nos dois momentos. O instrumento integrou questões de resposta fechada e aberta relacionadas com a influência dos fatores abióticos no desenvolvimento das plantas e com conhecimentos associados ao trabalho experimental.











A atividade experimental

Lê o cenário abaixo com atenção. Ele serve de base para todas as questões que se seguem.

Um grupo de alunos realizou uma atividade experimental com plantas de hortelã para estudar a influência de fatores abióticos no seu desenvolvimento.

O que foi feito:

- Utilizaram-se vasos com plantas semelhantes.
- Em cada ensaio, alterou-se apenas uma condição (luz, água ou pH do solo).
- Todos os resultados foram comparados com um vaso de controlo (condições normais).

O que foi observado após alguns dias:

- Crescimento reduzido nalguns casos.
- Desenvolvimento normal noutros.
- Alterações na direção do crescimento.
- Diferenças pouco evidentes nalguns ensaios.

Na atividade experimental desenvolvida, caso uma planta fosse sujeita a rega excessiva durante vários dias, o que seria expectável observar-se? *

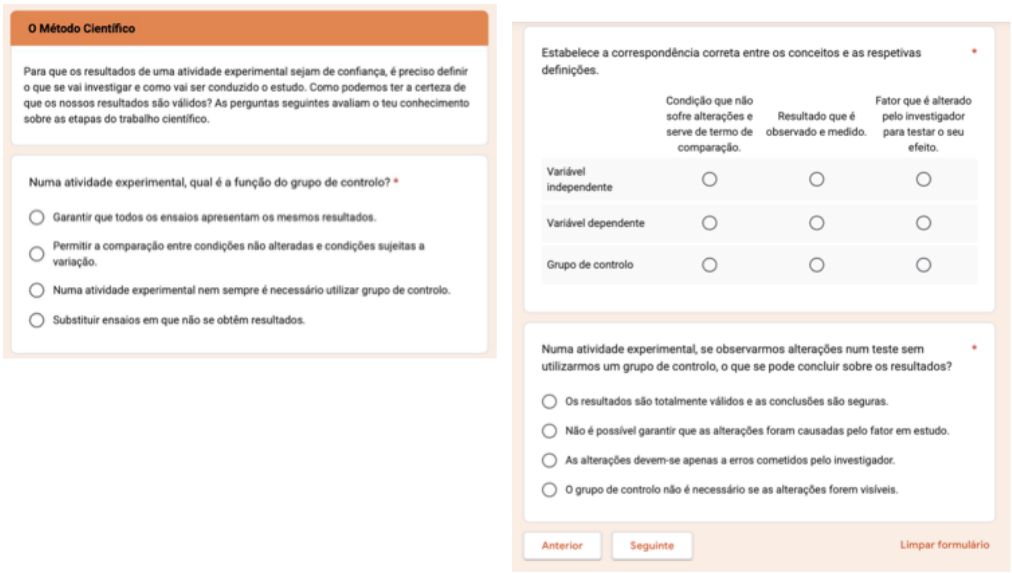
- As raízes poderiam ser afetadas, comprometendo o desenvolvimento da planta.
- A acumulação de água não teria qualquer influência no seu desenvolvimento.
- A planta utilizaria apenas a quantidade de água necessária, não sendo afetada pelo excesso.
- A planta apresentaria maior crescimento devido ao aumento da quantidade de água.

Considerando que duas plantas semelhantes foram colocadas em ambientes com diferentes condições de luz (planta A - luz direta, planta B - escuridão total). O que seria mais provável verificar-se ao longo do tempo para a planta B? *

- Poderiam verificar-se alterações no crescimento e na coloração da planta.
- A ausência de luz não teria qualquer efeito no seu desenvolvimento.
- O crescimento seria totalmente interrompido desde o início.
- A ausência de luz promoveria um crescimento mais rápido da planta.

Tendo em conta as condições experimentais descritas, qual seria a comparação mais provável entre o desenvolvimento da planta A - luz direta e o da planta B - escuridão total? *

- Ambas apresentariam o mesmo tipo de desenvolvimento.
- A planta em escuridão apresentaria um desenvolvimento superior.
- A planta exposta à luz direta apresentaria um desenvolvimento mais favorável em comparação com a planta em escuridão.
- Nenhuma das plantas apresentaria crescimento.



O Método Científico

Para que os resultados de uma atividade experimental sejam de confiança, é preciso definir o que se vai investigar e como vai ser conduzido o estudo. Como podemos ter a certeza de que os nossos resultados são válidos? As perguntas seguintes avaliam o teu conhecimento sobre as etapas do trabalho científico.

Numa atividade experimental, qual é a função do grupo de controlo? *

- Garantir que todos os ensaios apresentam os mesmos resultados.
- Permitir a comparação entre condições não alteradas e condições sujeitas a variação.
- Numa atividade experimental nem sempre é necessário utilizar grupo de controlo.
- Substituir ensaios em que não se obtêm resultados.

Estabelece a correspondência correta entre os conceitos e as respetivas definições. *

	Condição que não sofre alterações e serve de termo de comparação.	Resultado que é observado e medido.	Fator que é alterado pelo investigador para testar o seu efeito.
Variável independente	○	○	○
Variável dependente	○	○	○
Grupo de controlo	○	○	○

Numa atividade experimental, se observarmos alterações num teste sem utilizarmos um grupo de controlo, o que se pode concluir sobre os resultados? *

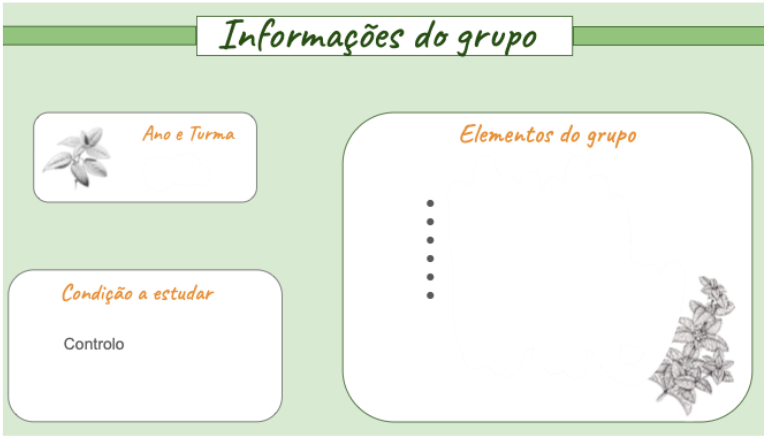
- Os resultados são totalmente válidos e as conclusões são seguras.
- Não é possível garantir que as alterações foram causadas pelo fator em estudo.
- As alterações devem-se apenas a erros cometidos pelo investigador.
- O grupo de controlo não é necessário se as alterações forem visíveis.

Anterior Seguinte Limpar formulário

Apêndice 3 – Exemplo de diário de investigação

O presente apêndice apresenta, a título exemplificativo, um dos nove diários digitais de investigação analisados no âmbito do estudo. Foram removidos todos os elementos suscetíveis de permitir a identificação dos participantes. Os nove diários analisados, igualmente anonimizados, encontram-se disponíveis em formato digital através da ligação https://shre.ink/GIWW







Parâmetro a observar	Dado a registar
Crescimento (tamanho)	Grande/Médio
Densidade	A preencher
Temperatura ambiente	22º
Temperatura dentro do saco	A preencher
Humidade do solo	57%
Sensor pH solo alcalino	6,5
Sensor pH solo ácido	A preencher
Sensor luz natural	433 muita luz
Sensor ausência total de luz	A preencher
Sensor filtro azul	A preencher
Sensor filtro verde	A preencher
Sensor filtro vermelho	A preencher



Controlo



Controlo

Relatório de observação

Data: 24/04/26

Outras observações

Mudanças principalmente na humidade do solo e a luz natural o ph manteve-se



Parâmetro a observar	Dado a registar
Crescimento (tamanho)	Igual
Densidade	A preencher
Temperatura ambiente	22º
Temperatura dentro do saco	A preencher
Humidade do solo	75%
Sensor pH solo alcalino	6.5
Sensor pH solo ácido	A preencher
Sensor luz natural	208 normal
Sensor ausência total de luz	A preencher
Sensor filtro azul	A preencher
Sensor filtro verde	A preencher
Sensor filtro vermelho	A preencher



Controlo



Controlo

Apêndice 4 – Guião de orientação para a elaboração do vídeo final

O presente apêndice apresenta o guião de orientação disponibilizado aos grupos para a elaboração do produto final da sequência didática. O documento destinou-se a apoiar a seleção e organização da informação recolhida, orientando os alunos na apresentação da condição experimental acompanhada, das observações e dados considerados relevantes e das conclusões formuladas com base nas evidências produzidas durante a atividade.

Dados a mencionar na apresentação

1. Introdução

- condição estudada;
- turma/grupo;
- duração da atividade;
- sensores utilizados;
- que dados foram recolhidos;

2. Construir uma tabela síntese com os dados recolhidos ou um gráfico ilustrativo. A minha sugestão é o grupo do controlo fazer esta tabela, já que têm muitos valores e escolher uma variável ou 2 para fazer gráficos, enquanto os restantes grupos escolhem se querem fazer a tabela ou se fazem logo gráfico.

(exemplo para a o controlo – adaptar para cada condição)

Dia	Temperatura ambiente	Humidade ambiente	Humidade do solo	pH do solo	Quantidade de luz	Outras observações
DD-MM-AAAA	a°C	b%	c%	d	e	f

Sugestão:
Controlo: tabela + gráficos
Escuridão total: tabela
Filtro de luz (azul, verde e vermelho): gráfico
Efeito estufa: gráficos
Solo pH alcalino: tabela
Excesso de água: gráfico

3. Indicar qual foi o valor mínimo, o máximo e a média (exemplo: A humidade do solo variou entre 430 e 780, com uma média de 650. Isto indica que o solo se manteve bastante húmido durante a experiência.)

4. Responder as estas questões consoante a condição estudada:
- A nossa planta cresceu?
- Ficou mais densa ou menos densa?
- As folhas mudaram de cor?
- A planta pareceu saudável?
- Os valores dos sensores mantiveram-se estáveis ou variaram?

5. Registo fotográfico (pelo menos o início, o meio e o final)

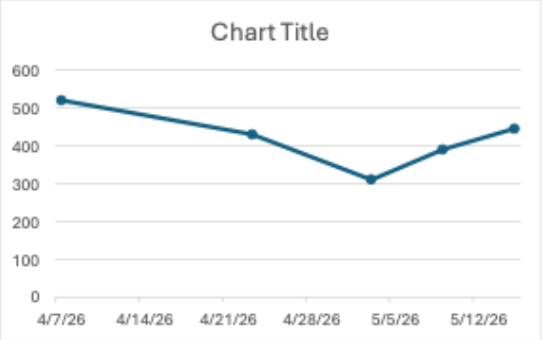
6. Conclusões

Como fazer no Excel ou Google Sheets?

1. Abrir o Excel ou Google Sheets.
2. Criar uma tabela com duas colunas.
3. Na primeira coluna, escrever os dias.
4. Na segunda coluna, escrever os valores medidos.
5. Selecionar a tabela.
6. Clicar em **Inserir**.
7. Escolher **Gráfico de linhas**.
8. Colocar um título no gráfico.
9. Identificar os eixos.

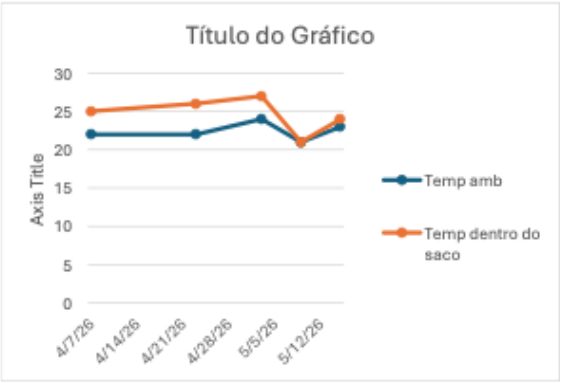
Exemplo 1 – gráfico apenas com 1 condição

Dia	Humidade do solo
23/04/2026	430
07/04/2026	520
03/05/2026	310
09/05/2026	390
15/05/2026	445



Exemplo 2 – gráfico com 2 condições

Dia	temp amb	temp dentro saco
23/04/2026	22	26
07/04/2026	22	25
03/05/2026	24	27
09/05/2026	21	21
15/05/2026	23	24



Apêndice 5 – Grelha de acompanhamento do preenchimento dos diários digitais de investigação

Este apêndice apresenta a estrutura da grelha utilizada para acompanhar a atualização dos diários digitais de investigação e registar observações relevantes. Não são apresentados os registos individuais, de modo a preservar a confidencialidade dos participantes.

Grelha de acompanhamento do preenchimento dos diários digitais de investigação

Turma A								
Condição experimental	**Elemento do grupo**	**22 abr.**	**24 abr.**	**29 abr.**	**6 mai.**	**8 mai.**	**13 mai.**	**15 mai.**
Controlo	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							
Solo com pH alcalino	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							
Excesso de água	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							
Efeito de estufa	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							

Notas a considerar

Turma B								
Condição experimental	**Elemento do grupo**	**22 abr.**	**24 abr.**	**29 abr.**	**6 mai.**	**8 mai.**	**13 mai.**	**15 mai.**
Controlo	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							
Filtro de luz azul	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							
Filtro de luz verde	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							
Filtro de luz vermelho	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							
Escuridão total	Elemento 1							
	Elemento 2							
	Elemento 3							
	Elemento 4							

Notas a considerar

Nota. Apresenta-se a estrutura da grelha utilizada pela professora-investigadora. Os registos efetuados durante a intervenção não são reproduzidos, de modo a preservar a confidencialidade dos participantes.

Anexo 1 – Parecer da Comissão de Ética da FCUP

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Comissão de Ética

Parecer

Ref.: Proc. CE2025/p642715

Relativamente ao pedido de parecer requerido por Joana Filipa Valério dos Anjos no âmbito do projeto intitulado "Desafio abiótico: o impacto das atividades experimentais num projeto interdisciplinar no 8º. 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 e o assentimento informado desses mesmos alunos participantes no projeto.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 21 de janeiro de 2026

O Presidente da Comissão de Ética

Anexo 2 – Consentimento informado dos Encarregados de Educação

Declaração de Consentimento Informado

(para alunos menores)

Título do projeto: Desafio abiótico: o impacto das atividades experimentais num projeto interdisciplinar no 8º. Ano de escolaridade

Nome do investigador principal: Joana Filipa Valério Anjos Santos

Orientador/coorientador científico: Professora Doutora Cecília Guerra

Contactos do investigador principal: up201109022@up.pt

Eu, _____(nome completo do encarregado de educação), encarregado de educação abaixo assinado, declaro que:

1. Autorizo a participação do meu educando (nome completo do 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 recolha de registo efetuados no relatório de observação fornecido e a observação direta das atividades desenvolvidas em contexto de sala de aula, com e sem recurso a grelha de observação, durante o projeto conduzido pelo investigador principal.

4. Compreendi que a participação do meu educando é voluntária e que este poderá desistir a qualquer momento da sua participação neste projeto, sem indicar o motivo.

5. Percebi que os dados recolhidos serão tratados pelos investigadores, sendo garantido o anonimato para o exterior.

6. Entendi que os dados recolhidos neste projeto, incluindo as respostas aos pré e pós-testes em papel e os registos digitais de observação continua, serão tratados com estrita confidencialidade, garantindo-se o anonimato dos participantes. Para assegurar a integridade e segurança da informação, a recolha de dados digitais será realizada exclusivamente através de plataformas institucionais da Universidade do Porto, sendo todos os ficheiros armazenados em servidores seguros associados à conta institucional da investigadora. Paralelamente, os registos em suporte físico serão guardados em local seguro sob sua responsabilidade direta. Em ambos os formatos, as medidas de proteção aplicadas garantem a impossibilidade de identificação dos participantes, destinando-se os dados estritamente aos fins desta investigação.

O encarregado de educação:

_____

Data: __/ __/ ____

O investigador principal:

_____

Data: __/ __/ ____

Anexo 3 – Assentimento informado dos alunos participantes

Declaração de Assentimento Informado

(de alunos menores)

Título do projeto: Desafio abiótico: o impacto das atividades experimentais num projeto interdisciplinar no 8º. Ano de escolaridade

Nome do investigador principal: Joana Filipa Valério Anjos Santos

Orientador/coorientadores científicos: Professora Doutora Cecília Guerra

Contactos do investigador principal: up201109022@up.pt

Eu, _____ (nome completo do aluno) 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 voluntaria e anónima. Sei que posso desistir a qualquer momento da participação neste projeto, sem indicar o motivo.

O aluno:

_____

Data: __/ __/ ____

O investigador principal:

_____

Data: __/ __/ ____