

Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais

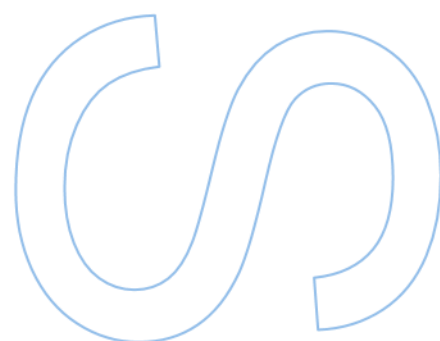
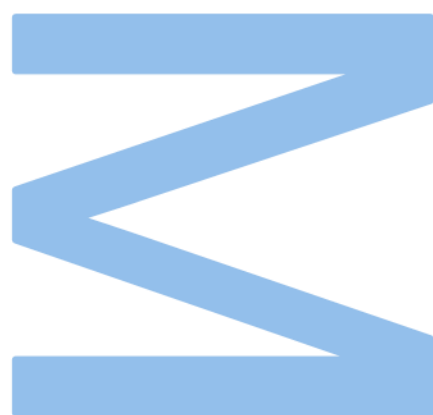
Margarida Meneses Alves da Silva

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

Unidade de Ensino das Ciências

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2026





Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais

Margarida Meneses Alves da Silva

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

Unidade de Ensino das Ciências
2026

Orientador

Tiago Ribeiro, Professor Auxiliar Convidado, Unidade de Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



Agradecimentos

À Professora Doutora Clara Vasconcelos, diretora deste mestrado, por todo o trabalho, dedicação e exigência que tornam este percurso tão enriquecedor. Obrigada por acreditar numa formação de professores assente na reflexão, na inovação e na paixão pelo ensino, e por contribuir para que tantos futuros docentes encontrem o seu lugar nesta profissão. O entusiasmo e o compromisso que demonstra pela Educação foram, sem dúvida, uma inspiração ao longo deste caminho.

Ao Professor Tiago Ribeiro, meu orientador de estágio, por ter sido muito mais do que alguém que orientou um relatório ou acompanhou uma investigação. Obrigada pela exigência, pela confiança, pela disponibilidade e pela capacidade de fazer pensar mais longe. Por todas as conversas, pelos desafios lançados e pelas palavras certas nos momentos certos. Obrigada, sobretudo, por nunca me ter deixado desistir, mesmo quando eu própria sentia que já não conseguia continuar. Nos momentos mais difíceis, foi quem me lembrou que o meu lugar é na sala de aula, que é aí que está o meu futuro, sempre com um sorriso para dar. Obrigada por acreditar em mim antes mesmo de eu o conseguir fazer e por me mostrar que ensinar é muito mais do que dominar conteúdos: é construir relações, inspirar, escutar e nunca deixar de aprender. Levo comigo tudo o que me ensinou, o privilégio de ter aprendido ao seu lado e a certeza de que parte da professora que serei no futuro terá sempre um pouco da sua influência.

À Professora Sandra Ferraz, minha professora cooperante, por me ter acolhido desde o primeiro dia com uma generosidade, uma paciência e uma humanidade difíceis de colocar em palavras. Obrigada por abrir as portas da sua sala de aula e por me permitir aprender consigo, observando não apenas uma excelente profissional, mas também uma professora profundamente dedicada e genuinamente preocupada com cada aluno. Obrigada pela confiança, pelos conselhos, pela tranquilidade que sempre transmitiu e pela forma como me fez sentir que tudo acabaria por correr bem, mesmo nos momentos de maior incerteza. A professora que espero vir a ser leva muito daquilo que aprendi consigo, e sou, sem dúvida, melhor por ter tido a oportunidade de partilhar este caminho ao seu lado.

À Maria Francisca, que foi mais que uma colega de estágio, por ter sido companheira em todas as etapas desta aventura. Obrigada pelas conversas intermináveis, pelas ideias trocadas, pelos desabafos, pelas gargalhadas e por toda a entreadjudia ao longo deste ano. Partilhar as inseguranças, as conquistas e o crescimento profissional com alguém que viveu intensamente cada momento tornou esta experiência muito mais especial. Obrigada também por me inspirares através da forma como sempre te dedicaste aos alunos, pela preocupação genuína com o seu bem-estar, pela disponibilidade para os ajudar e pela atenção que colocaste em cada um deles. Observar o carinho e o compromisso com que construístes essas relações foi, para mim, uma importante aprendizagem e uma inspiração para a professora que espero vir a ser. Levo comigo não só tudo aquilo que aprendemos juntas, mas também a amizade que construímos e as memórias que ficarão para sempre associadas a esta fase tão importante das nossas vidas.

Ao Luís e ao Nuno, companheiros desta aventura que foi o mestrado, obrigada por todas as memórias, pelas conversas sérias e pelas completamente absurdas, pelos momentos de ansiedade partilhados e pelas gargalhadas que tornaram tudo isto mais leve. Obrigada pelos dias e pelas noites passadas no DCC, pelos desabafos, pela ajuda mútua e por fazerem com que até os momentos de maior pressão se transformassem em recordações felizes. Obrigada pela amizade e por fazerem deste percurso algo muito mais bonito do que alguma vez poderia ter sido se o percorresse sozinha. Há pessoas que passam pelas nossas vidas e outras que ficam; vocês pertencem, sem dúvida, ao segundo grupo.

Ao Tiago, que apareceu na minha vida há relativamente pouco tempo, mas que rapidamente conquistou um lugar especial nela. Obrigada pela leveza, pelo humor e pela forma como me lembras, tantas vezes, Obrigada pela leveza, pelo humor e pela forma como me recordas, tantas vezes, que a vida é para ser vivida, aproveitada e abraçada sem medo. Obrigada por ouvires, por apoiares, por acreditares em mim e por estares presente, mesmo sem o saberes, em muitos dos momentos mais exigentes deste percurso. Há pessoas que chegam às nossas vidas sem grandes planos e que, quase sem nos apercebermos, acabam por se tornar parte importante da nossa história. Obrigada por seres uma delas.

À minha mãe, por ser o meu maior exemplo e o meu porto seguro. Foi através de ti que aprendi, desde pequena, a beleza desta profissão e o impacto que um professor pode ter na vida dos seus alunos. Cresci a ouvir as tuas histórias, a observar a dedicação, o carinho e a entrega com que sempre abraçaste o ensino, e foi, em grande parte, por tua causa que escolhi seguir este caminho. Obrigada por me mostrares que ser professora é deixar uma marca que permanece muito para além da sala de aula e por me ensinares que educar é, acima de tudo, um ato de generosidade e entrega. Obrigada por me ensinares, todos os dias, o verdadeiro significado do trabalho, da empatia e da perseverança, por celebrares cada conquista como se fosse tua e por estares presente em todos os momentos, mesmo nos mais difíceis. Espero, um dia, conseguir ser para os meus alunos aquilo que sempre foste para os teus e tornar-me uma professora que inspire e marque vidas da mesma forma que tu me inspiraste a mim. Tudo aquilo que sou, e tudo aquilo que espero vir a ser, tem muito de ti. Este percurso também é teu.

Por fim, a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, fizeram parte desta caminhada, deixo o meu mais sincero agradecimento. Cada conversa, cada gesto de apoio e cada momento partilhado contribuíram para tornar este percurso mais rico, mais humano e mais inesquecível.

A todos, o meu muito obrigada.

Resumo

Os crescentes impactes das atividades antrópicas nos ecossistemas reforçam a importância da Educação em Ciências na promoção de uma compreensão integrada do Sistema Terra e das relações entre ambiente e sociedade. Contudo, persistem limitações na implementação de práticas pedagógicas que favoreçam o desenvolvimento do pensamento sistémico e da literacia ambiental através da mobilização dos conteúdos curriculares para a análise de problemas reais de sustentabilidade. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar uma intervenção pedagógica enquadrada na Earth System Education (ESE) e no Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC), visando promover o pensamento sistémico, a literacia ambiental e a literacia dos oceanos em alunos do 8.º ano de Ciências Naturais. Recorreu-se a uma metodologia de Investigação-Ação, através da implementação de uma sequência didática centrada nos impactes das indústrias da moda e da pesca, com enfoque na poluição por microplásticos e nas suas implicações para os ciclos da matéria e a sustentabilidade. A recolha de dados integrou testes cognitivos, questões de exploração do caso, V de Gowin, trabalhos finais e observação participante, sendo os resultados analisados através de estatística descritiva e do teste *t*-Student para amostras emparelhadas. Os resultados evidenciaram uma evolução significativa dos conhecimentos científicos dos alunos e indícios do desenvolvimento da literacia ambiental, da literacia dos oceanos, do pensamento sistémico e da consciência ambiental, traduzidos na capacidade de relacionar atividades antrópicas, subsistemas da Terra e desafios socioambientais contemporâneos. Conclui-se que a articulação entre a ESE e o EOAC constitui uma estratégia pedagógica relevante para promover aprendizagens contextualizadas, a mobilização crítica dos conhecimentos científicos e uma compreensão integrada das problemáticas da sustentabilidade. Perspetiva-se, assim, a necessidade de reforçar práticas educativas desta natureza, favorecendo a formação de cidadãos mais informados, críticos e capazes de participar ativamente na construção de sociedades mais sustentáveis.

Palavras Chave: impactes antrópicos; Sistema Terra; *Earth System Education*; Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos; microplásticos; indústria da moda; pesca sustentável; literacia ambiental; literacia dos oceanos; pensamento sistémico.

Abstract

The increasing impacts of human activities on ecosystems reinforce the importance of Science Education in promoting an integrated understanding of the Earth System and the relationships between the environment and society. However, limitations persist in the implementation of pedagogical practices that foster the development of systems thinking and environmental literacy through the application of curricular content to real-world sustainability issues. In this context, the present study aimed to develop and evaluate a pedagogical intervention framed within Earth System Education (ESE) and Case-Based Learning (CBL), seeking to promote systems thinking, environmental literacy, and ocean literacy among 8th-grade Natural Sciences students. An Action-Research methodology was adopted through the implementation of a didactic sequence focused on the impacts of the fashion and fishing industries, with particular emphasis on microplastic pollution and its implications for matter cycles and sustainability. Data collection involved cognitive tests, case-exploration questions, Gowin's V diagrams, final projects, and participant observation, while data analysis combined descriptive statistics and a paired-samples *t*-test. The results revealed significant improvements in students' scientific knowledge, as well as evidence of the development of environmental literacy, ocean literacy, systems thinking, and environmental awareness, reflected in their ability to relate human activities, Earth's subsystems, and contemporary socio-environmental challenges. It is concluded that the articulation between ESE and CBL constitutes a relevant pedagogical approach for promoting contextualised learning, the critical mobilisation of scientific knowledge, and a more integrated understanding of sustainability issues. Future educational practices should therefore reinforce the implementation of similar approaches, fostering the development of more informed, critical, and actively engaged citizens in the construction of sustainable societies.

Keywords: anthropogenic impacts; Earth System; Earth System Education; Case Based Learning; microplastics; fashion industry; sustainable fisheries; environmental literacy; ocean literacy; systems thinking.

Índice

Resumo.....	ii
Abstract.....	vi
Lista de Figuras	x
Lista de Gráficos	x
Lista de Abreviaturas	xi
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização e justificação da investigação	2
1.2. Finalidade, questões e objetivos da investigação.....	4
2. Enquadramento educacional	6
2.1. Enquadramento curricular	6
2.2. O ensino dos ciclos da matéria	8
3. Abordagem, metodologia e estratégias de ensino	9
3.1. Abordagem “ <i>Earth System Education</i> ” (ESE).....	10
3.2. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos	12
3.3. Estratégias de Ensino.....	14
4. Intervenção Pedagógica	16
4.1 Sequência Didática	17
5.1 Caracterização da amostra	24
5.2 Técnicas e instrumentos de recolha de dados	25
5.2.1. Testagem	26
5.2.2. Análise de registos e artefactos	26
5.3. Técnicas de análise e tratamentos de dados	28
5.3.1. Pré e pós-teste	28
5.3.2. Questões de exploração do caso.....	29
5.3.3. V de Gowin	30

5.3.4. Trabalhos finais.....	30
5.4. Questões éticas	31
6. Análise e discussão dos resultados.....	31
6.1. Pré e pós-teste	32
6.2. Questões Exploração Caso.....	37
6.3. V de Gowin	40
6.4. Trabalho Final	44
7. Conclusão.....	49
7.1. Considerações finais	49
7.2. Limitações e perspectivas futuras	51
Referências bibliográficas	54
Apêndices	62
Apêndice 1 – Planificação das aulas da IP	62
.....	62
.....	64
Apêndice -	65
Apêndice 3 - Pré e pós-teste (inglês).....	68
Apêndice 4 - Caso versão alunos (português)	71
Apêndice 5 - Caso versão alunos (inglês)	79
Apêndice 6 – Caso Completo.....	87
Apêndice 7 – Vídeos utilizados durante a exploração do caso	101
Apêndice 8 - V de Gowin – Versão aluno (português)	100
Apêndice 9 - V de Gowin – Versão aluno (inglês)	101
Apêndice 10 - V de Gowin – Versão professor.....	102
Apêndice 11 - Apresentação Multimédia – “Princípios da Química Verde” (português)	103
Apêndice 12 - Apresentação Multimédia – “Princípios da Química Verde” (inglês) ...	105

Apêndice 13 - Apresentação multimédia de explicação dos trabalhos finais - “Quanto custa a minha roupa?” (português)	107
Apêndice 14 - Apresentação multimédia de explicação dos trabalhos finais - “Quanto custa a minha roupa?” (inglês)	109
Apêndice 15 – Rúbrica de avaliação dos trabalhos finais	111
Anexos	114
Anexo 1 – Parecer da Comissão de Ética	114

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Objetivos científicos, pedagógicos e profissionais deste projeto.....	5
Tabela 2 – Aprendizagens essenciais e transversais para o 8.º ano de escolaridade (retirado de Direção-Geral da Educação (DGE), 2018, p.5).....	6
Tabela 3 – Estrutura da IP.....	18
Tabela 4 – Caracterização da amostra	25
Tabela 5 – Parâmetros gerais dos pré e pós-teste.....	32
Tabela 6 – Médias do aproveitamento por grupo temático do pré e pós-teste.....	34
Tabela 7 – Parâmetros gerais das questões de exploração relativas ao caso.....	37
Tabela 8 – Aproveitamento de cada grupo de trabalho por questão de exploração relativas ao caso e respetiva classificação final.....	38
Tabela 9 – Parâmetros gerais dos Vês de Gowin por componentes e classificação final.....	41
Tabela 10 – Parâmetros gerais dos trabalhos finais.....	44
Tabela 11 – Classificações globais dos trabalhos finais por grupos de trabalho.....	45

Lista de Figuras

Figura 1. Atividade prática relativa aos fenómenos de bioacumulação e bioamplificação.	20
Figura 2. Produção de um bioplástico por parte dos alunos.	21
Figura 3. Algumas Estrelas de Verdura construídas pelos alunos.	21

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Classificações dos diferentes critérios dos trabalhos finais por grupos de trabalho	48
---	----

Lista de Abreviaturas

EAOC	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM POR CASOS
ESE	<i>EARTH SYSTEM EDUCATION</i>
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
I-A	INVESTIGAÇÃO-AÇÃO
IP	INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA
LC	LITERACIA CIENTÍFICA
LO	LITERACIA DOS OCEANOS
LA	LITERACIA AMBIENTAL
PS	PENSAMENTO SISTÉMICO
QI	QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO
PASEO	PERFIL DO ALUNO À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA

1. Introdução

O presente relatório de estágio insere-se na unidade curricular de “Iniciação à Prática Profissional – Prática de Ensino Supervisionado” (FP5004) do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP).

Esta investigação consistiu no desenvolvimento, implementação e avaliação de uma proposta didática enquadrada na abordagem “*Earth System Education*” (ESE), que nesta IP foi entendida como abordagem educativa que visa desenvolver uma compreensão holística e geoética do Sistema Terra, bem como a consciência ambiental, em particular dos oceanos (Ribeiro & Vasconcelos, 2025). A metodologia educativa utilizada foi o Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC), uma metodologia de ensino e aprendizagem centrada em casos que situa o estudo em contextos realistas, promovendo atividades de aprendizagem ativas, com base em situações contextualizadas na realidade dos alunos e problemas concretos (Dewi & Rahayu, 2024).

Esta IP teve como propósito abordar os impactes antrópicos no Sistema Terra, através da exploração, das indústrias, da pesca e da moda nos ecossistemas, em particular nos ciclos da matéria. O principal foco desta problemática foi a exploração da incorporação, acumulação e consequentes impactes dos microplásticos nos ecossistemas, através do estudo dos ciclos da matéria. Os microplásticos são fragmentos de plástico com tamanho inferior a 5 mm, resultantes da fragmentação de detritos plásticos de maiores dimensões por processos físicos, químicos e biológicos (Janzik et. al., 2025). Estes podem ser divididos segundo a sua proveniência, podendo ser um produto direto da manufatura de produtos que contenham microplásticos na sua constituição, como certos cosméticos, ou originar-se da decomposição de plásticos de maiores dimensões que se vão decompondo ao longo do seu tempo de vida (Zolotova et al., 2022).

Assim, com base no estudo dos ciclos da matéria, pretendeu-se analisar o impacto antrópico causado pela indústria da pesca e indústria têxtil nos ecossistemas (com especial enfoque nos ecossistemas marinhos) e a sua consequente degradação, tendo como finalidade avaliar o potencial do EOAC em conjugação com a ESE como metodologia promotora do pensamento sistémico. Pretendeu-se, assim, contribuir para a consciencialização e literacia ambiental (LA) e da literacia dos oceanos (LO), que corresponde à compreensão da influência dos oceanos sobre o ser humano e vice-versa, integrando conhecimentos científicos, capacidades de comunicação e

competências de tomada de decisão que permitem uma participação informada, responsável e sustentável na proteção e gestão dos ecossistemas marinhos (Fauville et al., 2019; UNESCO, 2018) no desenvolvimento de competências científicas, no contexto do ensino das ciências Naturais no 8.º ano.

1.1. Contextualização e justificação da investigação

Os nossos oceanos enfrentam crescentes desafios ambientais associados às atividades humanas. Tais têm exercido uma pressão crescente sobre os ecossistemas, destacando-se a poluição por microplásticos como um dos impactes antrópicos mais persistentes e disseminados atualmente. Os microplásticos, resultantes de processos industriais e de consumo, integram-se nos ecossistemas marinhos e terrestres, acumulando-se nos sedimentos, chegando aos mais variados ecossistemas. A sua presença nos ecossistemas afeta organismos de diferentes níveis tróficos, interfere nos ciclos da matéria e potencia a transferência de contaminantes químicos ao longo das cadeias alimentares, com implicações socioambientais e de saúde pública de longo prazo (Sunny et al., 2025; Vasconcelos & Orion, 2021). Estas pressões estão particularmente associadas a práticas como a pesca intensiva e a produção excessiva de têxteis sintéticos provenientes da indústria têxtil. Tais atividades exercem um efeito direto na biodiversidade e qualidade dos recursos pesqueiros, configurando um problema socioecológico de escala global que exige não só literacia científica como uma elevada consciência ambiental (CA) para ser compreendido e enfrentado (Sunny et al., 2025).

No contexto desta IP, literacia científica (LC) foi entendida como a capacidade dos indivíduos para compreender conceitos e processos científicos, interpretar evidências, avaliar informação científica e aplicar esse conhecimento de forma crítica e informada na análise de problemas do quotidiano e na tomada de decisões responsáveis em contextos pessoais, sociais e ambientais (Ribeiro & Vasconcelos, 2025; Vasconcelos & Orion, 2021). Já a consciência ambiental (CA) corresponde à capacidade de reconhecer, compreender e refletir criticamente sobre os impactes das ações humanas nos sistemas naturais, integrando conhecimento científico, valores éticos e responsabilidade social, com vista à adoção de atitudes e comportamentos orientados para a sustentabilidade (Peppoloni & Di Capua, 2021; Vasconcelos & Orion, 2021).

Assim, a compreensão das interações entre moda, pesca e poluição dos ecossistemas por microplásticos assume-se como um exemplo pertinente para o desenvolvimento do PS e para a mobilização dos conhecimentos construídos pelos alunos, promovendo ao mesmo tempo uma crescente CA por parte dos mesmos.

No contexto curricular de Ciências Naturais do 8.º ano, as Aprendizagens Essenciais (AE) destacam a importância de abordar os ciclos da matéria numa perspetiva holística, reconhecendo a interdependência entre os subsistemas da Terra. Práticas educativas predominantemente transmissivas revelam-se insuficientes para desenvolver uma visão integrada dos subsistemas, sendo comuns por parte dos alunos a presença de dificuldades em reconhecer consequências indiretas das ações antrópicas nestes subsistemas a forma como estes se encontram interdependentes (Kuijpers, 2024). Assim, as metodologias ativas de ensino e de aprendizagem assumem um papel central na prática educativa contemporânea, promovendo a participação ativa dos alunos na construção do seu próprio conhecimento. Tais metodologias colocam o aluno como protagonista do processo educativo, recorrendo por exemplo a situações problema, contextos reais e estratégias promotoras do trabalho colaborativo, o que contribui para o desenvolvimento de competências cognitivas de nível superior, como o pensamento crítico, a autonomia e a capacidade de tomadas de decisão conscientes e informadas (Silva et. al., 2024).

No âmbito da Iniciação à Prática Profissional – Prática de Ensino Supervisionada (IPP-PES), esta investigação adotou a Investigação-Ação (IA) como metodologia de investigação, permitindo um processo contínuo de planificação, intervenção, reflexão e reajustamento das práticas pedagógicas. Através do EOAC, os alunos enfrentaram situações reais e complexas, nas quais tiveram de analisar evidências, debater soluções e tomar decisões fundamentadas, promovendo competências como o pensamento crítico, o trabalho colaborativo, a comunicação científica (Yang, 2024) e, sobretudo, o PS, essencial para compreender fenómenos ambientais de forma holística, integrada e contextualizada (Gilissen, 2020).

Em contexto educativo, esta competência é determinante para o desenvolvimento do *insight ambiental*, que nesta IP foi compreendida como uma competência que surge com o desenvolvimento do PS e a integração de múltiplos conceitos necessários para compreender fenómenos e processos ambientais em diferentes escalas espaciais e temporais, permitindo o reconhecimento das relações interdependentes entre os subsistemas terrestres e reflita sobre o próprio papel do ser humano no Sistema Terra de forma informada e responsável. Assim, tal constitui uma base para a promoção da sustentabilidade, CA e para uma LC ancorada em princípios éticos (Vasconcelos & Orion, 2021; Ribeiro & Orion, 2021).

Neste enquadramento, a geoética assume um papel estruturante na tomada de decisões informadas sobre a gestão de recursos naturais, a mitigação de riscos

geológicos e a educação em geociências, promovendo uma consciência do tempo geológico e uma cidadania cientificamente esclarecida e eticamente responsável (Peppoloni & Di Capua, 2017; Ribeiro & Orion, 2021). No âmbito desta investigação a geoética foi definida como o campo de reflexão ética aplicado às geociências que analisa os valores, princípios e responsabilidades associados à produção, uso e comunicação do conhecimento científico, orientando a relação entre a sociedade e os subsistemas da Terra numa perspetiva ligada à sustentabilidade, justiça social e responsabilidade intergeracional (Peppoloni & Di Capua, 2017; Vasconcelos & Orion, 2021).

Assim, esta abordagem assume-se como fundamental no enquadramento do estudo dos ciclos da matéria e dos ecossistemas (com especial foque nos ecossistemas marinhos) numa perspetiva integrada do Sistema Terra (Ribeiro & Vasconcelos, 2025). As interações entre os subsistemas da Terra regulam a disponibilidade de matéria e energia nos oceanos. Ao considerar a ação antrópica como um agente perturbador desses ciclos, esta promove uma melhor consciência do tempo geológico, da resiliência e dos limites dos ecossistemas, contribuindo para a formação de cidadãos cientificamente esclarecidos e eticamente responsáveis (Peppoloni & Di Capua, 2017; Ribeiro et al., 2021, Ribeiro & Vasconcelos, 2025).

Deste modo, justifica-se a pertinência desta investigação pela conjugação de dois fatores essenciais: i) a relevância ambiental e social do tema, que contribui para o desenvolvimento da LA e da cidadania ativa, promovendo o PS e a CA; ii) a necessidade de inovação pedagógica capaz de responder às limitações dos métodos convencionais de ensino, integrando estratégias participativas que promovam a motivação dos alunos na aprendizagem no contexto das Ciências Naturais.

1.2. Finalidade, questões e objetivos da investigação

Tendo em consideração o enquadramento previamente apresentado, a presente investigação teve como finalidade compreender de que forma esta IP contribuiu para o desenvolvimento da LA e consolidação das aprendizagens relativas aos ciclos da matéria, através do desenvolvimento do PS por parte dos alunos no âmbito das Ciências Naturais do 8.º ano. Assim, definiram-se as seguintes questões de investigação:

- **Q1:** Avaliar se a IP potencia o desenvolvimento de aprendizagens e competências dos alunos relativamente aos impactes das ações antrópicas no Sistema Terra, com enfoque na problemática dos microplásticos e das pressões humanas sobre os ecossistemas marinhos.

- **Q2:** Averiguar se a IP contribui para a promoção da literacia ambiental e do pensamento sistémico dos alunos, possibilitando a compreensão das interrelações entre pesca, consumo de têxteis sintéticos, poluição marinha e sustentabilidade.

De forma a responder às questões de investigação foram definidos objetivos de natureza científica, educacional e profissional, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Objetivos científicos, pedagógicos e profissionais da IP.

Tipologia	Objetivos
<i>Científicos</i>	• Compreender o percurso dos microplásticos presentes no oceano, desde a produção e consumo de têxteis sintéticos até à sua bioacumulação e bioamplificação nas cadeias tróficas marinhas. • Analisar as relações entre a sobrepesca, o desequilíbrio das cadeias tróficas e os impactes nos ecossistemas, considerando a transferência de matéria e energia. • Explicar as interações entre os subsistemas da Terra, relacionando as ações humanas com perturbações no Sistema Terra e nos ciclos da matéria. • Selecionar e interpretar evidências científicas sobre os impactes antrópicos nos oceanos para fundamentar conclusões.
<i>Pedagógicos</i>	• Promover o pensamento sistémico (PS) através da resolução colaborativa de casos reais ligados à moda, pesca e poluição por microplásticos. • Desenvolver capacidades de argumentação e tomada de decisões informadas perante problemas ambientais atuais. • Estimular a motivação, curiosidade científica e participação dos alunos através de metodologias ativas (como o EOAC).
<i>Profissionais</i>	• Planificar, implementar e avaliar práticas pedagógicas baseadas no EOAC no ensino das Ciências Naturais. • Desenvolver uma prática docente reflexiva e fundamentada na Investigação-Ação, ajustando estratégias às necessidades dos alunos. • Reforçar competências profissionais para o ensino da literacia ambiental e dos oceanos e da sustentabilidade, alinhadas com as Aprendizagens Essenciais. • Consolidar competências de investigação em educação em ciências.

Os objetivos científicos apresentados na tabela 1 advém das AE definidas pela Direção Geral da Educação (DGE) e apresentadas na tabela 2, que serão desenvolvidas no capítulo seguinte.

2. Enquadramento educacional

O presente capítulo apresenta o enquadramento educacional que sustenta esta investigação, articulando a base curricular com a temática desenvolvida na IP: os impactes das ações antrópicas nos ecossistemas marinhos, com especial foco na sobrepesca, no consumo de têxteis e na poluição por microplásticos. São, ainda, discutidas práticas educativas relevantes para a abordagem deste tema em sala de aula, destacando desafios recorrentes e estratégias inovadoras capazes de promover um aprofundamento da compreensão dos conteúdos curriculares assim como uma maior consciencialização ambiental e desenvolvimento do PS nos alunos.

2.1. Enquadramento curricular

A elaboração desta IP centrou-se na problemática dos impactes das ações antrópicas nos ecossistemas marinhos, com destaque para a relação entre a sobrepesca, a excessiva produção de têxteis e a poluição por microplásticos dos ciclos da matéria, articulando-se com as AE específicas e transversais do 8.º ano de Ciências Naturais, presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Aprendizagens essenciais e transversais para o 8º ano de escolaridade (retirado de Direção-Geral da Educação (DGE), 2018, p.5).

Domínio: Sustentabilidade na Terra
Aprendizagens Essenciais Transversais
• Selecionar e organizar informação, a partir de fontes diversas e de forma cada vez mais autónoma, valorizando a utilização de tecnologias digitais e integrando saberes prévios para construir novos conhecimentos. • Construir explicações científicas baseadas em conceitos e evidências, obtidas através da realização de atividades práticas diversificadas – laboratoriais, experimentais, de campo – e planeadas para procurar responder a problemas formulados. • Aplicar as competências desenvolvidas em problemáticas atuais e em novos contextos. • Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com a CTSA.
Aprendizagens Essenciais

-
- Analisar criticamente exemplos de impactes da ação humana que condicionem as teias alimentares, discutindo medidas de minimização dos mesmos nos ecossistemas.
 - Explicar o modo como as atividades dos seres vivos (alimentação, respiração, fotossíntese) interferem nos ciclos de matéria e promovem a sua reciclagem nos ecossistemas. Interpretar as principais fases dos ciclos da água, do carbono e do oxigénio, com base em informação diversificada (notícias, esquemas, gráficos, imagens) e valorizando saberes de outras disciplinas (ex.: Geografia e Ciências Físico-Químicas).
 - Analisar criticamente exemplos teoricamente enquadrados acerca do modo como a ação humana pode interferir nos ciclos de matéria e afetar os ecossistemas.
-

Competências (PASEO)

Linguagens e textos (A); Informação e comunicação (B); Pensamento crítico e pensamento criativo (D); Relacionamento interpessoal (E); Bem-estar, saúde e ambiente (G)

O ensino de problemáticas socioambientais contemporâneas, como os abordados nesta IP, exige abordagens pedagógicas que ultrapassem práticas transmissivas e promovam uma educação científica contextualizada e relevante. A literatura em Educação em Ciências tem destacado que a problematização de fenómenos ambientais locais e globais em sala de aula favorece uma compreensão mais profunda dos processos naturais e sociais envolvidos, incentivando os alunos a mobilizar conhecimentos científicos para interpretar e saber como agir de forma consciente a problemáticas associadas à realidade dos alunos (Soares & Gonçalves, 2025). Estratégias de ensino que integram investigação, análise crítica e atividades práticas têm-se revelado particularmente eficazes para promover não apenas a aquisição de conhecimentos, mas também o desenvolvimento de competências como pensar sistemicamente, resolver problemas complexos e comunicar explicações cientificamente fundamentadas (Baptista et al., 2025). Esta perspetiva costuma ser abordada com o auxílio de metodologias enquadradas no *Inquiry-Based Teaching*, como o EOAC, e de aprendizagens contextualizadas em problemas ambientais locais, que demonstram como o questionamento pode facilitar o envolvimento dos alunos e a sua preparação para ações sustentadas em evidências científicas (Baptista et al., 2025).

2.2. O ensino dos ciclos da matéria

O ensino dos ciclos da matéria no ensino básico tem privilegiado abordagens, metodologias e estratégias didáticas orientadas para a compreensão integrada dos processos naturais e da sua articulação com problemáticas socioambientais contemporâneas. A literatura evidencia que metodologias centradas no aluno e contextualizadas em desafios ambientais favorecem aprendizagens mais aprofundadas e contextualizadas à sua realidade, bem como o desenvolvimento de competências científicas e de cidadania.

Uma das práticas educativas mais recorrentes baseia-se na utilização de materiais curriculares e projetos enquadrados na educação para o desenvolvimento sustentável, nos quais os ciclos da matéria são explorados em articulação com temas como alterações climáticas, acidificação dos oceanos, eutrofização e consumo sustentável. Estas práticas pedagógicas, frequentemente desenvolvidas sob a forma de projetos escolares, promovem o aprofundamento do conhecimento científico, atitudes pró-sustentabilidade e tomadas de decisão ambientalmente mais conscientes (Cada et al., 2022; Koutalidi & Scoullos, 2016).

Paralelamente, o Ensino Orientado para a Aprendizagem por Projetos (EOAP) em integração com a abordagem STEAM tem demonstrado potenciar o envolvimento dos alunos e o desenvolvimento do pensamento criativo, nomeadamente através da utilização de kits didáticos e da construção de pequenos ecossistemas com recurso à modelação (Febrianti & Hamimi, 2024). Os recursos digitais interativos, sobretudo quando estruturados em torno da LC e da análise de dados, revelam igualmente um impacto positivo no pensamento crítico e na capacidade de interpretar fenómenos ambientais complexos (Tiara & Mubarak, 2023).

Adicionalmente, a modelação de sistemas naturais pode igualmente surgir como estratégia integrada noutras metodologias e abordagens ou enquanto metodologia própria, sendo particularmente eficaz para promover a compreensão da dinâmica dos ciclos da matéria e das interações entre reservatórios naturais e perturbações ambientais, favorecendo a ativação de conhecimentos prévios e o desenvolvimento de raciocínio científico de ordem superior (Cadan et al., 2022; Fackler & Capps, 2023; Susanti et al., 2021).

Apesar destes avanços, mantêm-se dificuldades conceptuais relevantes, observando-se com frequência compreensões incompletas dos ciclos da matéria, excessivamente

centradas nos organismos vivos e que desvalorizam o papel dos reservatórios físico-químicos (como atmosfera, hidrosfera e geosfera) na circulação e armazenamento da matéria. Observa-se também a presença de concepções alternativas que reforçam a necessidade de estratégias orientadas para a reconstrução conceptual (Astuti et al., 2024; Susanti et al., 2021; Mohan et al., 2009). Fatores como o interesse pessoal e a autoestima escolar influenciam igualmente o desempenho dos alunos, evidenciando a importância de abordagens que ultrapassem a memorização e promovam a compreensão conceptual profunda (Astuti et al., 2024; Ribič et al., 2025).

Neste sentido, a literatura aponta para a maior eficácia de metodologias e estratégias ativas como a investigação, a resolução de problemas, o trabalho colaborativo e a aprendizagem por casos face a abordagens predominantemente expositivas no ensino de temas ambientais complexos (Yli-Panula et al., 2018; Jeronen et al., 2016). Assim, o ensino dos ciclos da matéria revela-se mais eficaz quando integra projetos contextualizados na sustentabilidade, atividades práticas e experimentais, recursos digitais e estratégias de modelação, articulados numa perspetiva interdisciplinar, centrada no aluno e orientada para a superação de concepções alternativas.

3. Abordagem, metodologia e estratégias de ensino

O presente capítulo descreve a abordagem educativa, a metodologia e as estratégias de ensino que sustentam a Intervenção Pedagógica (IP) que foi implementada. A opção pela abordagem *Earth System Education* (ESE), articulada com o EOAC, refletiu a intenção de promover uma compreensão integrada e sistémica do funcionamento do Sistema Terra, bem como o desenvolvimento de competências científicas, investigativas e de pensamento crítico nos alunos.

Neste enquadramento, as estratégias de ensino adotadas assumiram um papel estruturante, ao operacionalizarem os princípios teóricos subjacentes à ESE e ao EOAC a partir de práticas pedagógicas ativas, contextualizadas e centradas no aluno. Assim, nas secções seguintes apresentam-se os fundamentos conceptuais da ESE, a caracterização da metodologia de EOAC e a descrição das principais estratégias de ensino que foram utilizadas ao longo da IP, evidenciando o seu contributo para a construção de aprendizagens profundas, contextualizadas e orientadas para uma visão holística do Sistema Terra.

3.1. Abordagem “*Earth System Education*” (ESE)

A crescente intensificação das pressões antrópicas sobre o Sistema Terra tem vindo a evidenciar a necessidade de abordagens educativas e científicas que integrem uma compreensão sistémica do planeta com princípios éticos orientadores da ação humana. A ESE foi entendida nesta IP como a capacidade de compreender o Sistema Terra como um todo integrado, reconhecendo os seus componentes, os processos que os regem e as inter-relações dinâmicas que se estabelecem entre os diferentes subsistemas, em múltiplas escalas espaciais e temporais, incluindo mecanismos de retroalimentação e a influência das ações humanas. (Ribeiro & Vasconcelos, 2025). Neste contexto, a ESE assume um papel estruturante na promoção de conceitos de sustentabilidade, ao articular o conhecimento científico sobre os limites do planeta Terra com a formação de cidadãos críticos e responsáveis (Edwards et al., 2021; Vasconcelos & Orion, 2021).

A geoética emerge, assim, como um enquadramento transversal que ultrapassa o domínio estritamente profissional das geociências, incorporando valores, responsabilidades sociais e um compromisso com a justiça ambiental e intergeracional necessárias a todos os cidadãos (Di Capua et al., 2021). Paralelamente, abordagens educativas baseadas na experiência direta, no contacto com a natureza e no envolvimento ativo dos alunos e dos cidadãos revelam-se particularmente eficazes na promoção da LC, de atitudes pró-ambientais e da consciencialização para desafios globais, como as alterações climáticas e a conservação dos ecossistemas costeiros (Dawson et al., 2020; DeVille et al., 2021). Assim, a educação para a sustentabilidade beneficia de metodologias e estratégias de ensino inovadoras, como as soluções baseadas na natureza, que reforçam a ligação entre conhecimento científico, ética ambiental e uma ação transformadora (Vasconcelos & Calheiros, 2022).

É neste enquadramento que se inscreve a ESE, desenvolvida a partir da década de 1990 como resposta à necessidade de compreender o planeta de forma integrada face aos crescentes desafios ambientais globais. Com raízes na *Earth System Science* (ESS), que conceptualiza a Terra como um sistema complexo, dinâmico e interdependente resultante da interação contínua entre os seus subsistemas, a ESE transpõe esta visão sistémica para o contexto educativo, promovendo uma compreensão integrada do funcionamento do planeta (Ribeiro & Orion, 2021). Esta abordagem representa uma viragem epistemológica e pedagógica ao assumir uma perspetiva sistémica, multiescalar e relacional, ultrapassando a fragmentação disciplinar tradicional e promovendo a compreensão integrada dos processos naturais e das interações entre a sociedade e o Sistema Terra (Ribeiro, 2023).

A institucionalização da ESE concretizou-se através do *Program for Leadership in Earth Systems Education* (PLESE), desenvolvido por Victor Mayer e colaboradores, com o apoio da *National Science Foundation* e da NASA, com o objetivo de promover o PS e a CA em professores e alunos (Ribeiro & Vasconcelos, 2025). Este programa consolidou uma visão educativa centrada na análise dos fluxos de energia, matéria e informação no Sistema Terra, fundamentais para a interpretação de fenómenos ambientais complexos e para o desenvolvimento de competências investigativas em contexto educativo (Ben-Zvi-Assaraf & Orion, 2005; Orion, 2019).

Num contexto de crise socioambiental global, a ESE assume particular relevância enquanto referencial educativo capaz de articular conhecimento científico, PS e responsabilidade ética. Integrada com princípios de geoética, promove a compreensão da Terra como um sistema integrado, vulnerável e de recursos finitos, incentivando a tomada de decisões informadas, responsáveis e eticamente fundamentadas (Peppoloni & Di Capua, 2021; Ribeiro, 2023). Esta articulação contribui para o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre o papel das ações humanas no funcionamento do Sistema Terra e para a formação de cidadãos capazes de analisar, avaliar e agir de forma responsável em prol da sustentabilidade e da justiça intergeracional (Ribeiro & Vasconcelos, 2025).

Neste sentido, a ESE revela-se particularmente pertinente no ensino dos ciclos da matéria, uma vez que a compreensão destes processos requer o desenvolvimento do PS, competências investigativas e a capacidade de estabelecer relações de causalidade e de retroação entre diferentes componentes do Sistema Terra. Estes ciclos não funcionam de forma isolada, influenciando-se mutuamente através das interações entre os subsistemas da Terra, mantendo os ecossistemas num equilíbrio dinâmico permanentemente sujeito a perturbações naturais e antrópicas (Ribeiro & Vasconcelos, 2025). A abordagem ESE permite, assim, analisar de forma integrada os impactes das ações humanas, como a poluição marinha e a introdução de microplásticos, nos ciclos da matéria, favorecendo a mobilização articulada de conhecimentos científicos, a interpretação de evidências e o desenvolvimento de competências de investigação e de compreensão holística do funcionamento do Sistema Terra (Ribeiro & Vasconcelos, 2025).

Simultaneamente, a integração da geoética favorece a consciencialização ambiental e o PS dos alunos, promovendo a reflexão crítica sobre as inter-relações entre atividades humanas, funcionamento dos ecossistemas e sustentabilidade, o que vai de encontro aos objetivos da presente IP.

3.2. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos

A metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC) tem as suas raízes na tradição pedagógica da Harvard University (Estados Unidos da América) e foi inicialmente desenvolvida e amplamente utilizada em cursos de direito (Vasconcelos et. al., 2017). Posteriormente, a sua aplicação expandiu-se para diversas áreas, incluindo a medicina, as ciências da saúde e as ciências naturais. Através dessa metodologia, os alunos são confrontados com casos reais ou fictícios que poderiam encontrar nas suas futuras profissões, e são convidados a aplicar os seus conhecimentos para formular respostas ou conclusões relativas ao caso proposto (Alizadeh et al., 2024; Dewi & Rahayu, 2024).

Tal como o seu nome indica, o EOAC caracteriza-se pela apresentação de um caso real ou fictícios, muitas vezes estruturado sob a forma de um problema, com o objetivo de mobilizar conhecimentos previamente construídos pelos alunos para a apresentação de uma solução ao caso inicial. Embora à primeira vista parecida com metodologias como o Ensino Orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (EOABRP/PBL - *Problem-Based Learning*) apresenta diferenças claras. Enquanto o EOABRP encerra geralmente a construção dos conteúdos à medida que os alunos investigam o problema, o EOAC tem como foco principal a mobilização de conhecimentos prévios e a aplicação destes mesmos a cenários reais, com o objetivo de estreitar o fosso entre teoria e prática (Herreid, 2020). Esta constitui uma metodologia pedagógica que permite aos alunos interagir com situações do mundo real e assim potenciar uma aprendizagem ativa e o desenvolvimento de competências como o pensamento crítico. No contexto desta IP, o pensamento crítico foi tido como um processo cognitivo complexo que envolve a capacidade de analisar, interpretar e avaliar informação e argumentos de forma criteriosa, com o propósito de formular juízos fundamentados e resolver problemas de modo reflexivo (García-Carmona, 2025). Este tipo de raciocínio implica não apenas a identificação de pressupostos e evidências, mas também a reflexão sobre a credibilidade das fontes, a coerência lógica das ideias e a capacidade de justificar conclusões de forma clara e consistente. No contexto educativo, o desenvolvimento do pensamento crítico é considerado essencial para capacitar os alunos a enfrentar desafios complexos, a tomar decisões informadas e a interagir de forma ativa e autónoma com problemas do mundo real (García-Carmona, 2025).

Assim, esta metodologia coloca os alunos a aplicar os conteúdos curriculares a problemas complexos e contextualizados à sua realidade, promovendo-se uma análise crítica mais profunda das problemáticas abordadas. Esta metodologia distingue-se dos

métodos convencionais por ir para além da mera transmissão de conhecimentos por parte do professor, colocando os alunos no centro dos processos de ensino e de aprendizagem a partir do desenvolvimento de competências essenciais, como a resolução de problemas, a comunicação científica e o trabalho colaborativo.

Neste contexto, o EOAC não deve ser utilizado de forma isolada. Em vez disso, é recomendável que este seja integrado com outras metodologias e estratégias, como o trabalho prático e o questionamento. Essa articulação conduz a uma prática de ensino e de aprendizagem com base no socioconstrutivismo, onde os alunos são organizados em pequenos grupos, promovendo-se a comunicação, discussão e construção colaborativa de significado e, em alguns casos, a construção de novo conhecimento a partir das interações promovidas (Ulvik, 2022; Vasconcelos et al., 2017).

Sendo uma metodologia ativa, o EOAC promove o desenvolvimento de múltiplas competências essenciais para a formação de cidadãos competentes e responsáveis. Em particular, favorece o trabalho colaborativo, a comunicação científica, a criatividade e a resolução de problemas complexos (Varma, 2025).

No entanto, a implementação do EOAC acarreta desafios e limitações que merecem atenção. Por exemplo, uma das dificuldades reportadas é a resistência dos alunos à natureza mais ativa e argumentativa desta metodologia, particularmente se estiverem habituados a metodologias transmissivas (Rhodes et al., 2020). Além disso, segundo pode ser bastante complexo elaborar casos autênticos, relevantes e motivadores para os alunos, o que exige tempo e competências específicas do docente (Yan & Ottenbreit-Leftwich, 2023). Outra limitação é o tempo necessário para uma exploração adequada do caso, o que pode conduzir ao facto de nem todos os objetivos de aprendizagem serem alcançados dentro da duração de uma aula convencional (Mostert, 2007).

No entanto, estas limitações podem ser atenuadas através da adoção de estratégias pedagógicas adequadas. A introdução progressiva da metodologia, acompanhada de momentos explícitos de orientação e *scaffolding*. Isto é, o ajustamento contínuo de apoios pedagógicos de modo a corresponder às necessidades e progressos do aluno ao longo do seu processo de aprendizagem, facilitando a sua transição para a autonomia (Vasconcelos, 1999). Este processo contribui para reduzir a insegurança dos alunos e promover a sua adesão a práticas mais ativas e argumentativas (Rhodes et al., 2020; Herreid, 2020).

Paralelamente, o recurso a casos parcialmente estruturados, à adaptação de casos existentes na literatura e à articulação com outras metodologias ativas como o trabalho

prático, o questionamento orientado e a aprendizagem colaborativa, permite que se otimize o tempo letivo e reforçando a concretização dos objetivos de aprendizagem propostos (Vasconcelos et al., 2017; Yan & Ottenbreit-Leftwich, 2023). Assim, quando integrada de forma intencional e reflexiva num quadro socioconstrutivista, o EOAC revela-se uma abordagem pedagógica robusta, capaz de potenciar aprendizagens profundas e o desenvolvimento sustentado de competências cognitivas e científicas essenciais.

3.3. Estratégias de Ensino

As estratégias de ensino assumem um papel central no processo educativo, especialmente quando se baseiam em metodologias ativas e centradas no aluno. Estratégias fundamentadas na investigação promovem uma aprendizagem interdisciplinar, contextualizada e reflexiva, permitindo aos alunos construir e mobilizar o conhecimento científico em articulação com situações do quotidiano, em contraste com modelos de ensino predominantemente expositivos (Urdanivia Alarcón et al., 2023). No ensino das Ciências Naturais, a combinação de metodologias e estratégias de ensino ativas como o questionamento, o trabalho prático e o trabalho colaborativo favorecem uma aprendizagem ativa e cognitivamente exigente.

As estratégias de ensino adotadas nesta IP foram o questionamento, trabalho prático, trabalho prático laboratorial e trabalho colaborativo não são mobilizadas de forma isolada, mas articuladas numa sequência didática coerente, orientada para a investigação e para a construção ativa do conhecimento. O professor, aqui, assume o papel de mediador, estruturando situações de aprendizagem que promovem a formulação de hipóteses, a exploração, a construção e validação de modelos explicativos e a negociação de significados em contexto colaborativo. Esta articulação estratégica favorece aprendizagens profundas e contextualizadas, potenciando o desenvolvimento do pensamento científico, da argumentação baseada em evidências e de competências transversais essenciais à LC e à cidadania responsável.

O trabalho prático (TP) permite aos alunos explorar fenómenos, recolher e interpretar dados e estabelecer relações entre conceitos teóricos e evidência empírica, revelando-se particularmente eficaz quando integrado em práticas de aprendizagem por investigação (Shivolo & Mokiwa, 2024). Paralelamente, o trabalho colaborativo potencia a construção partilhada de explicações, o desenvolvimento de competências cognitivas e sociais e a resolução de problemas complexos, sobretudo em contextos de investigação em grupo, onde o confronto de ideias e a argumentação científica assumem um papel central (Shengqiang et al., 2025). Em conjunto, estas estratégias

sustentam práticas pedagógicas integradas, participativas e alinhadas com os desafios contemporâneos da educação científica.

Neste enquadramento, o trabalho prático refere-se a um conjunto de atividades em que os alunos estão ativamente envolvidos na observação, análise e interação com situações, materiais ou dados, com o objetivo de desenvolver competências científicas como a formulação de hipóteses, a observação, a recolha e interpretação de informação, bem como de articular experiências concretas com conceitos teóricos no âmbito de processos de aprendizagem por investigação (Oliveira & Bonito, 2023; Nuffield Foundation, 2024). Esta abordagem promove simultaneamente o envolvimento ativo dos alunos (*hands-on*) e o pensamento científico reflexivo (*minds-on*), favorecendo a construção de conhecimento científico aprofundado e a resolução de problemas contextualizados, em contraste com abordagens predominantemente expositivas (Oliveira & Bonito, 2023).

O trabalho prático laboratorial (TPL) corresponde a atividades realizadas em contexto de laboratório, nas quais os alunos manipulam materiais, instrumentos e equipamentos científicos de forma sistemática e controlada, com o objetivo de investigar fenómenos, testar hipóteses, recolher e analisar dados e estabelecer relações entre evidência empírica e modelos teóricos (Abrahams & Millar, 2008; Hodson, 2014). Quando enquadrado em momentos investigativos e reflexivos, o trabalho prático laboratorial promove o desenvolvimento do raciocínio científico, da compreensão da natureza da ciência e da argumentação baseada em evidências, ultrapassando uma função meramente ilustrativa ou procedimental das atividades experimentais (Hodson, 2014; Shivolo & Mokiwa, 2024).

O trabalho colaborativo (TC) corresponde a uma estratégia pedagógica em que os alunos trabalham em pequenos grupos de forma estruturada e interdependente, partilhando responsabilidades e construindo conhecimento em conjunto de modo a alcançar objetivos comuns de aprendizagem (Johnson & Johnson, 2017; Gillies, 2023). No ensino das ciências, em particular das Ciências Naturais, o trabalho colaborativo favorece a explicitação e confrontação de ideias, o desenvolvimento do raciocínio científico e da argumentação baseada em evidências, bem como competências sociais e metacognitivas, sendo particularmente eficaz quando integrado em tarefas investigativas e na resolução de problemas complexos (Shengqiang et al., 2025). Quando adequadamente orientado pelo professor, este tipo de trabalho potencia aprendizagens mais profundas, ultrapassando a mera divisão de tarefas e promovendo

uma verdadeira interdependência cognitiva entre os alunos, assente na negociação de significados, na argumentação científica e na construção partilhada do conhecimento.

O questionamento constitui uma estratégia pedagógica central no ensino das Ciências Naturais, correspondendo ao uso intencional e estruturado de questões pelo professor (e pelos alunos) com o objetivo de orientar o pensamento, promover a reflexão, explicitar conteúdos prévios e apoiar a construção progressiva do conhecimento científico por parte dos alunos (Chin, 2007; Walsh & Sattes, 2016). Quando planeado de forma deliberada e integrado em sequências didáticas, tem-se comprovado que o questionamento estimula processos cognitivos de ordem superior, como a análise, a interpretação de evidências e a argumentação científica, contribuindo assim para aprendizagens mais profundas. Assim, o questionamento ultrapassa uma função meramente avaliativa ou retórica, assumindo-se como um instrumento regulador da aprendizagem e do diálogo científico em sala de aula e da construção partilhada do conhecimento científico (Gillies, 2023).

4. Intervenção Pedagógica

Esta IP enquadrou-se na abordagem ESE, articulada com a metodologia de EOAC, tendo como propósito promover o desenvolvimento do PS, da LA e da LO por parte dos alunos, como referido anteriormente. Neste contexto, a LO foi entendida como uma componente específica da LA, incidindo particularmente sobre os conhecimentos, atitudes e competências necessários para compreender a influência do oceano na sociedade e o impacto das atividades antrópicas nos ecossistemas marinhos. Assim, a LA constituiu uma dimensão transversal a toda a IP, sendo desenvolvida através da exploração de problemáticas relacionadas com a sustentabilidade, a análise crítica dos impactos ambientais e a promoção de comportamentos mais responsáveis. Paralelamente, a LO foi mobilizada em momentos específicos da IP, nomeadamente na abordagem de problemáticas como a pesca intensiva, permitindo aprofundar a compreensão das relações entre os sistemas marinhos e as dinâmicas socioeconómicas. Deste modo, a promoção da LO integrou-se numa perspetiva mais ampla de desenvolvimento da LA, contribuindo para uma compreensão mais contextualizada e sistémica dos desafios ambientais contemporâneos.

Ao longo da presente IP, a geoética foi considerada uma dimensão transversal à exploração das problemáticas abordadas, promovendo a reflexão sobre as responsabilidades individuais e coletivas associadas às atividades antrópicas e aos seus impactos nos subsistemas da Terra. Neste contexto, a análise das indústrias da

moda e da pesca, da poluição por microplásticos e das alternativas mais sustentáveis procurou incentivar os alunos a mobilizar conhecimentos científicos para fundamentar decisões responsáveis e desenvolver o PS, compreendendo as interdependências entre os subsistemas da Terra e a sociedade. Deste modo, pretendeu-se favorecer não apenas a compreensão dos fenómenos naturais, mas também o desenvolvimento de uma consciência ética relativamente à relação entre a sociedade e o Sistema Terra

Do ponto de vista científico, a IP centrou-se na análise dos impactes das ações antrópicas nos ecossistemas marinhos, com especial enfoque na problemática dos microplásticos provenientes das indústrias da pesca e da moda, mobilizando as AE apresentadas no capítulo 2, previstas para o 8.º ano de escolaridade. Do ponto de vista pedagógico, a IP baseou-se na sequência didática apresentada na secção seguinte.

4.1 Sequência Didática

A IP foi organizada numa sequência didática composta por quatro aulas, correspondendo a seis tempos letivos, complementada por uma atividade final desenvolvida pelos alunos em regime assíncrono. A sequência integrou duas aulas de 50 minutos destinadas à realização do pré e do pós-teste, e duas aulas com duração de 100 minutos dedicadas à exploração do caso “Entre as Malhas da Pesca e da Moda” e à realização de uma atividade prática laboratorial. Adicionalmente, foi reservado um momento de uma aula subsequente para a explicação do trabalho final a desenvolver pelos alunos (Tabela 3).

A IP foi concebida no âmbito da metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC) e procurou articular os conteúdos curriculares do 8.º ano de Ciências Naturais com os objetivos da investigação desenvolvida no contexto da IPP-PES. Neste sentido, a sequência didática centrou-se na exploração de problemáticas ambientais contemporâneas relacionadas com a pesca, a indústria da moda e a poluição por microplásticos, promovendo a mobilização de conhecimentos relativos aos ciclos da matéria e às interações entre os subsistemas do Sistema Terra para a análise dos impactes das atividades humanas nos ecossistemas marinhos.

Paralelamente ao desenvolvimento dos conhecimentos científicos, esta IP procurou fomentar a LA e PS dos alunos, incentivando a compreensão das interdependências entre sociedade e ambiente, a reflexão crítica sobre os padrões de produção e consumo e a adoção de comportamentos mais sustentáveis. Para esse efeito, as atividades propostas privilegiaram a análise de situações reais, a discussão fundamentada de

problemas socioambientais e a aplicação dos conhecimentos científicos a contextos próximos da realidade dos alunos.

Os recursos pedagógicos utilizados ao longo da intervenção incluíram o teste cognitivo, aplicado sob a forma de pré e pós-teste, o caso “Entre as Malhas da Pesca e da Moda”, o V de Gowin e diversas apresentações multimédia de apoio à exploração dos conteúdos e das atividades desenvolvidas.

No âmbito da recolha de dados para a investigação, foram utilizados como instrumentos o teste cognitivo (pré e pós-teste), as questões de exploração do caso, os V de Gowin elaborados pelos alunos durante a atividade prática laboratorial e a rúbrica de avaliação dos trabalhos finais de consciencialização ambiental.

Importa ainda referir que todos os recursos pedagógicos utilizados ao longo da intervenção foram disponibilizados em português e em inglês. Esta opção teve como objetivo promover uma participação mais equitativa dos alunos estrangeiros sem domínio da língua portuguesa, procurando minimizar eventuais barreiras linguísticas e favorecer o acesso aos conteúdos, às atividades propostas e aos instrumentos de avaliação utilizados durante a IP.

Tabela 3 – Estruturação da IP

Aulas	Duração	Estratégias	Principais Atividades
Aula 1: Realização do pré-teste	50 min.	• Questionamento	• Aplicação do pré-teste

Aula 2: Exploração do caso	100 min.	• Exposição • Questionamento • Trabalho Prático • Trabalho Colaborativo	• Exploração da primeira parte do caso e resolução das respetivas questões de exploração. • Atividade Prática em grupos: Análise do percurso dos microplásticos ao longo de uma cadeia trófica marinha. • Discussão da AP e questões de exploração em turma. • Exploração da segunda e terceira parte do caso e resolução das respetivas questões de exploração. • Discussão das questões de exploração em turma.
Aula 3: Aula Prática Laboratorial	100 min.	• Trabalho Prático Laboratorial • Trabalho Colaborativo • Questionamento	• Produção de um bioplástico em contexto de trabalho prático laboratorial e respetiva elaboração de um V de Gowin • Avaliação da reação através da construção de uma Estrela de Verdura.
Aula 4: Realização do pós-teste	50 min.	• Questionamento	• Aplicação do pós-teste
Momento 5: Realização dos trabalhos finais	Trabalho assíncrono	• Trabalho Colaborativo	• Trabalhos de grupo de consciencialização sobre os impactes ambientais dos microplásticos. • Avaliação com rubrica

A planificação das aulas da IP encontra-se no apêndice 1.

A primeira aula, com a duração de 50 minutos, foi dedicada ao diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos relativamente aos conteúdos a abordar durante o decorrer da IP. Para esse efeito, foi aplicado um pré-teste, utilizado simultaneamente como instrumento de recolha de dados e como ficha formativa. O teste encontrava-se

organizado em três grupos de conteúdos: Fluxos de Energia, Ciclos da Matéria e Consciência Ambiental. Este encontra-se presente nos apêndices 2 e 3. Para além da avaliação dos conhecimentos científicos previamente construídos pelos alunos, este instrumento procurou aferir a sua capacidade para mobilizar esses conhecimentos na interpretação de problemáticas relacionadas com a sustentabilidade e com os impactes das atividades humanas no Sistema Terra.

A segunda aula, com a duração de 100 minutos, correspondeu à exploração do caso "Entre as Malhas da Pesca e da Moda" (apêndices 4, 5, 6 e 7). Os alunos foram organizados em grupos de quatro elementos, promovendo-se o trabalho colaborativo ao longo de toda a atividade. O caso foi estruturado em três partes distintas: "A pesca e o seu impacto nos ecossistemas marinhos", "*Fast Fashion*: da indústria ao oceano" e "O mar como futuro". Cada uma das partes seguiu uma estrutura semelhante, iniciando-se com a leitura orientada do texto, realizada alternadamente por mim e pelos alunos, seguida da visualização de um vídeo relacionado com a problemática em análise. Posteriormente, os grupos responderam às respetivas questões de exploração, procedendo-se, numa fase final, à discussão coletiva das respostas apresentadas e dos principais problemas ambientais abordados. A terceira parte do caso encontrava-se inicialmente planificada para ser realizada de forma assíncrona, como trabalho para casa. Contudo, devido ao ritmo mais célere da aula, acabou por ser igualmente explorada em contexto de sala de aula.

A primeira parte do caso integrou ainda uma atividade prática de análise do percurso dos microplásticos ao longo de uma cadeia trófica marinha, permitindo explorar os conceitos de bioacumulação e bioamplificação (observada na figura 1). A inclusão desta atividade resultou da constatação, durante a observação das aulas antecedentes à IP de que estes conceitos não se encontravam plenamente consolidados. A atividade procurou, assim, facilitar a compreensão dos mecanismos de transferência e acumulação de contaminantes ao longo das cadeias alimentares e das suas implicações para



Figura 1. Atividade prática relativa aos fenómenos de bioacumulação e bioamplificação.

os ecossistemas marinhos e para a saúde humana.

A terceira aula correspondeu à realização de uma atividade prática laboratorial centrada na produção de um bioplástico e na sua comparação com um plástico petroquímico convencional. Antes do início da atividade experimental, foi realizada uma breve exposição multimédia destinada a introduzir os princípios da Química Verde, presente nos apêndices 11 e 12, bem como algumas características dos reagentes utilizados, fornecendo aos alunos os conhecimentos necessários para a interpretação dos procedimentos e resultados obtidos. Durante a atividade, os alunos procederam à produção de um bioplástico (como visto na figura 2) e realização de um V de Gowin relativo à atividade prática



Figura 2. Produção de um bioplástico por parte dos alunos.

laboratorial, instrumento utilizado para promover a articulação entre os aspetos conceptuais e metodológicos dessa atividade. Inserida na realização do V de Gowin (apêndices 8, 9 e 10) fez-se também a avaliação da reação através da construção de uma Estrela de Verdura, permitindo analisar o processo à luz dos princípios da Química Verde.

Na figura 3 encontram-se alguns exemplos de Estrelas de Verdura construídas pelos

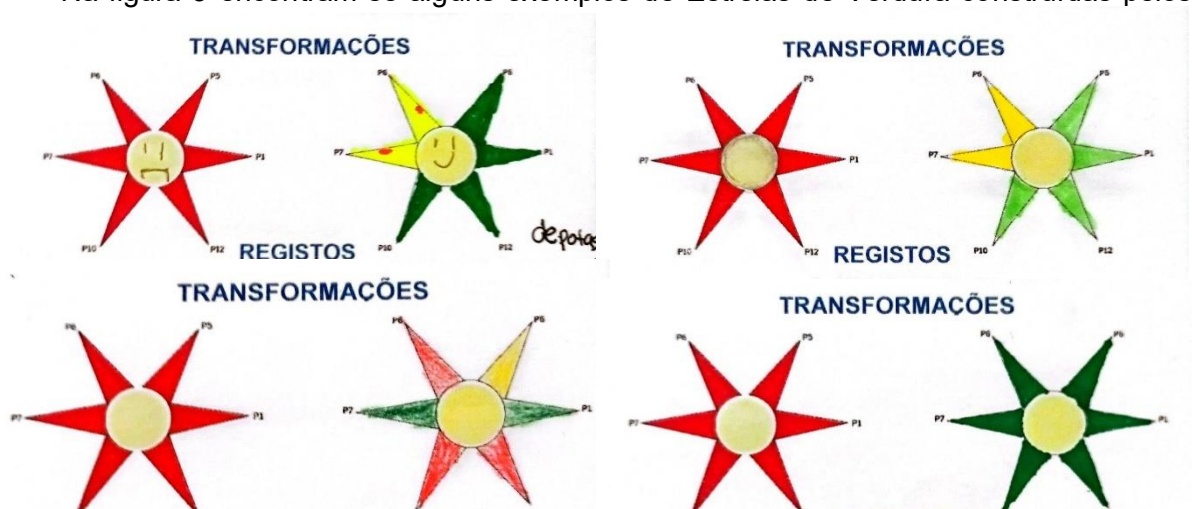


Figura 3. Algumas Estrelas de Verdura construídas pelos alunos.

Esta atividade permitiu explorar uma alternativa mais sustentáveis aos plásticos convencionais, de origem petroquímica, e refletir sobre o potencial dos biomateriais em diferentes setores industriais. Neste contexto, foram apresentadas aos alunos carteiras produzidas a partir de bioplásticos iguais aos produzidos na atividade (como observado na figura 4), procurando ilustrar aplicações concretas destes materiais e evidenciar o seu potencial para indústrias como a da moda.



Figura 4. Carteiras produzidas com bioplástico à base de agar-agar.

A quarta aula foi dedicada à aplicação do pós-teste, utilizado igualmente como ficha formativa. Este instrumento apresentava a mesma estrutura, conteúdos e questões do pré-teste, permitindo comparar os resultados obtidos nos dois momentos de avaliação e analisar a evolução das aprendizagens dos alunos potencializadas pela IP.

Após a aplicação do pós-teste, foi ainda reservado um momento de uma aula subsequente para a explicação do trabalho final a desenvolver pelos alunos, cuja apresentação multimédia de suporte se encontra nos apêndices 13 e 14. A atividade foi introduzida através de uma exposição multimédia na qual foram apresentados os objetivos, os critérios de avaliação e os procedimentos a seguir. Os alunos realizaram o trabalho nos mesmos grupos constituídos para a exploração do caso, promovendo a continuidade do trabalho colaborativo desenvolvido ao longo da IP. A realização do trabalho decorreu de forma assíncrona, fora do contexto de sala de aula.

O trabalho final consistiu na elaboração de uma Etiqueta de Impacte Ambiental, através da qual os alunos procuraram comunicar, de forma acessível e cientificamente fundamentada, os impactos ambientais e sociais associados à produção de uma peça de roupa. Esta atividade visou promover a mobilização dos conhecimentos científicos construídos no decorrer da IP para a análise de situações reais e socialmente relevantes, incentivando simultaneamente a reflexão crítica sobre as relações entre as atividades antrópicas, os subsistemas da Terra e os desafios da sustentabilidade.

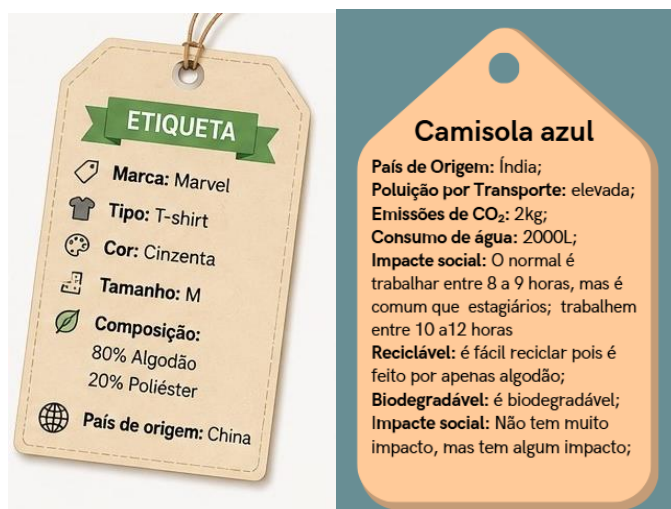


Figura 5. Exemplos de etiquetas de impacte ambiental feitas no contexto do trabalho final.

Os trabalhos finais foram avaliados através de uma rubrica de avaliação (apêndice 15). A rubrica incidia sobre três critérios considerados fundamentais para responder às QI da investigação. A LA, avaliada através da construção da Etiqueta de Impacte Ambiental e da mobilização de conhecimentos científicos na análise dos impactes socioambientais associados ao consumo de peças de roupa; o PS, avaliado pela capacidade dos

alunos para estabelecer relações entre as atividades antrópicas, a sociedade e os diferentes subsistemas da Terra; e a LA, analisada através da qualidade da comunicação, da capacidade de comunicar ideias de forma clara e sustentada e da promoção/incentivo de comportamentos mais sustentáveis. Para além da sua função avaliativa, esta rubrica permitiu recolher evidências sobre o desenvolvimento destas dimensões ao longo de toda a IP.

Na figura 5 podemos exemplos de etiquetas de impacte ambiental produzidas por dois dos grupos.

Metodologia de investigação

A investigação em educação desempenha um papel central na compreensão e melhoria das práticas pedagógicas, ao permitir analisar fenómenos educativos em contextos reais e implementar intervenções orientadas para a superação de constrangimentos identificados. Atendendo à complexidade dos contextos educativos, a metodologia de investigação deve privilegiar abordagens que articulem reflexão teórica e ação pedagógica (Cohen et al., 2017).

Neste enquadramento, a metodologia de investigação adotada na presente IP insere-se na I-A, uma vez que esta abordagem permite compreender e intervir num contexto educativo específico, promovendo a melhoria contínua das práticas através de um processo cíclico de planeamento, ação, observação e reflexão crítica sobre a prática

educativa (Coutinho, 2023). A IP assume, assim, uma natureza simultaneamente analítica e transformadora, em articulação com os objetivos educativos definidos.

Embora a I-A se caracterize, em termos teóricos, pela realização de múltiplos ciclos sucessivos de planificação, ação, observação e reflexão, orientados para a melhoria contínua das práticas, o enquadramento temporal da IPP-PES encontrou-se circunscrita a um único ano letivo, condicionando a sua operacionalização na totalidade. Assim, a presente investigação desenvolveu-se através da concretização de um único ciclo completo de I-A, tendo integrado de forma articulada as etapas de planeamento, implementação da intervenção, análise dos dados e reflexão crítica sobre os resultados obtidos, em consonância com a natureza processual, contextualizada e formativa desta abordagem (Coutinho, 2023; Coutinho, 2009).

Embora a presente investigação tenha sido desenvolvida no contexto do 3.º ciclo do ensino básico, considera-se pertinente a sua futura adaptação ao ensino secundário, nomeadamente aos 10.º e 12.º anos de escolaridade, cujas Aprendizagens Essenciais incluem conteúdos diretamente relacionados com as temáticas da sustentabilidade e dos impactes das atividades antrópicas nos ecossistemas. A maior maturidade conceptual e capacidade de reflexão crítica dos alunos destes níveis de ensino poderá favorecer uma exploração mais aprofundada das relações entre os sistemas naturais e sociais e potenciar o desenvolvimento do PS. De igual modo, futuras implementações poderão beneficiar de uma maior diversificação dos recursos e estratégias pedagógicas, incluindo adaptações que respondam de forma mais eficaz à heterogeneidade dos perfis de aprendizagem e promovam uma participação mais inclusiva e equitativa dos alunos (Coutinho, 2023).

5.1 Caracterização da amostra

A presente IP foi implementada em duas turmas do 8.º ano de Ciências Naturais do 3.º ciclo do ensino básico, envolvendo um total de 34 alunos (N=34). Contudo, devido à não apresentação dos consentimentos informados necessários para a utilização dos dados de dois alunos para fins de investigação, estes não foram incluídos na análise dos resultados.

Assim, a amostra do presente estudo é constituída por 32 alunos (n=32) pertencentes a duas turmas do 8.º ano de escolaridade. Trata-se de uma amostra de conveniência, de natureza não probabilística, cujas características se encontram sintetizadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização da amostra.

Dados Demográficos		n	%
Sexo	Feminino	14	43,8
	Masculino	18	56,3
Nacionalidade	Portuguesa	28	87,5
	Brasileira	2	6,3
	Ucraniana	1	3,1
	Indiana	1	3,1
Idade	Média	13,5	
	Desvio-Padrão	0,12	
	Máximo	16	
	Mínimo	12	

Relativamente ao género, a amostra irá integrar 14 alunas do género feminino (n=14; 43,8%) e 18 alunos do género masculino (n=18; 56,3%). A maioria dos participantes é de nacionalidade portuguesa (n=28; 87,5%). Relativamente aos alunos de outras nacionalidades, um aluno de nacionalidade ucraniana (n=1; 3,1%), um de nacionalidade indiana (n=1; 3,1%) e dois alunos de nacionalidade brasileira (n=2; 6,3%). No que respeita à idade, os alunos apresentam idades compreendidas entre os 12 e os 16 anos, com uma média de 13,5 anos.

As duas turmas envolvidas no estudo apresentam características heterogéneas, evidenciando níveis de aproveitamento escolar distintos, sendo que uma delas integra vários alunos com historial de retenções. Adicionalmente, o grupo de participantes inclui dois alunos (n=2; 6,3%) de nacionalidade estrangeira sem domínio da língua portuguesa, bem como alguns alunos com necessidades educativas específicas, nomeadamente défice de atenção (n=3; 9,4%), dislexia (n=2; 6,3%), défice cognitivo (n=1; 3,1%) e perturbações do espectro do autismo (n=1; 3,1%). Esta diversidade constitui um elemento relevante do contexto educativo, implicando a adoção de estratégias pedagógicas diferenciadas no desenvolvimento da IP.

5.2 Técnicas e instrumentos de recolha de dados

A QI1, centrada na avaliação do desenvolvimento de aprendizagens e competências sobre os impactes das ações antrópicas no Sistema Terra, com foco nos microplásticos e nos ecossistemas marinhos, é operacionalizada através da testagem, complementada pela observação e análise das questões de exploração e dos Vês de Gowin elaborados pelos alunos. Estes instrumentos permitem avaliar as relações estabelecidas entre conceitos, procedimentos e evidências científicas. A QI2, orientada para a promoção da

consciencialização ambiental e do PS, é analisada com base nas atividades práticas, nos registos de observação e nos Vês de Gowin, permitindo avaliar a compreensão das inter-relações entre práticas humanas, poluição marinha e adoção de práticas mais sustentáveis numa perspetiva integrada do Sistema Terra.

5.2.1. Testagem

A testagem assume um papel relevante na investigação em educação, permitindo recolher dados de natureza quantitativa sobre os conhecimentos e competências dos alunos em diferentes momentos de uma IP. O pré-teste, enquanto instrumento quantitativo, é utilizado para diagnosticar os conhecimentos prévios e as concepções iniciais dos alunos, constituindo uma referência para o planeamento das atividades e para a interpretação dos resultados obtidos posteriormente. O pós-teste, aplicado após a IP, permite aferir o progresso das aprendizagens e avaliar o impacto da metodologia e estratégias de ensino adotadas, através da comparação dos resultados obtidos nos dois momentos de avaliação (Creswell & Guetterman, 2023; Shadish et al., 2002).

Na presente IP, o pré-teste será utilizado com uma função diagnóstica, permitindo identificar concepções alternativas e lacunas nos conhecimentos prévios dos alunos relativamente aos ciclos da matéria e aos impactes das ações antrópicas no Sistema Terra, constituindo um ponto de partida para um possível ajuste das atividades planeadas. O pós-teste, por sua vez, tem como objetivo avaliar tanto a consolidação dos conhecimentos prévios sobre o conteúdo curricular abordado durante a IP como a capacidade dos alunos para desenvolver uma visão sistémica da Terra, mobilizando de forma integrada os conhecimentos construídos ao longo da IP para interpretar e analisar situações reais, nomeadamente as pressões ambientais associadas às indústrias da moda e da pesca sobre os ecossistemas marinhos. A comparação dos resultados obtidos nos dois momentos permite, assim, aferir o impacto da IP no desenvolvimento do PS e na compreensão crítica das inter-relações entre atividades humanas, ciclos naturais e sustentabilidade, mobilizando conhecimentos previamente construídos para tal.

5.2.2. Análise de registos e artefactos

A análise de registos e artefactos foi realizada com base nos Vês de Gowin elaborados pelos alunos e no trabalho final desenvolvido no âmbito da IP, recorrendo a rúbricas de avaliação especificamente construídas para estes produtos. As rúbricas constituem instrumentos de avaliação que explicitam critérios e níveis de desempenho, promovendo maior transparência, consistência e objetividade no processo avaliativo. Ao

tornarem explícitas as expectativas associadas a uma determinada tarefa, permitem orientar o trabalho dos alunos e assegurar uma avaliação mais justa, válida e fiável (Ling, 2025). Para além da sua função avaliativa, podem contribuir para a melhoria das aprendizagens, uma vez que fornecem orientações claras sobre os aspetos a desenvolver e os níveis de qualidade esperados em cada dimensão avaliada (Ling, 2025).

Importa salientar que, no contexto desta investigação, as rúbricas não foram utilizadas apenas para fins de avaliação pedagógica. Para além da sua função avaliativa, constituíram instrumentos de recolha e análise de dados, permitindo obter evidências sistemáticas sobre o desenvolvimento das competências dos alunos ao longo da implementação da IP. Desta forma, os resultados obtidos através das rúbricas foram mobilizados para a componente investigativa do estudo, possibilitando uma análise mais estruturada e consistente das aprendizagens e competências desenvolvidas.

No caso dos Vês de Gowin, estes foram analisados enquanto registos do processo de aprendizagem e de investigação dos alunos. O V de Gowin constitui um instrumento heurístico e metacognitivo que favorece a construção e a integração dos conhecimentos científicos, ao estruturar o conhecimento como uma rede articulada de conceitos, questões e evidências relacionadas com o processo investigativo (Novak & Gowin, 1984; Moreira, 1995). Estudos recentes salientam o seu potencial para promover a articulação entre os domínios conceptual e metodológico das atividades científicas, incentivando os alunos a explicitar relações entre conceitos e procedimentos e a refletir sobre o seu próprio raciocínio (Soares et al., 2017). Nesta IP, a análise dos Vês de Gowin permitiu explorar a forma como os alunos relacionaram as matérias-primas e os processos de produção de um plástico de origem petroquímica e de um bioplástico com os respetivos impactes ambientais, fornecendo igualmente evidências sobre o desenvolvimento de competências investigativas e de pensamento crítico.

Relativamente ao trabalho final, a rúbrica foi utilizada simultaneamente como instrumento de avaliação e de recolha de dados sobre o desenvolvimento das competências promovidas ao longo da IP. A sua aplicação permitiu avaliar não apenas os conhecimentos científicos construídos pelos alunos, mas também a capacidade de os mobilizar na interpretação de problemáticas ambientais, na análise das relações entre diferentes componentes do Sistema Terra e na reflexão sobre as implicações das ações antrópicas nos ecossistemas.

Deste modo, a utilização das rúbricas na análise dos registos e artefactos produzidos pelos alunos possibilitou uma avaliação estruturada e consistente do seu desempenho

e, simultaneamente, a recolha de dados relevantes para a investigação, fornecendo evidências sobre o desenvolvimento das competências visadas pela IP e facilitando a interpretação dos resultados obtidos (Ling, 2025; Panadero et al., 2023).

5.3. Técnicas de análise e tratamentos de dados

A análise e o tratamento dos dados recolhidos ao longo da implementação da IP envolveram a utilização de diferentes instrumentos, de natureza quantitativa e qualitativa, permitindo avaliar o desenvolvimento das aprendizagens e competências dos alunos relativamente aos impactes das atividades antrópicas no Sistema Terra, com especial foque nos ecossistemas marinhos. Para cada instrumento foram definidos procedimentos específicos de correção, classificação e análise, de modo a assegurar a consistência e a fiabilidade dos resultados obtidos.

Os testes cognitivos, as questões de exploração do caso e os V de Gowin constituíram fontes de dados predominantemente quantitativas, uma vez que as respostas dos alunos foram avaliadas através de níveis de proficiência previamente definidos e posteriormente convertidas para escalas percentuais, possibilitando a realização de análises estatísticas descritivas e, quando aplicável, inferenciais. Paralelamente, a interpretação dos resultados integrou uma apreciação qualitativa das respostas produzidas pelos alunos, permitindo identificar evidências da mobilização dos conhecimentos científicos e das competências desenvolvidas ao longo da IP.

Por sua vez, os trabalhos finais foram analisados através de uma rúbrica de avaliação, permitindo recolher informações sobre a forma como os alunos aplicaram os conhecimentos científicos, estabeleceram relações entre diferentes componentes do Sistema Terra e comunicaram propostas orientadas para a sustentabilidade. A utilização destes diferentes instrumentos possibilitou uma análise abrangente do impacto da IP, articulando dados quantitativos e qualitativos e considerando tanto os resultados obtidos como a qualidade das produções realizadas ao longo do processo de ensino e aprendizagem.

5.3.1. Pré e pós-teste

O pré e pós-teste constituíram um dos principais instrumentos de recolha de dados da presente investigação, permitindo analisar a evolução das aprendizagens dos alunos ao longo da implementação da IP. A sua análise incidiu tanto sobre o desempenho global como sobre diferentes grupos temáticos relacionados com os conteúdos abordados durante a intervenção.

Os resultados obtidos foram corrigidos e convertidos para uma escala percentual de 0 a 100. Os instrumentos integravam diferentes tipologias de itens, incluindo questões de escolha múltipla (cotadas de 0 a 5 pontos), correspondência e questões de resposta aberta. Estas últimas foram corrigidas com base em níveis de proficiência previamente definidos, em função do número de tópicos cientificamente corretos mobilizados pelos alunos. Esta diversidade de formatos permitiu avaliar diferentes níveis cognitivos, desde a compreensão e aplicação de conhecimentos até à análise e interpretação crítica da informação.

Os testes foram aplicados em dois momentos distintos, antes e após a implementação da IP, apresentando a mesma estrutura e incidindo sobre os mesmos conteúdos, possibilitando a comparação dos resultados e a avaliação da evolução das aprendizagens.

A análise estatística foi realizada com recurso ao software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 31. Procedeu-se à organização e ao tratamento dos dados através de análises estatísticas descritivas e inferenciais. No âmbito da análise descritiva, foram calculadas medidas de tendência central e de dispersão, nomeadamente a média, o desvio-padrão e os valores mínimo e máximo para cada momento de avaliação. Para a análise inferencial, recorreu-se ao teste t-Student para amostras emparelhadas, permitindo averiguar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos no pré e no pós-teste.

5.3.2. Questões de exploração do caso

As questões de exploração do caso permitiram analisar a capacidade dos alunos para mobilizar os conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo da IP na interpretação de problemáticas ambientais contextualizadas e socialmente relevantes, relacionadas com os microplásticos, os ciclos da matéria e a sustentabilidade.

As respostas produzidas pelos grupos de trabalho foram corrigidas com base em níveis de proficiência previamente definidos, construídos em função do número de tópicos cientificamente corretos mobilizados pelos alunos, sendo posteriormente convertidas para uma escala percentual de 0 a 100.

As questões incidiram sobre diferentes dimensões das problemáticas abordadas durante a IP, incluindo o papel das pradarias marinhas e das florestas de laminárias na regulação dos ciclos da matéria e dos ecossistemas marinhos, as consequências da

acumulação de microplásticos nestes ecossistemas e na saúde humana, os impactes ambientais das indústrias da moda e da pesca, bem como a identificação de estratégias promotoras de modelos de produção e consumo mais sustentáveis.

A análise dos resultados foi realizada através de estatística descritiva, recorrendo ao cálculo da média, do desvio-padrão e dos valores mínimo e máximo obtidos pelos grupos de trabalho.

5.3.3. V de Gowin

Os V de Gowin constituíram um importante complemento aos restantes instrumentos de recolha de dados, permitindo avaliar a capacidade dos alunos para relacionar conhecimentos conceptuais e procedimentais, interpretar os resultados obtidos na atividade laboratorial e refletir criticamente sobre os impactes ambientais dos materiais analisados.

Os diferentes componentes do V de Gowin foram avaliados através de níveis de proficiência previamente definidos e posteriormente convertidos para uma escala percentual de 0 a 100. A avaliação contemplou quatro dimensões: os Registos (18 pontos), as Transformações (30 pontos), os Juízos de Valor (18 pontos) e os Juízos Cognitivos (34 pontos).

Os resultados obtidos foram posteriormente analisados através de estatística descritiva, recorrendo ao cálculo da média, do desvio-padrão e dos valores mínimo e máximo para cada uma das dimensões avaliadas.

5.3.4. Trabalhos finais

Os trabalhos finais constituíram simultaneamente um instrumento de avaliação e de recolha de dados, permitindo analisar a mobilização dos conhecimentos científicos, o desenvolvimento do PS e LA assim como a capacidade de comunicar mensagens orientadas para a promoção da sustentabilidade e de uma CA.

A sua avaliação foi realizada através de uma rubrica, incidindo sobre três critérios: a LA, operacionalizada através da construção da Etiqueta de Impacte Ambiental; o PS, avaliado pela capacidade de estabelecer relações entre a sociedade e o Sistema Terra; e a CA, analisada através da qualidade e da capacidade de sensibilização da comunicação produzida.

Cada critério foi avaliado numa escala de quatro níveis de desempenho, correspondendo o nível 1 ao desempenho mais reduzido e o nível 4 ao desempenho mais elevado. A classificação final de cada grupo resultou da média dos níveis obtidos nos três critérios avaliados.

5.4. Questões éticas

A investigação respeita os princípios éticos da investigação em educação, assegurando o consentimento informado dos encarregados de educação e o assentimento dos alunos, garantindo uma participação voluntária e informada (BERA, 2018). Foram igualmente assegurados o anonimato e a confidencialidade dos dados, utilizados exclusivamente para fins de investigação, sem qualquer impacto na avaliação escolar dos participantes ou riscos adicionais associados ao estudo. Os instrumentos de recolha de dados foram aplicados em contexto de sala de aula, respeitando os princípios de transparência e responsabilidade. O pedido de parecer ético foi submetido à Comissão de Ética da FCUP, tendo sido aprovado pela mesma (Ref.: Proc. CE2025/p643407 – (Anexo 1).

6. Análise e discussão dos resultados

Os dados analisados incluíram informação de natureza quantitativa e qualitativa. Os dados quantitativos resultaram da aplicação dos testes cognitivos (pré e pós-teste), da análise das respostas às questões de exploração do caso e da avaliação dos V de Gowin elaborados durante a atividade prática laboratorial. Por sua vez, os dados qualitativos foram obtidos através da análise dos trabalhos finais, permitindo explorar a forma como os alunos mobilizaram os conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo da IP para analisar problemáticas ambientais, estabelecer relações entre diferentes componentes dos Sistemas Terra e comunicar propostas orientadas para práticas mais sustentáveis.

Importa referir que a dimensão da amostra considerada não foi constante em todos os instrumentos de recolha de dados. Embora os testes cognitivos e as questões de exploração do caso tenham sido realizados pela totalidade dos alunos presentes nas respetivas aulas, a análise dos V de Gowin incidiu apenas sobre os trabalhos dos alunos que participaram na atividade prática laboratorial. De igual modo, a análise dos trabalhos finais contemplou apenas os grupos que procederam à sua entrega. Estas diferenças resultaram da ausência de alguns alunos em determinados momentos da IP e da não

submissão de alguns trabalhos finais, constituindo uma limitação a considerar na interpretação dos resultados.

A discussão dos resultados baseou-se nos diferentes instrumentos de recolha de dados utilizados, nomeadamente os testes cognitivos, as questões de exploração do caso, os V de Gowin e a rubrica de avaliação dos trabalhos finais de consciencialização ambiental. A articulação destes instrumentos permitiu avaliar a capacidade dos alunos de mobilização dos conhecimentos científicos na compreensão dos impactes antrópicos nos ciclos da matéria e nos ecossistemas.

6.1. Pré e pós-teste

Os resultados obtidos nos pré e pós-testes permitiram analisar a evolução das aprendizagens dos alunos ao longo da implementação da IP, tanto ao nível do desempenho global como dos diferentes grupos temáticos avaliados. A análise realizada integrou indicadores estatísticos descritivos e inferenciais, complementados por uma apreciação qualitativa das respostas produzidas pelos alunos.

Na Tabela 5 apresentam-se os parâmetros gerais dos resultados obtidos no pré e pós-teste.

Tabela 5 – Parâmetros gerais dos pré e pós-teste.

Parâmetros	Pré-teste (n=32)	Pós-teste (n=32)	Evolução
Média	36,5%	65,5%	29,0%
Desvio padrão	14,28	19,64	5,36
Máxima	68,0%	98,0%	30,0%
Mínima	13,0%	17,0%	4,0%

Como observado na Tabela 5, verificou-se um aumento da média dos resultados dos alunos de 36,5% no pré-teste para 65,5% no pós-teste, correspondendo a uma evolução de 29,0 pontos percentuais. No entanto, esta evolução não se observou em todos alunos constituintes da amostra, tendo dois deles registado uma diminuição do aproveitamento global entre o pré e o pós teste. Observou-se igualmente um aumento do valor máximo obtido, de 68,0% para 98,0%, sugerindo que alguns alunos atingiram níveis de desempenho muito elevados no final desta IP. O valor mínimo também aumentou de 13,0% para 17,0%, indicando uma melhoria generalizada dos resultados. Esta evolução parece corroborar o potencial das metodologias baseadas na exploração de casos

autênticos e contextualizados à realidade dos alunos para promover a mobilização dos conhecimentos científicos e a sua aplicação a problemáticas socialmente relevantes, favorecendo aprendizagens mais aprofundadas (Ribeiro, 2023).

Já o desvio-padrão passou de 14,28 para 19,64, observando-se uma maior dispersão dos resultados no pós-teste, o que sugere que a evolução dos alunos não ocorreu de forma homogênea. Tal aumento da variabilidade poderá estar relacionado com a heterogeneidade da amostra, não apenas ao nível do aproveitamento escolar, mas também das competências mobilizadas ao longo da IP. Deste modo, o pré e o pós-teste não se centraram exclusivamente na avaliação dos conteúdos curriculares, exigindo igualmente a sua aplicação a problemáticas associadas à sustentabilidade e à CA. Tratando-se de temáticas com as quais os alunos demonstravam reduzida familiaridade e sensibilização prévia, verificou-se, no pré-teste, um desempenho globalmente mais baixo e homogêneo, traduzido numa menor dispersão dos resultados. O desenvolvimento da literacia e da CA requer oportunidades educativas específicas e continuadas que permitam aos alunos compreender as inter-relações entre as atividades antrópicas e os problemas ambientais contemporâneos (Hamed Al Lal et al., 2024). Após a implementação da IP, as diferenças nas experiências prévias, na capacidade de transferir conhecimentos científicos para contextos reais e na mobilização das competências desenvolvidas poderão ter contribuído para a maior diversidade de desempenhos observada. Esta tendência encontra-se em consonância com a literatura, que sugere que abordagens centradas na resolução de problemas e na análise de casos podem originar percursos de aprendizagem diferenciados, permitindo que alguns alunos desenvolvam níveis mais elevados de compreensão conceptual e pensamento crítico, enquanto outros evidenciam progressos mais graduais, em função das suas experiências prévias e da sua capacidade de mobilização dos conhecimentos científicos (Ribeiro, 2023).

Adicionalmente, procedeu-se à análise dos resultados por grupos de conteúdos avaliados: Grupo I – Fluxo de Energia, Grupo II – Ciclos da Matéria e Grupo III – Consciência Ambiental.

Na Tabela 6 encontram-se registadas as médias de aproveitamento obtidas em cada grupo temático nos dois momentos de avaliação.

Tabela 6 – Médias do aproveitamento por grupo temático do pré e pós-teste

Grupos	Pré-teste (n=32)	Pós-teste (n=32)	Evolução
Grupo I	48,8%	79,0%	30,2%
Grupo II	43,4%	66,4%	23,0%
Grupo III	26,0%	56,2%	30,2%

Verificou-se em todos os grupos uma evolução positiva entre o pré e o pós-teste. O Grupo I apresentou uma média de 48,8% no pré-teste e de 79,0% no pós-teste, correspondendo a uma evolução de 30,2 pontos percentuais. Este resultado sugere que os alunos consolidaram os conhecimentos relacionados com o fluxo de energia e foram capazes de os mobilizar em contextos associados à sustentabilidade. A literatura evidencia que a exploração de casos contextualizados à realidade dos alunos favorece a compreensão de fenómenos científicos complexos e promove a aplicação dos conhecimentos científicos a situações do quotidiano, contribuindo para aprendizagens mais aprofundadas (Ribeiro, 2023).

O Grupo II registou uma evolução de 23,0 pontos percentuais, passando de 43,4% para 66,4%. Embora esta tenha sido a evolução menos acentuada entre os três grupos, os resultados demonstram também uma melhoria na compreensão dos ciclos da matéria e das suas inter-relações com as atividades humanas. A mobilização destes conhecimentos exige uma compreensão integrada dos processos ecológicos e das suas implicações para problemáticas ligadas à sustentabilidade, constituindo uma componente essencial da LA (Guerrero & Sjöström, 2024).

Por sua vez, o Grupo III apresentou uma evolução de 30,2 pontos percentuais, aumentando de 26,0% para 56,2%. Embora os Grupos I e III tenham registado o mesmo aumento absoluto, o Grupo III partia de um nível de desempenho inicial substancialmente inferior, evidenciando uma melhoria bastante expressiva nos conteúdos relacionados com a CA ao longo da implementação da IP. Este resultado poderá refletir a reduzida familiaridade prévia dos alunos com problemáticas relacionadas com a sustentabilidade e com a aplicação dos conhecimentos científicos a situações concretas do quotidiano dos alunos. A literacia e a CA não se limitam à demonstração direta de conhecimentos ligados à ecologia, mas integrando igualmente capacidades de reflexão, análise crítica e compreensão das inter-relações entre as

atividades antrópicas e a biosfera, competências que requerem oportunidades educativas específicas para o seu desenvolvimento (Hamed Al Lal et al., 2024).

De um modo geral, os resultados sugerem uma evolução positiva das aprendizagens dos alunos em todas as dimensões avaliadas. As maiores evoluções foram observados nos conteúdos relacionados com o fluxo de energia e a CA enquanto os conteúdos relativos aos ciclos da matéria, embora também tenham apresentado melhorias, registaram uma evolução menos acentuada. Estes resultados apontam para um impacto positivo da IP no desenvolvimento dos conhecimentos científicos e da CA dos alunos, corroborando a perspetiva de que a educação integrada com a análise crítica de problemáticas ambientais deve ultrapassar a mera construção de conteúdos científicos, promovendo simultaneamente competências de análise crítica, tomada de decisão e participação cidadã responsável (Guerrero & Sjöström, 2024).

Relativamente à análise estatística inferencial, recorreu-se ao teste *t*-Student, com o objetivo de averiguar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos no pré e no pós-teste, tendo-se verificado uma significância estatística $t_{(31)} = -9,695$; $p \leq 0,001$. Esta melhoria encontra-se em consonância com estudos que evidenciam o potencial das metodologias centradas no aluno e orientadas para a análise de casos na promoção da mobilização dos conhecimentos científicos e na sua aplicação a problemáticas ambientais contemporâneas (Ribeiro, 2023).

Para além da evolução quantitativa observada nos resultados do pós-teste, verificaram-se também alterações qualitativas no conteúdo das respostas dos alunos. De um modo geral, as respostas apresentadas no final da IP revelaram uma maior proximidade às problemáticas exploradas ao longo da mesma, evidenciando uma mobilização mais contextualizada dos conteúdos previamente lecionados.

Nas figuras 6, 7 e 8 podemos observar um exemplo dessa mudança qualitativa nas respostas de alguns alunos entre o pré e o pós-teste.

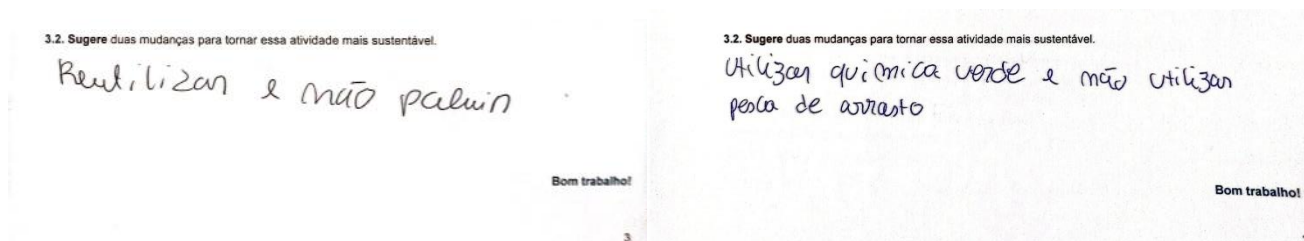


Figura 6. Diferença qualitativa na resposta à questão 3.2 do grupo III entre o pré e pós-teste de um/a aluno/a.

2. Refere duas ações que podes adotar para tornar os teus hábitos de consumo mais sustentáveis.

Beber mais Água e Poluir menos para evitar o meu consumo ser mais limpo

2. Refere duas ações que podes adotar para tornar os teus hábitos de consumo mais sustentáveis.

Dar Segunda Vida a Roupa que não uso e Acabar com a Pesca intensiva.

Figura 7. Diferença qualitativa na resposta à questão 2 do grupo III entre o pré e o pós-tesde de dois alunos/as.

2. Refere duas ações que podes adotar para tornar os teus hábitos de consumo mais sustentáveis.

Não responde

2. Refere duas ações que podes adotar para tornar os teus hábitos de consumo mais sustentáveis.

Reduzir as compras na roupa
Reduzir as compras de ~~peixe~~ peixe de pesca de arrastar

Figura 8. Outro exemplo de diferenças de resposta à questão 2 do grupo III entre o pré e o pós-tesde de dois alunos/as.

Em particular, alguns alunos passaram a referir aspetos relacionados com os impactes da *fast fashion*, as consequências da pesca intensiva nos ecossistemas marinhos e a importância do reaproveitamento dos desperdícios gerados por esta atividade. Verificou-se ainda a inclusão de referências a práticas enquadradas nos princípios da Química Verde como possíveis alternativas para a redução dos impactes ambientais associados à indústria. Estas evidências sugerem uma maior capacidade para relacionar os conteúdos curriculares com problemas ambientais atuais e para mobilizar exemplos concretos discutidos ao longo da IP, aspeto fundamental para o desenvolvimento de uma LA crítica e transformadora (Guerrero e Sjöström, 2024).

No entanto, embora estas referências demonstrem a apropriação de conceitos abordados durante a IP, as explicações apresentadas foram, por vezes, pouco aprofundadas, não sendo explicitadas as práticas ou os princípios subjacentes às soluções mencionadas. Esta situação poderá indicar que, apesar da evolução observada, o desenvolvimento de competências de argumentação e de reflexão crítica sobre questões ambientais continua a requerer oportunidades educativas continuadas

e diversificadas, permitindo aos alunos aprofundar a compreensão das relações entre sociedade e ambiente e fundamentar de forma mais consistente as suas posições (Hamed Al Lal et al., 2024).

De um modo geral, os resultados obtidos sugerem que a presente IP contribuiu positivamente para o desenvolvimento dos conhecimentos científicos dos alunos e para a sua capacidade de interpretar criticamente questões relacionadas com a sustentabilidade, reforçando o potencial das metodologias de ensino orientadas para a análise de casos na promoção da LA e da reflexão crítica sobre problemáticas socioambientais contemporâneas (Ribeiro, 2023; Guerrero & Sjöström, 2024).

6.2. Questões Exploração Caso

A análise das questões de exploração do caso permitiu compreender de que forma os alunos mobilizaram os conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo da IP para interpretar situações contextualizadas relacionadas com os microplásticos, a sustentabilidade e os impactos das atividades antrópicas nos ecossistemas. Para além da identificação de conhecimentos específicos, esta análise possibilitou igualmente avaliar a capacidade dos alunos para estabelecer relações entre diferentes fenómenos ambientais e refletir sobre alternativas mais sustentáveis.

Tabela 7 – Parâmetros gerais das questões de exploração relativas ao caso.

Parâmetros	Caso (n=31)
Média	66,3%
Desvio padrão	9,12
Máxima	78,0%
Mínima	51,0%

Como se observa na Tabela 7, os resultados evidenciaram um desempenho global positivo, traduzido numa média de 66,3%, com valores compreendidos entre 51,0% e 78,0%. O desvio-padrão de 9,12 indica uma dispersão moderada dos resultados, sugerindo que, apesar das diferenças observadas entre grupos, o desempenho obtido foi relativamente consistente.

Tabela 8 – Aproveitamento de cada grupo de trabalho por questão de exploração relativas ao caso e respetiva classificação final.

Grupos	QE 1 %	QE 2 %	QE 3 %	QE 4 %	QE 5 %	QE 6 %	Total %
1	33,3	75,0	100,0	100,0	50,0	62,5	70,0
2	53,3	75,0	100,0	83,0	50,0	50,0	68,0
3	100,0	40,0	100,0	100,0	100,0	50,0	78,0
4	86,7	50,0	50,0	100,0	100,0	40,0	68,5
5	100,0	75,0	83,3	100,0	50,0	50,0	75,0
6	66,7	30,0	100,0	100,0	50,0	50,0	63,5
7	66,7	30,0	50,0	100,0	50,0	25,0	51,0
8	53,3	40,0	50,0	100,0	50,0	50,0	56,0

A análise detalhada das respostas por questão, como representado na Tabela 8, permite identificar diferenças no grau de dificuldade associado aos diferentes desafios colocados aos alunos. As questões 3 e 4, relacionadas com a identificação de práticas associadas à *fast fashion* e com a proposta de medidas para reduzir os impactes ambientais da indústria da moda, apresentaram os níveis de desempenho mais elevados. Em particular, a questão 4 registou valores iguais ou superiores a 83% em todos os grupos, atingindo inclusivamente os 100% em seis dos oito grupos. Estes resultados sugerem que os alunos revelaram facilidade em reconhecer exemplos concretos de práticas mais sustentáveis e em identificar possíveis estratégias de mitigação dos impactes ambientais. Esta tendência encontra-se em consonância com a literatura existente, que defende que a LA crítica envolve não apenas a compreensão dos problemas ambientais, mas também a capacidade de identificar alternativas sustentáveis e propor soluções fundamentadas para os desafios socioambientais contemporâneos (Guerrero e Sjöström, 2025).

Em contrapartida, as questões 2 e 6 evidenciaram maiores dificuldades. A questão 2, que exigia estabelecer relações entre a acumulação de microplásticos nos oceanos e potenciais consequências para a saúde humana, apresentou resultados compreendidos entre 30% e 75%. Já a questão 6, que implicava uma reflexão sobre os próprios hábitos de consumo e a proposição de alternativas mais sustentáveis, registou os valores mais baixos, variando entre 25% e 62,5%. Estes resultados sugerem que os alunos sentiram maiores dificuldades perante questões que exigiam operações cognitivas de ordem superior, nomeadamente análise, interpretação, estabelecimento de relações entre

diferentes fenómenos e reflexão crítica sobre os seus comportamentos individuais. Competências como o PS, a antecipação e a reflexão crítica requerem processos educativos continuados, uma vez que implicam a compreensão da complexidade e das interdependências características da análise de problemáticas ligadas à sustentabilidade (Rieckmann, 2020).

Por sua vez, as questões 1 e 5 apresentaram resultados intermédios. Na questão 1, relacionada com o papel das pradarias marinhas e das florestas de laminárias na regulação dos ciclos da matéria, observaram-se diferenças consideráveis entre grupos, com resultados compreendidos entre 33,3% e 100%. A questão 5, relativa à identificação de medidas promotoras de práticas de pesca mais sustentáveis, apresentou igualmente alguma variabilidade, embora com resultados globalmente satisfatórios. Estas diferenças poderão refletir distintos níveis de domínio dos conteúdos científicos mobilizados e diferentes capacidades de justificar e fundamentar as respostas apresentadas. O desenvolvimento da LA pressupõe a integração de conhecimentos, competências e atitudes que permitam interpretar criticamente fenómenos ambientais complexos (Hamed Al Lal et al., 2024), o que ajuda a compreender a diversidade de desempenhos observada entre os grupos.

De uma forma geral, os resultados obtidos sugerem que os alunos foram capazes de mobilizar os conhecimentos científicos explorados durante a IP para interpretar situações contextualizadas e socialmente relevantes. Contudo, verificou-se um desempenho superior nas questões centradas na identificação de exemplos concretos e de soluções para problemas ambientais, comparativamente às questões que exigiam uma análise mais aprofundada das interações entre os subsistemas da Terra e questões sociais ou uma reflexão crítica sobre os próprios comportamentos. Esta tendência encontra-se em consonância com a literatura revista, verificando-se que, em contextos de aprendizagem ligadas ao EOAC, os alunos demonstram maior facilidade na identificação de problemas e soluções concretas do que em tarefas que implicam níveis mais elevados de análise, argumentação e tomada de decisão (Ribeiro, 2023).

A utilização de um caso contextualizado em torno da moda, da pesca e dos microplásticos poderá igualmente ter contribuído para aproximar os conteúdos científicos à realidade dos alunos, favorecendo a construção de aprendizagens mais aprofundadas por parte dos mesmos. As orientações da UNESCO (2021) defendem precisamente que a Educação para o Desenvolvimento Sustentável deve proporcionar oportunidades para aplicar conhecimentos científicos a problemas autênticos e

socialmente relevantes, promovendo competências de pensamento crítico, resolução de problemas e tomada de decisão responsável.

As dificuldades observadas nas questões que implicavam relacionar a presença de microplásticos com a saúde humana ou refletir sobre os próprios hábitos de consumo parecem ainda evidenciar os desafios inerentes ao desenvolvimento do PS. Esta competência envolve a capacidade de compreender as interações entre sistemas naturais, sociais e económicos e de analisar problemas complexos a partir de múltiplas perspetivas e escalas. Neste sentido, a mobilização destas competências exige oportunidades continuadas de aplicação dos conhecimentos científicos a contextos reais e diversificados (Wiek e Redman, 2022).

Ainda assim, o desempenho global obtido pelos grupos evidencia o potencial desta metodologia para promover aprendizagens contextualizadas e favorecer a compreensão dos impactes das ações antrópicas nos ecossistemas. Os resultados sugerem que a exploração do caso contribuiu não apenas para a consolidação dos conteúdos científicos e curriculares, mas também para o desenvolvimento da LA, do PS e da reflexão crítica, competências consideradas essenciais pela literatura contemporânea em Educação para a Sustentabilidade (UNESCO, 2021; Guerrero & Sjöström, 2025; Hamed Al Lal et al., 2024).

6.3. V de Gowin

A análise dos V de Gowin permitiu avaliar a forma como os alunos mobilizaram os conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo da atividade prática laboratorial, articulando componentes conceptuais, procedimentais e de reflexão crítica sobre as implicações ambientais dos fenómenos estudados. Para além da análise quantitativa dos diferentes parâmetros avaliados, procurou-se compreender de que modo este instrumento contribuiu para a consolidação das aprendizagens dos conhecimentos científicos e para o desenvolvimento de competências relacionadas com a LA e o PS.

A análise incidiu sobre os trabalhos produzidos por 28 alunos ($n = 28$), uma vez que alguns elementos da amostra não estiveram presentes na aula em que decorreu a atividade prática laboratorial. A avaliação contemplou quatro dimensões: os Registos (18 pontos), as Transformações (30 pontos), os Juízos de Valor (18 pontos) e os Juízos Cognitivos (34 pontos).

Tabela 9 – Parâmetros gerais dos Vês de Gowin por componentes e classificação final.

Parâmetros	R	T	J. Valor	J. Cognitivos	C. Final
Média	81,3%	89,9%	66,7%	34,6%	65,4%
Desvio Padrão	1,81	5,98	3,83	10,57	21,00
Máxima	94,4%	100,0%	100,0%	76,0%	91,0%
Mínima	61,1%	66,7%	16,7%	0,0%	22,0%

Como se observa na Tabela 9, os resultados evidenciam um desempenho globalmente positivo dos alunos na construção do V de Gowin, embora com diferenças assinaláveis entre as várias dimensões avaliadas. As médias mais elevadas foram registadas nas Transformações (89,9%) e nos Registos (81,3%), enquanto os Juízos de Valor apresentaram um desempenho intermédio (66,7%). Em contrapartida, os Juízos Cognitivos registaram a média mais baixa (34,6%). A classificação final média situou-se nos 65,4%, refletindo um desempenho globalmente satisfatório na realização da atividade.

Os resultados obtidos nas componentes Registos e Transformações sugerem que os alunos foram capazes de identificar, organizar e representar adequadamente os dados e observações recolhidos durante a atividade prática laboratorial, bem como de os transformar em informação relevante para a compreensão do fenómeno em estudo. A reduzida dispersão observada nestas dimensões evidencia uma elevada consistência entre os desempenhos dos alunos, indicando que a maioria conseguiu realizar estas tarefas com sucesso. Os Registos apresentaram valores compreendidos entre 61,1% e 94,4%, refletindo o carácter mais concreto e observacional desta componente, enquanto as Transformações atingiram uma média próxima dos 90%, evidenciando uma capacidade consolidada de interpretação e organização da informação produzida.

Estes resultados encontram-se em consonância com as orientações da UNESCO (2021), que defendem a promoção de experiências de aprendizagem ativas e contextualizadas, e com a literatura que evidencia que a exploração de problemas e casos reais favorece a mobilização dos conhecimentos científicos e a construção de aprendizagens mais integradas (Ribeiro, 2023).

Os Juízos de Valor apresentaram uma média de 66,7%, com resultados compreendidos entre 16,7% e 100%. Embora a maioria dos alunos tenha conseguido formular apreciações sobre a sustentabilidade dos materiais analisados e refletir sobre as suas

implicações ambientais, verificaram-se diferenças consideráveis na profundidade e fundamentação dessas reflexões. Esta componente exigia que os alunos ultrapassassem a mera descrição dos resultados experimentais, mobilizando argumentos relacionados com a utilização de recursos renováveis, os impactos ambientais e as alternativas mais sustentáveis aos materiais convencionais. Neste sentido, a LA crítica implica a capacidade de formular juízos fundamentados sobre questões científicas e socioambientais, articulando conhecimentos científicos, valores e processos de tomada de decisão (Guerrero & Sjöström, 2024). De igual modo, a LA integra competências de reflexão crítica e participação responsável, exigindo oportunidades educativas que permitam aos alunos analisar as relações entre sociedade, ambiente e sustentabilidade (Hamed Al Lal et al., 2024).

A dimensão que revelou maiores dificuldades foi a dos Juízos Cognitivos, que apresentou a média mais baixa (34,6%) e o maior desvio-padrão ($DP = 10,57$), evidenciando uma elevada heterogeneidade entre os desempenhos dos alunos. Esta componente exigia a mobilização e articulação de conceitos científicos relacionados com os ciclos da matéria, a biodegradabilidade, o efeito de estufa, a utilização de recursos renováveis e os princípios da Química Verde, bem como a formulação de conclusões fundamentadas a partir da atividade realizada. A complexidade destas tarefas está de acordo com a literatura, que defende que o desenvolvimento de competências para a abordagem de problemáticas ligadas à sustentabilidade implica a integração de conhecimentos provenientes de diferentes domínios e a compreensão de sistemas complexos e interdependentes, exigindo processos cognitivos de elevada complexidade e experiências educativas continuadas (Kioupi et al., 2022).

Contudo, estes resultados devem ser interpretados com alguma cautela. Durante a implementação da atividade verificou-se que vários alunos não dispuseram de tempo suficiente para concluir integralmente o V de Gowin, concentrando o seu trabalho nas componentes iniciais do instrumento. Consequentemente, alguns alunos deixaram os Juízos Cognitivos incompletos ou sem resposta, situação que poderá ter contribuído para a diminuição da média obtida nesta componente. Assim, os resultados observados poderão refletir não apenas dificuldades ao nível da mobilização dos conhecimentos científicos, mas também constrangimentos associados ao tempo disponível para a realização da tarefa.

A análise da dispersão dos resultados reforça esta interpretação. Enquanto os Registos e as Transformações revelaram uma elevada consistência entre os desempenhos dos

alunos, os Juízos Cognitivos apresentaram maior heterogeneidade, sugerindo diferenças na capacidade de mobilização e articulação dos conhecimentos científicos. Relativamente à classificação final, os alunos obtiveram uma média de 65,4%, com um desvio-padrão de 21,00, um valor máximo de 91,0% e um mínimo de 22,0%, evidenciando uma amplitude considerável entre os desempenhos. Esta variabilidade poderá estar relacionada com a heterogeneidade da amostra ao nível do aproveitamento escolar e das competências dos alunos, mas também com as exigências cognitivas inerentes às componentes mais complexas do instrumento (Ribeiro, 2023).

Apesar das dificuldades observadas nos Juízos Cognitivos, a análise qualitativa das respostas produzidas pelos alunos permite identificar evidências relevantes da mobilização dos conhecimentos científicos trabalhados na IP. Em vários V de Gowin foram estabelecidas relações entre a biodegradabilidade dos materiais, a acumulação de resíduos nos ecossistemas, a formação de microplásticos, a utilização de recursos renováveis e o papel dos ciclos da matéria na renovação da mesma. Os alunos demonstraram ainda capacidade para relacionar a produção de materiais com as emissões de CO₂, o efeito de estufa e os princípios da Química Verde, evidenciando uma compreensão dos impactes ambientais associados aos diferentes processos de produção.

Para além da consolidação dos conteúdos curriculares, os resultados sugerem que a atividade contribuiu para o desenvolvimento da capacidade de mobilizar conhecimentos científicos na análise de problemáticas ambientais contemporâneas. A comparação entre plásticos petroquímicos e bioplásticos permitiu aos alunos refletir sobre diferentes alternativas tecnológicas e sobre as suas implicações ambientais, promovendo uma compreensão mais abrangente das relações entre produção, consumo, geração de resíduos e sustentabilidade. A educação orientada para problemáticas ligadas à sustentabilidade deve favorecer precisamente a capacidade de interpretar criticamente desafios ambientais complexos e analisar diferentes soluções tecnológicas e sociais de forma integrada, promovendo uma participação informada na construção de futuros mais sustentáveis (Höffken & Lazendic-Galloway, 2024).

Verificaram-se igualmente indícios do desenvolvimento do PS, visto que vários alunos conseguiram estabelecer relações entre diferentes componentes do Sistema Terra e entre fatores ambientais, tecnológicos e sociais. A articulação entre conceitos como recursos renováveis, ciclos da matéria, biodegradabilidade, resíduos, microplásticos e

sustentabilidade evidencia uma compreensão das interdependências existentes entre as atividades antrópicas e o funcionamento dos subsistemas da Terra. Esta perspetiva encontra-se em consonância com a literatura, que identifica o PS como uma competência fundamental para a sustentabilidade, permitindo compreender as relações dinâmicas entre sistemas ecológicos, económicos e sociais. Do mesmo modo, a LA implica a capacidade de interpretar estas interdependências e de mobilizar conhecimentos científicos para enfrentar problemas ambientais contemporâneos (Kioupi et al., 2022; Guerrero & Sjöström, 2024).

Globalmente, os resultados obtidos sugerem que a atividade prática laboratorial constituiu uma estratégia relevante para a consolidação dos conhecimentos científicos abordados nesta IP e para a sua aplicação na análise crítica de questões ambientais atuais. Simultaneamente, permitiu fomentar a reflexão sobre alternativas mais sustentáveis aos materiais convencionais, reforçando a necessidade de um maior investimento socioeconómico nesta área emergente. Em consonância com as orientações da UNESCO (2021), os resultados sugerem que práticas pedagógicas que articulam investigação, experimentação e reflexão crítica podem contribuir significativamente para o desenvolvimento da LA e das competências necessárias para a construção de sociedades mais sustentáveis.

6.4. Trabalho Final

A análise dos trabalhos finais permitiu avaliar a forma como os alunos mobilizaram e aplicaram os conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo da IP na interpretação de problemáticas ambientais contemporâneas. Simultaneamente, possibilitou analisar o desenvolvimento da LA, do PS e da CA através da construção de produtos de sensibilização ambiental.

A análise incidiu sobre os trabalhos elaborados por 21 alunos, organizados em cinco grupos. Inicialmente, encontravam-se constituídos oito grupos, correspondendo à totalidade da turma. Contudo, três grupos não entregaram o trabalho final dentro do prazo estabelecido, pelo que apenas os cinco trabalhos submetidos foram considerados para efeitos de análise. Esta situação constitui uma limitação da presente IP, uma vez que reduziu o número de trabalhos disponíveis para avaliação e poderá ter condicionado a representatividade dos resultados obtidos.

Tabela 10 - Parâmetros gerais dos trabalhos finais

Parâmetros	Trabalho Final
------------	----------------

Média	2,8
Mínima	1,7
Máxima	3,7
Desvio padrão	0,80

Os resultados globais revelam uma classificação média de 2,8, situando-se entre os níveis 2 e 3 da rubrica de avaliação. Este valor sugere que, de forma geral, os grupos demonstraram um desempenho intermédio a bom, evidenciando capacidade para mobilizar os conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo da IP, embora com diferentes níveis de profundidade e rigor. O valor mínimo obtido foi de 1,7, enquanto o valor máximo atingiu 3,7, evidenciando diferenças consideráveis entre os trabalhos produzidos pelos diferentes grupos. Esta variabilidade poderá refletir não apenas a heterogeneidade a nível do aproveitamento escolar da turma, mas também os diferentes níveis de apropriação das competências associadas à sustentabilidade, cujo desenvolvimento requer experiências educativas continuadas e contextualizadas (UNESCO, 2021).

Tabela 11 – Classificações globais dos trabalhos finais por grupos de trabalho.

Classificação Global				
G1 (n=4)	G2 (n=4)	G3 (n=4)	G4 (n=5)	G5 (n=4)
2,3	1,7	3	3,3	3,7

De um modo geral, o critério que apresentou melhor desempenho foi a Construção da Etiqueta de Impacte Ambiental, com uma média de 3,0 níveis de desempenho, seguido das Relações entre Sociedade e Sistema Terra, com uma média de 2,8. O critério com resultados mais baixos foi a Comunicação aplicada à Consciência Ambiental, com uma média de 2,6. Estes resultados sugerem que os alunos revelaram maior facilidade na mobilização e aplicação dos conhecimentos científicos à análise de situações concretas do que na comunicação desses conhecimentos de forma clara. Tais resultados encontram-se em consonância com a literatura, que refere que o EOAC favorece particularmente a aplicação dos conhecimentos científicos a problemas reais e contextualizados, embora competências mais complexas, como a argumentação e a comunicação crítica, exijam processos de aprendizagem mais prolongados (Ribeiro, 2023).

Relativamente à Construção da Etiqueta de Impacte Ambiental, os Grupos 4 e 5 atingiram o nível máximo (nível 4), demonstrando capacidade para elaborar etiquetas completas, rigorosas e detalhadas, integrando corretamente os elementos solicitados e apresentando informação suficiente para caracterizar os impactes ambientais e sociais associados às peças de vestuário analisadas. Estes grupos evidenciaram uma mobilização eficaz dos conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo da IP, conseguindo aplicá-los a um contexto próximo da realidade dos alunos.

O Grupo 1 obteve nível 3, revelando igualmente uma boa capacidade de construção da etiqueta, embora com menor aprofundamento em alguns dos elementos apresentados. Por sua vez, os Grupos 2 e 3 situaram-se no nível 2, sugerindo dificuldades na inclusão de alguns elementos solicitados e/ou na realização dos cálculos necessários à caracterização dos impactes ambientais da peça analisada.

A média obtida neste critério (3,0) indica que a maioria dos grupos conseguiu construir etiquetas ambientalmente informativas e cientificamente fundamentadas, evidenciando o desenvolvimento da sua LA. Esta capacidade de mobilizar conhecimentos científicos para interpretar situações concretas do quotidiano encontra-se alinhada com as orientações da UNESCO (2021), que defendem a importância de promover aprendizagens contextualizadas e orientadas para a ação. De igual modo, a LA implica a utilização crítica dos conhecimentos científicos na compreensão e resolução de problemas ambientais contemporâneos (Guerrero & Sjöström, 2025).

Os resultados obtidos no critério relativo às Relações entre Sociedade e Sistema Terra revelam um desempenho globalmente positivo, com uma média de 2,8. Os Grupos 4 e 5 alcançaram o nível 4, evidenciando uma compreensão integrada das relações entre a produção e o consumo de vestuário, os subsistemas do Sistema Terra e as questões sociais associadas. As análises produzidas por estes grupos demonstraram capacidade para identificar interdependências entre diferentes componentes dos subsistemas da Terra e problemas socioambientais, bem como para compreender algumas das consequências ambientais e sociais das nossas escolhas de consumo.

O Grupo 3 obteve nível 3, conseguindo estabelecer relações claras entre os impactes ambientais e sociais da indústria têxtil, embora sem o mesmo grau de integração observado nos grupos com melhor desempenho. Já os Grupos 1 e 2 situaram-se no nível 2, evidenciando relações mais simples e menos desenvolvidas entre as ações humanas e os seus impactes ambientais e sociais.

Apesar destas diferenças, os resultados sugerem que vários alunos foram capazes de ultrapassar uma visão fragmentada dos problemas ambientais, identificando relações entre fenómenos ecológicos, económicos e sociais. Este aspeto assume particular relevância, uma vez que o desenvolvimento do PS constituiu uma das dimensões centrais da presente IP. A Educação para o Desenvolvimento Sustentável deve promover competências que permitam compreender a interdependência entre sistemas humanos e naturais, favorecendo uma visão integrada dos desafios da sustentabilidade (Kioupi et al., 2022). Neste sentido, o PS constitui uma competência essencial para interpretar problemas ambientais complexos e apoiar processos de tomada de decisão mais sustentáveis (Höffken & Lazendic-Galloway, 2024).

O critério relativo à Comunicação aplicada à Consciência Ambiental foi o que apresentou resultados mais modestos, com uma média de 2,6. Os Grupos 3 e 5 atingiram o nível 4, demonstrando capacidade para comunicar de forma clara, rigorosa e persuasiva os impactos ambientais associados aos produtos analisados, promovendo a reflexão crítica e incentivando a adoção de comportamentos mais sustentáveis.

O Grupo 1 alcançou o nível 2, revelando alguma preocupação ambiental, mas apresentando uma comunicação ainda pouco desenvolvida em termos de clareza, fundamentação e capacidade de sensibilização. O Grupo 4 obteve igualmente nível 2 neste critério, apesar dos excelentes resultados alcançados nos restantes parâmetros avaliados, sugerindo maiores dificuldades na comunicação das ideias de forma apelativa e mobilizadora. O Grupo 2 apresentou o desempenho mais reduzido, situando-se no nível 1, não evidenciando uma clara preocupação com a sensibilização para comportamentos mais sustentáveis.

Embora este tenha sido o critério com menor desempenho médio, três dos cinco grupos alcançaram níveis iguais ou superiores a 3, sugerindo que uma parte significativa dos alunos foi capaz de comunicar informação ambiental de forma adequada. Ainda assim, os resultados evidenciam que a transformação dos conhecimentos científicos em mensagens acessíveis, fundamentadas e capazes de promover mudanças de atitudes constitui uma competência que necessita de continuar a ser desenvolvida. A LA integra não apenas a compreensão dos problemas ambientais, mas também a capacidade de comunicar, refletir criticamente e participar ativamente na construção de soluções sustentáveis (Hamed Al Lal et al., 2024). De igual modo, a UNESCO (2021) destaca a importância do desenvolvimento de competências comunicativas e participativas que permitam aos alunos atuar como agentes de mudança nas suas comunidades.

Os resultados obtidos nos diferentes critérios sugerem, globalmente, que os alunos conseguiram mobilizar conhecimentos científicos para analisar os impactes ambientais e sociais associados ao consumo de vestuário, aplicar esses conhecimentos a situações concretas do quotidiano e estabelecer relações entre atividades humanas, processos ambientais e questões sociais. Estes resultados indicam igualmente que a presente IP contribuiu para o desenvolvimento da LA e do PS, permitindo uma compreensão mais integrada das relações entre consumo de têxteis, poluição, sustentabilidade e funcionamento dos subsistemas terrestres.

Por sua vez, os resultados relativos à Comunicação aplicada à Consciência Ambiental evidenciam que, embora os alunos tenham demonstrado capacidade para reconhecer e discutir problemáticas ambientais, essa sensibilização nem sempre se traduziu numa comunicação clara e mobilizadora. Ainda assim, a qualidade dos trabalhos produzidos por alguns grupos sugere que a presente IP contribuiu para aumentar a sensibilização relativamente aos impactes ambientais das atividades humanas e à necessidade de adotar práticas mais sustentáveis, ainda que a capacidade de expressar e comunicar essa sensibilização tenha sido desigual entre os diferentes grupos.

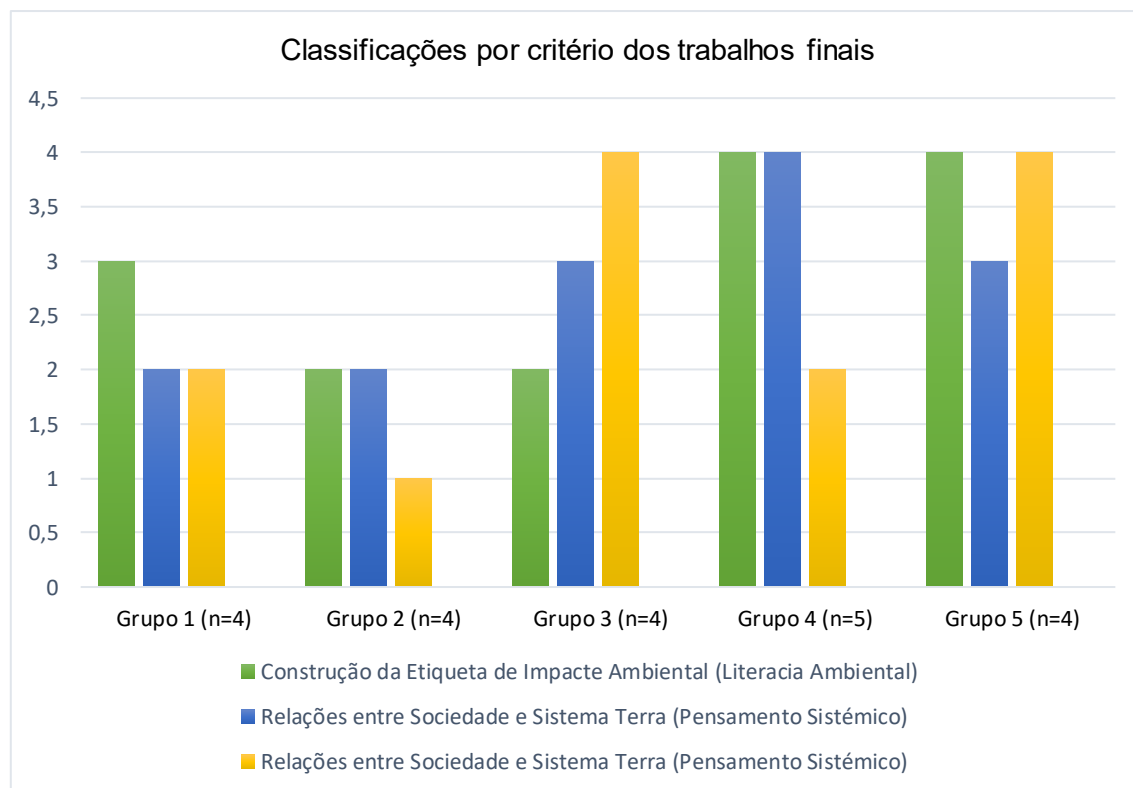


Gráfico 1. Classificações dos diferentes critérios dos trabalhos finais por grupos de trabalho

A nível global, os resultados dos trabalhos finais constituem evidências de que a presente IP permitiu aos alunos mobilizar conhecimentos científicos na análise de problemas ambientais contemporâneos, desenvolver uma compreensão mais integrada das relações entre sociedade e ambiente e comunicar mensagens associadas à sustentabilidade. Estes resultados corroboram o que é referido na literatura, segundo a qual o EOAC favorece a aplicação dos conhecimentos científicos a contextos reais e promove processos de reflexão crítica e participação ativa dos alunos (Ribeiro, 2023), contribuindo para uma educação ambiental orientada para o desenvolvimento da LA, do PS e da participação responsável dos cidadãos perante os desafios da sustentabilidade (UNESCO, 2021; Guerrero & Sjöström, 2025).

7. Conclusão

Após a implementação da IP e da análise dos dados recolhidos, torna-se pertinente sistematizar os principais resultados obtidos e refletir sobre a forma como estes respondem às QI inicialmente formuladas. Esta secção procura, assim, apresentar uma síntese crítica da intervenção desenvolvida, articulando os resultados obtidos com os objetivos definidos e com o enquadramento teórico que sustentou a presente investigação. Para além de avaliar o contributo da metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC), pretendeu-se igualmente analisar o seu potencial para promover a mobilização de conhecimentos científicos na interpretação de problemáticas ambientais e para fomentar o desenvolvimento da literacia ambiental (LA), do pensamento sistémico (PS) e da consciência ambiental (CA) dos alunos.

7.1. Considerações finais

Esta investigação teve como principal finalidade avaliar o contributo de uma IP centrada na problemática dos microplásticos para a mobilização dos conteúdos relativos aos ciclos da matéria na interpretação dos impactes das ações antrópicas nos ecossistemas, com especial foque nos ecossistemas marinhos, bem como analisar o seu potencial para promover a LA, e o PS dos alunos do 8.º ano de escolaridade.

Os resultados obtidos decorrentes desta IP sugerem que o EOAC contribuiu de forma positiva para o desenvolvimento dos conhecimentos científicos dos alunos e para a sua aplicação na análise de problemáticas ambientais de crescente relevância. A comparação entre os resultados do pré e pós-teste evidenciou uma evolução global positiva, sugerindo uma melhoria na compreensão dos conteúdos relacionados com os ciclos da matéria, os fluxos de energia e os impactes das atividades antrópicas nos

ecossistemas. Esta evolução revelou-se particularmente evidente em questões que exigiam a mobilização dos conhecimentos científicos para a interpretação de situações contextualizadas e para a análise de problemas ambientais associados à sustentabilidade.

Relativamente à primeira QI, os resultados obtidos através dos diferentes instrumentos de recolha de dados sugerem que a IP contribuiu para potenciar o desenvolvimento de aprendizagens e competências dos alunos relativamente aos impactes das ações antrópicas no Sistema Terra. As respostas às questões de exploração do caso, os resultados dos testes cognitivos e a análise dos V de Gowin evidenciaram uma melhoria na compreensão das problemáticas associadas aos microplásticos, aos impactes ambientais das atividades antrópicas nos ecossistemas e à adoção de alternativas mais sustentáveis. Os resultados sugerem ainda que os alunos foram capazes de mobilizar os conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo da IP na interpretação e análise de problemáticas ambientais contemporâneas, estabelecendo relações entre atividades antrópicas, funcionamento dos ecossistemas e sustentabilidade.

No que respeita à segunda questão de investigação, os resultados obtidos através da avaliação dos trabalhos finais de consciencialização ambiental sugerem que a intervenção contribuiu para promover a compreensão das relações existentes entre atividades humanas, poluição, consumo de têxteis, exploração dos recursos marinhos e sustentabilidade. Os resultados obtidos nos critérios relacionados com o PS evidenciam que vários alunos conseguiram ultrapassar uma visão fragmentada das problemáticas ambientais, estabelecendo relações entre fatores ecológicos, sociais e económicos. De igual modo, os trabalhos produzidos revelaram indícios do desenvolvimento da LA e da CA, demonstrando capacidade para reconhecer impactes ambientais associados aos seus hábitos de consumo e para comunicar propostas orientadas para práticas mais sustentáveis.

Os resultados obtidos reforçam igualmente o potencial do EOAC na promoção de aprendizagens contextualizadas e socialmente relevantes. A utilização de um caso baseado em problemáticas ambientais próximas da realidade dos alunos favoreceu a discussão, a reflexão e a mobilização dos conhecimentos científicos em contextos concretos, contribuindo para uma maior compreensão da relevância socioambiental dos conteúdos curriculares abordados. A articulação entre a exploração do caso, a atividade prática laboratorial e o trabalho final de consciencialização ambiental permitiu ainda

diversificar estratégias de ensino e aprendizagem, promovendo diferentes formas de participação e envolvimento dos alunos.

Ao nível educacional, a IP possibilitou a promoção de aprendizagens que ultrapassam a mera construção de conhecimentos científicos, favorecendo a reflexão crítica sobre os impactes das atividades antrópicas nos ecossistemas e incentivando uma participação mais informada e responsável perante os desafios ambientais contemporâneos. Adicionalmente, esta promoveu uma abordagem integrada de problemáticas socioambientais complexas, incentivando os alunos a relacionar conhecimentos científicos com dimensões ambientais, sociais e económicas associadas à sustentabilidade.

Do ponto de vista profissional, a realização desta IP constituiu uma oportunidade de desenvolvimento de competências associadas ao planeamento, implementação e avaliação de práticas pedagógicas fundamentadas na investigação. O processo permitiu aprofundar a reflexão sobre a utilização de metodologias ativas no ensino das ciências e reforçar a importância da investigação educacional como instrumento de melhoria das práticas docentes.

Assim, os resultados obtidos sugerem que a IP desenvolvida constituiu uma estratégia relevante para promover a mobilização dos conhecimentos científicos relativos aos ciclos da matéria na interpretação de problemáticas ambientais associadas aos microplásticos e às atividades antrópicas nos ecossistemas. Estes também evidenciam o potencial do EOAC para contribuir para o desenvolvimento da LA, do PS e da CA nos alunos, reforçando a pertinência da integração de problemáticas socioambientais de crescente relevância no ensino das Ciências Naturais.

7.2. Limitações e perspetivas futuras

Relativamente às limitações desta IP, importa referir que algumas atividades inicialmente previstas não puderam ser implementadas na sua totalidade devido a constrangimentos temporais associados ao cumprimento do currículo e à proximidade do final do ano letivo.

Importa ainda referir que a atividade prática laboratorial foi condicionada pela indisponibilidade de um laboratório durante o período de implementação da IP. Este constrangimento obrigou à introdução de algumas adaptações metodológicas, limitando a participação prática de todos os alunos em determinadas etapas do procedimento

experimental. Apesar de a atividade ter permitido a exploração dos conteúdos previstos, considera-se que a realização da mesma num espaço laboratorial devidamente equipado poderia ter proporcionado um maior envolvimento dos alunos e uma participação mais ativa em todas as fases do trabalho experimental.

No âmbito da atividade prática laboratorial, foram apresentados aos alunos exemplos de carteiras produzidas a partir do bioplástico construído durante a atividade, com o intuito de evidenciar o potencial destes biomateriais como uma alternativa mais sustentável a ser utilizada em setores como a indústria da moda. Contudo, não foi possível envolver os alunos na construção dos seus próprios produtos. Considera-se que a realização desta componente poderia ter constituído uma mais-valia para a IP, reforçando a ligação entre os conhecimentos científicos desenvolvidos e a sua aplicação em contextos reais.

De igual modo, embora estivesse inicialmente prevista a apresentação dos trabalhos finais de consciencialização ambiental à comunidade escolar, esta não se concretizou devido aos mesmos constrangimentos temporais. Considera-se, contudo, que a divulgação à comunidade escolar dos trabalhos teria constituído uma oportunidade adicional de modo a promover o desenvolvimento de competências de comunicação científica e ambiental e ampliar o alcance educativo da IP junto da restante comunidade escolar.

No que diz respeito a perspetivas futuras, considera-se que seria pertinente ajustar esta IP de modo a ser aplicada em turmas do ensino secundário, nomeadamente dos 10.º e 12.º anos de escolaridade. As Aprendizagens Essenciais destes níveis de ensino incluem conteúdos que se articulam diretamente com as temáticas exploradas ao longo da IP, nomeadamente sobre questões ligadas à sustentabilidade e aos impactos das atividades antrópicas nos ecossistemas. Adicionalmente, a capacidade de reflexão crítica geralmente mais desenvolvida nos alunos do ensino secundário poderia permitir uma exploração mais aprofundada das problemáticas ambientais abordadas, favorecendo a análise de relações de causalidade mais complexas e o desenvolvimento do PS.

Particularmente no 12.º ano, a atividade prática laboratorial poderia ser desenvolvida em articulação com a disciplina de Química, estabelecendo uma abordagem transdisciplinar com a disciplina de Biologia. Neste contexto, a formulação do bioplástico

poderia ser reformulada de modo a envolver uma reação de polimerização, permitindo explorar conteúdos previstos nas Aprendizagens Essenciais de Química do 12.º ano.

Adicionalmente, a construção de objetos a partir dos bioplásticos produzidos, como carteiras ou outros produtos, poderia ser desenvolvida em articulação com disciplinas da área artística, como Educação Visual ou outras áreas afins. Esta integração permitiria enriquecer a componente criativa da IP, promover abordagens transdisciplinares e reforçar a compreensão do potencial dos biomateriais como alternativas sustentáveis aos materiais convencionais.

Por fim, considera-se pertinente que futuras implementações desta IP contemplem adaptações que permitam responder de forma mais eficaz à diversidade de perfis de aprendizagem presentes nas salas de aula. Embora os recursos pedagógicos utilizados já integrassem diversos elementos visuais, nomeadamente imagens e vídeos, poderá ser vantajoso reforçar ainda mais a utilização destes suportes e diversificar as formas de apresentação da informação. Poderão igualmente ser introduzidas adaptações ao nível da simplificação e estruturação dos textos, da reformulação de algumas questões de avaliação, incluindo as do pré e pós-teste, e da disponibilização de versões diferenciadas de determinados materiais, adequadas às características e necessidades dos alunos. Estas adaptações poderão beneficiar particularmente alunos com necessidades específicas de aprendizagem, perturbações do neurodesenvolvimento ou outras medidas de suporte à aprendizagem e à inclusão, contribuindo para uma maior acessibilidade aos conteúdos, para uma participação mais equitativa nas atividades propostas e para uma avaliação mais ajustada às características dos diferentes alunos.

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>
- Alizadeh, M., Mohammadi, A., Gandomkar, R., & Delavar, M. A. (2024). Effect of virtual case-based learning (CBL) using the flipped classroom on learning motivation in basic sciences. *BMC Medical Education*, 24, 62. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06229-w>
- Astuti, Y., Meilinda, M., Dewi, S., Wulandari, R., & Jajuri, T. (2024). Identification of High School Students' Misconceptions on The Biogeochemical Cycle Topics. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v12i1.34974>
- Baptista, M., Pinho, A. S., & Alves, A. R. (2025). Students' learning for action through inquiry-based science education on a local environmental problem. *Sustainability*, 17(9), 3907. <https://doi.org/10.3390/su17093907>
- Ben-Zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of Earth System Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560. <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
- BERA. (2018). *Ethical guidelines for educational research* (4th ed.). British Educational Research Association.
- Brundiers, K., Wiek, A., & Redman, C. L. (2010). Real-world learning opportunities in sustainability: From classroom into the real world. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 22(2), 379–394. <https://doi.org/10.1108/14676371011077540>
- Cadan, F., Xavier, C., & Azevedo, E. (2022). Modeling and simulating biogeochemical cycles: the BCS freeware. *Biogeochemistry*, 158, 373 - 382. <https://doi.org/10.1007/s10533-022-00904-0>.
- Chen, F., & Chen, G. (2025). Technology-Enhanced Collaborative Inquiry in K–12 Classrooms: A Systematic Review of Empirical Studies. *Science & Education*, 34(3), 1731–1773. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00538-8>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>

- Coutinho, C. (2023). Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas (2.^a ed., reimpressão). Almedina.
- Coutinho, C., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M., & Vieira, S. (2009). Investigação-Ação: Metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista de Psicologia, Educação e Cultura*, 12(2), 455-479.
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2023). Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research (7th ed.). Pearson.
- Dawson, T., Hambly, J., Kelley, A., Lees, W., & Miller, S. (2020). Coastal heritage, global climate change, public engagement, and citizen science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(15), 8280-8286. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.1912246117>
- DeVille, N. V., Tomasso, L. P., Stoddard, O. P., Wilt, G. E., Horton, T. H., Wolf, K. L., Brymer, E., Kahn, P. H., Jr., & James, P. (2021). Time Spent in Nature Is Associated with Increased Pro-Environmental Attitudes and Behaviors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7498. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147498>
- Dewi, C. A., & Rahayu, S. (2024). Implementation of case-based learning in science education: A systematic review. *Journal of Turkish Science Education*, 20(4), 729-749. <https://doi.org/10.36681/tused.2023.041>
- Di Capua, G., Bobrowsky, P. T., Kieffer, S. W., & Palinkas, C. (2021). Introduction: geoethics goes beyond the geoscience profession. In G. Di Capua, P. T. Bobrowsky, S. W. Kieffer & C. Palinkas (Eds.) *Geoethics: Status and Future Perspectives* (pp.1-11). The Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/SP508-2020-191>
- Edwards, M. G., Alcaraz, J. M., & Cornell, S. E. (2021). Management Education and Earth System Science: Transformation as if Planetary Boundaries Mattered. *Business & Society*, 60(1), 26-56. <https://doi.org/10.1177/0007650318816513>
- Fackler, A., & Capps, D. (2023). 'If you wanted to take this model and throw nitrogen at it, it would fit': synthesis approach to modelling to learn about biogeochemical cycles. *International Journal of Science Education*, 46, 421 - 439. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2240524>.
- Fauville, G., Strang, C., Cannady, M. A., & Chen, Y.-F. (2019). Development of the international ocean literacy survey: Measuring knowledge across the world. *Environmental Education Research*, 25(2), 238-263. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1440381>

- Febrianti, D., & Hamimi, E. (2024). Enhancing creativity through PjBL-STEAM equipped biogeochemical cycle educational kit on ecosystem materials in junior high school. *Research and Development in Education (RaDEn)*. <https://doi.org/10.22219/raden.v4i2.35186>.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2019). *How to design and evaluate research in education* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. (2023). *Educational research: Competencies for analysis and applications*. Pearson.
- Gilissen, M. G. R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, 42(9), 1500-1519. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1755741>
- Gillies, R. M. (2023). Using cooperative learning to enhance students' learning and engagement during inquiry-based science. *Education Sciences*, 13(12), 1242. <https://doi.org/10.3390/educsci13121242>
- Guerrero, G., & Sjöström, J. (2024). Critical scientific and environmental literacies: A systematic and critical review. *Studies in Science Education*, 61(1), 41–87. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2344988>
- Hamed Al Lal, S., García González, E., Rodríguez Pérez, L., & Solís Ramírez, E. (2024). La alfabetización ambiental en los currículos de Educación Infantil y Primaria derivados de la LOMLOE. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(2), 2501. https://doi.org/10.25267/REV_EUREKA_ENSEN_DIVULG_CIENC.2024.V21.I2.2501
- Herreid, C. F. (2020). Case Studies in Science: A Novel Method of Science Education. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 25-31.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Höffken, J. I., & Lazendic-Galloway, J. (2024). Using systems thinking to support sustainability education: Exploring educational approaches for complex socio-environmental challenges. *International Journal of STEM Education*, 11(1), Article 87. <https://doi.org/10.1186/s42055-024-00087-6>

- Janzik, R., Sieg, H., Braeuning, A., & Böhl, G.-F. (2025). Microplastics: State of the evidence on health effects and public perception. *Deutsches Ärzteblatt International*, 122(20), 546-551. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2025.0138>
- Jeronen, E., Palmberg, I., & Yli-Panula, E. (2016). Teaching Methods in Biology Education and Sustainability Education Including Outdoor Education for Promoting Sustainability--A Literature Review.. *Education Sciences*, 7, 1. <https://doi.org/10.3390/educsci7010001>.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2017). Theoretical approaches to cooperative learning. In R. Gillies (Ed.), *Cooperative learning: Review of research and practice* (pp. 17–38). Springer <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.3.31>
- Kinchin, I. M., Cabot, L. B., & Hay, D. B. (2019). *Visualising expertise: Toward an authentic pedagogy for higher education*. Springer.
- Kioupi, V., & Voulvoulis, N. (2022). Education for sustainable development: A systemic framework for connecting the SDGs to educational outcomes. *Frontiers in Sustainability*, 3, Article 889904. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.889904>
- Koutalidi, S., & Scoullou, M. (2016). Biogeochemical cycles for combining chemical knowledge and ESD issues in Greek secondary schools part I: designing the didactic materials. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 10-23. <https://doi.org/10.1039/c5rp00151j>.
- Kraus, S. F. (2023). The method of observation in science education: Characteristic dimensions from an educational perspective. *Science & Education*, 32, 1127-1150. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00422-x>
- Kuijpers, A. J. (2024). A systems thinking approach to capture the complexity of teacher-education programmes. *European Journal of Education*, 59(4), 560-576. <https://doi.org/10.1111/ejed.12623>
- Ling, J. H. (2025). A review of rubrics in education: Potential and challenges. *Indonesian Journal of Innovative Teaching and Learning*, 2(1), 1–14. <https://ojs.aeducia.org/index.php/ijitl/article/view/197>
- Marcharla, E., Vinayagam, S., Gnanasekaran, L., Soto-Moscoso, M., Chen, W.-H., Thanigaivel, S., & Ganesan, S. (2024). Microplastics in marine ecosystems: A comprehensive review of biological and ecological implications and its mitigation approach using nanotechnology for the sustainable environment. *Environmental Research*, 204, 119181. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119181>

- Mohan, L., Chen, J., & Anderson, C. (2009). Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 675-698. <https://doi.org/10.1002/tea.20314>
- Moreira, M. A. (1995). Diagramas V e aprendizagem significativa. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 3–13. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/675>
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1151641. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641>
- Orion, N. (2019). The future challenge of Earth science education research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0003-z>
- Panadero, E., Jonsson, A., Pinedo, L., & Fernández-Castilla, B. (2023). Effects of rubrics on academic performance, self-regulated learning, and self-efficacy: A meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, 35, Article 113. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09823-4>
- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2017). *Geoethics: Ethical challenges and case studies in geosciences*. Geological Society of London.
- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2021). *Geoethics: Manifesto for an Ethics of Responsibility towards the Earth*. Springer.
- Peppoloni, S.; Di Capua, & G. Geoethics (2017). Ethical, Social and Cultural Implications in Geosciences. *Annals Geophysics*. 2017, 60. <https://doi.org/10.4401/ag-7473>.
- Rhodes, M., et al. (2020). Value of Case-Based Learning within STEM Courses. *CBE—Life Sciences Education*, 19(2), p.ART20. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-10-0200>
- Ribeiro, T. M. A. (2023). *Abordar o Sistema Terra numa perspetiva Geoética: da Ciência Cidadã à Educação em Ciências* [Tese de doutoramento, Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. <https://doi.org/10.34626/841r-sc12>
- Ribeiro, T., & Orion, N. (2021). Educating for a holistic view of the Earth system: A review. *Geosciences*, 11(12), 485. <https://doi.org/10.3390/geosciences11120485>
- Ribeiro, T., & Vasconcelos, C. (2025). Earth System Science and Education: From Foundational Thoughts to Geoethical Engagement in the Anthropocene. *Geosciences*, 15(6), 224. <https://doi.org/10.3390/geosciences15060224>

- Ribič, L., Devetak, I., & Potočnik, R. (2025). Pre-Service Primary School Teachers' Understanding of Biogeochemical Cycles of Elements. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci15010110>.
- Rieckmann, M. (2020). Education for sustainable development goals: Learning objectives. UNESCO Publishing. <https://doi.org/10.54675/CGBA9153>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference. Houghton Mifflin.
- Shengqiang, L., Nankhantee, A., & Srikhao, S. (2025). Combining inquiry-based learning and collaborative learning: A new model for improving students' teamwork and problem-solving skills. *Journal of Education and Educational Development*, 12(1), 13-38. <https://doi.org/10.22555/joeed.v12i1.1296>
- Shivolo, T., & Mokiwa, H. O. (2024). Unpacking the practical work inquiry practice framework for improving science practical work and inquiry. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8(III), 1118-1140. <https://doi.org/10.47772/IJRISS.2024.803084>
- Silva, A. L. dos R., Lira, B. R. F., & Ruela, G. A. (2024). Importance of active teaching-learning methodologies in higher education: An integrative review. *Research, Society and Development*, 13(4), e7313445360. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i4.45360>
- Soares, D., Borges, F., Abrantes, I., Magalhães, P., & Baptista, A. V. (2017). A “questão-problema” nos relatórios do tipo V de Gowin: Um estudo exploratório no 11.º ano de Biologia. *Indagatio Didactica*, 9(4), 385-406. <https://doi.org/10.34624/id.v9i4.1009>
- Soares, M. E., & Gonçalves, G. F. (2025). A teaching-learning sequence applied in science classes: a model based on problematizing microplastics. *Research, Society and Development*. <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i8.49436>
- Sunny, A. R., Sazzad, S. A., Islam, M. A., Mithun, M. H., Hussain, M., Raposo, A., & Bhuiyan, M. K. A. (2025). Microplastics in Aquatic Ecosystems: A Global Review of Distribution, Ecotoxicological Impacts, and Human Health Risks. *Water*, 17(12), 1741. <https://doi.org/10.3390/w17121741>
- Susanti, D., Rahmat, A., & A. (2021). Student Cognitive Activities in Biogeochemical Cycle Learning Using Modeling Example. *Proceedings of the 6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)*. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210326.022>.
- Tiara, F., & Mubarak, I. (2023). The Development Of Science Literacy Based Digital Teaching Materials To Improve Students Critical Thinking On The Sub Matter Of Energy Flow

And Biogeochemical Cycles. Journal of Biology Education. <https://doi.org/10.15294/jbe.v12i3.74894>.

UNESCO. (2018). Ocean literacy for all: A toolkit. Paris: UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org>

UNESCO. (2021). Learn for our planet: A global review of how environmental issues are integrated in education. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377362>

Urdanivia Alarcon, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S., & Machaca Viza, R. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review [Systematic Review]. Frontiers in Education, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1170487>

Varma, B., Karuveetil, V., Fernandez, R., Halcomb, E., Rolls, K., Kumar, S. V., & Aravind, M. S. (2025). Effectiveness of case-based learning in comparison to alternate learning methods on learning competencies and student satisfaction among healthcare professional students: A systematic review. Journal of Education and Health Promotion, 14(1), 76. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_510_24

Vasconcelos, C., & Calheiros, C. S. C. (Eds.). (2022). Enhancing environmental education through nature-based solutions. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-91843-9>

Vasconcelos, C., & Orion, N. (2021). Earth science education as a key component of education for sustainability. Sustainability, 13(3), 1316. <https://doi.org/10.3390/su13031316>

Vasconcelos, C., Silva, J., Calheiros, C. S. C., Mikusiński, G., Iwińska, K., Skaltsa, I. G., & Krakowska, K. (2022). Teaching Sustainable Development Goals to University Students: A Cross-Country Case-Based Study. Sustainability, 14(3), 1593. <https://doi.org/10.3390/su14031593>

Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). *Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development*. Sustainability Science, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>

Xu, E., Feng, X., Ning, K. et al. (2025). The effectiveness of technical-supported collaboration in promoting students' learning outcomes: a meta-analysis based on empirical literature. Humanities and Social Sciences Communications

Yang, W., Zhang, X., Chen, X., Lu, J., & Tian, F. (2024). Based case-based learning and flipped classroom as a means to improve international students' active learning and

critical thinking ability. BMC Medical Education, 24, 759.
<https://doi.org/10.1186/s12909-024-05758-8>

Yli-Panula, E., Jeronen, E., Lemmetty, P., & Pauna, A. (2018). Teaching Methods in Biology Promoting Biodiversity Education. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su10103812>.

Zolotova, N., Kosyreva, A., Dzhililova, D., Fokichev, N., & Makarova, O. (2022). Harmful effects of the microplastic pollution on animal health: a literature review. PeerJ, 10, e13503. <https://doi.org/10.7717/peerj.13503>

Apêndices

Apêndice 1 – Planificação das aulas da IP

Ano Letivo: 2025/2026

Disciplina	Biologia e Geologia
Ano, turma	8.º ano, turmas D e E

Planificação de Aula

Número de aulas	5
Minutos	300 min.

Professor(a): Margarida Meneses Alves da Silva

Data: 14/04/2026

Contextualização curricular Domínio: Reprodução	
Aprendizagens Essenciais Transversais	Aprendizagens Essenciais Específicas
- Selecionar e organizar informação, a partir de fontes diversas e de forma cada vez mais autónoma, valorizando a utilização de tecnologias digitais e integrando saberes prévios para construir novos conhecimentos. - Construir explicações científicas baseadas em conceitos e evidências, obtidas através da realização de atividades práticas diversificadas – laboratoriais, experimentais, de campo – e planeadas para procurar responder a problemas formulados. - Aplicar as competências desenvolvidas em problemáticas atuais e em novos contextos. - Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com a CTSA.	- Analisar criticamente exemplos de impactos da ação humana que condicionem as teias alimentares, discutindo medidas de minimização dos mesmos nos ecossistemas. - Explicar o modo como as atividades dos seres vivos (alimentação, respiração, fotossíntese) interferem nos ciclos de matéria e promovem a sua reciclagem nos ecossistemas. Interpretar as principais fases dos ciclos da água, do carbono e do oxigénio, com base em informação diversificada (notícias, esquemas, gráficos, imagens) e valorizando saberes de outras disciplinas (ex.: Geografia e Ciências Físico-Químicas). - Analisar criticamente exemplos teoricamente enquadrados acerca do modo como a ação humana pode interferir nos ciclos de matéria e afetar os ecossistemas.
Competências	Descritores
- Linguagens e textos - Informação e comunicação - Pensamento crítico e pensamento criativo - Relacionamento interpessoal - Bem-estar, saúde e ambiente	A; B; D; E; G

Núcleo de estágio do grupo 520 – Ciências Naturais | Professor(a) Margarida Meneses Alves da Silva

Ano Letivo: 2025/2026

Campo conceptual	Fluxos de energia, ciclos da matéria, sustentabilidade na Terra
Metodologia de Ensino	Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos
Finalidade(s)	- Compreender as relações entre as ações antrópicas, ciclos da matéria e o equilíbrio dos ecossistemas. - Desenvolver o pensamento sistémico, da literacia ambiental e a consciência ambiental de modo a promover decisões responsáveis para a gestão sustentável de recursos.

Aula 1 (50 min.) – Turma completa	
Sumário	Resolução de uma ficha formativa.

Desenvolvimento da aula				
Professor(a)		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Entrega e explicação geral sobre a realização de uma ficha de trabalho (pré-teste) (50 min.)	Trabalho prático.	Ficha de trabalho.	Diagnosticar os conhecimentos prévios, competências e conceções iniciais dos alunos relativamente aos conteúdos e capacidades que serão desenvolvidos ao longo da IP.	Resolução da ficha de trabalho.

Avaliação das aprendizagens			
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens	Observações/TPC
Formativa	Ficha de Trabalho	Preenchimento da ficha de trabalho	

Núcleo de estágio do grupo 520 – Ciências Naturais | Professor(a) Margarida Meneses Alves da Silva

Ano Letivo: 2025/2026

Campo conceptual	Fluxos de energia, ciclos da matéria, sustentabilidade na Terra			
Metodologia de Ensino	Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos			
Finalidade(s)	- Compreender as relações entre as ações antrópicas, ciclos da matéria e o equilíbrio dos ecossistemas. - Desenvolver o pensamento sistémico, da literacia ambiental e a consciência ambiental de modo a promover decisões responsáveis para a gestão sustentável de recursos.			
Aula 1 (50 min.) – Turma completa				
Sumário	Resolução de uma ficha de trabalho.			
Desenvolvimento da aula				
Professor(a)		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Entrega e explicação geral sobre a realização de uma ficha de trabalho (pré-teste) (50 min.)	Trabalho prático.	Ficha de trabalho.	Diagnosticar os conhecimentos prévios, competências e conceções iniciais dos alunos relativamente aos conteúdos e capacidades que serão desenvolvidos ao longo da IP.	Resolução da ficha de trabalho.
Avaliação das aprendizagens				
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens		Observações/TPC
Formativa	Ficha de trabalho	Preenchimento da ficha de trabalho		

Núcleo de estágio do grupo 520 – Ciências Naturais| Professor(a) Margarida Meneses Alves da Silva

Ano Letivo: 2025/2026

Aula 2 (100 min.) – Turma completa				
Sumário	Introdução e exploração do caso: "Entre as Malhas da Pesca e da Moda".			
Desenvolvimento da aula				
Professor(a)			Alunos(as)	
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
2. Entrega e exploração do caso (100 min.)	• Trabalho prático. • Trabalho colaborativo • Questionamento • Exposição	• Caso • Cartões magnéticos • Vídeos	• Mobilizar conhecimentos científicos na análise e interpretação de problemáticas ambientais contextualizadas.	• Leitura e exploração do caso • Resposta (em grupos) às questões de exploração do caso.
Avaliação das aprendizagens				
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens		Observações/TPC
Formativa	• Questões de exploração do caso	• Resposta às questões de exploração do caso		
Aula 3 (100 min.) – Turma completa				
Sumário	Atividade prática laboratorial: Produção de um bioplástico.			
Desenvolvimento da aula				
Professor(a)			Alunos(as)	
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno

Núcleo de estágio do grupo 520 – Ciências Naturais| Professor(a) Margarida Meneses Alves da Silva

Ano Letivo: 2025/2026

3. Apresentação multimédia sobre Principios da Química Verde (15 min.)	- Trabalho prático laboratorial. - Trabalho colaborativo - Questionamento - Exposição	- Apresentação multimédia - V de Gowin - Material de laboratório	Mobilizar conhecimentos científicos sobre ciclos da matéria, recursos renováveis e sustentabilidade, promovendo o desenvolvimento de competências investigativas, pensamento sistémico e reflexão crítica.	- Produção de um bioplástico e respetiva elaboração de um V de Gowin - Avaliação da reação através da construção de uma Estrela de Verdura.
4. Realização da atividade prática laboratorial e preenchimento do V de Gowin da atividade (85 min.)				

Avaliação das aprendizagens			
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens	Observações/TPC
Formativa	V de Gowin	Preenchimento do V de Gowin	

Aula 4 (50 min.) – Turma completa	
Sumário	Resolução de uma ficha de trabalho.

Desenvolvimento da aula				
Professor(a)			Alunos(as)	
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
5. Entrega e realização de uma ficha de trabalho (pós-teste) (50 min.)	Trabalho prático.	Ficha de trabalho	Avaliar a evolução dos conhecimentos e da capacidade de mobilização dos conteúdos desenvolvidos ao longo da IP.	Resolução da ficha de trabalho.

Avaliação das aprendizagens			
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens	Observações/TPC

Núcleo de estágio do grupo 520 – Ciências Naturais| Professor(a) Margarida Meneses Alves da Silva

Ano Letivo: 2025/2026

Formativa	Ficha de trabalho	Preenchimento da ficha de trabalho	
-----------	---	--	--

Núcleo de estágio do grupo 520 – Ciências Naturais| Professor(a) Margarida Meneses Alves da Silva

Apêndice - 2 Pré e pós-teste (português)



balho | Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.º ano de Ciências Naturais
Ciências Naturais – 8.º ano

Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Código Aluno: _____

Data: ____/____/____

Grupo I – Fluxo de Energia

1. Observa a seguinte cadeia trófica:



Fig.1 - Exemplo de uma cadeia trófica marinha

1.1. A partir da cadeia trófica representada indica:

- Um consumidor que ocupe 4º nível trófico _____.
- Um produtor _____.
- Um ser autotrófico _____.
- Um ser heterotrófico _____.

2. Associa cada afirmação presente na coluna A ao seu efeito correspondente presente na coluna B.

Coluna A	Coluna B
1. Os microplásticos são dificilmente degradados no ambiente.	A. Permanecem muito tempo nos ecossistemas.
2. Os microplásticos são armazenados nos tecidos dos organismos.	B. Fenómeno de bioacumulação.
3. Observam-se maiores concentrações de microplásticos em organismos de níveis tróficos superiores.	C. Bioamplificação ao longo da cadeia alimentar.
4. Os microplásticos podem chegar ao ser humano através da alimentação.	D. Risco para a saúde humana.

1. ____ 2. ____ 3. ____ 4. ____

3. As redes de pesca abandonadas representam um grave problema para os ecossistemas marinhos, pois degradam-se em microplásticos que são ingeridos por espécies como a sardinha. Além disso, práticas de pesca intensiva são também uma séria ameaça para estas populações.

3.1. Refere, dando dois exemplos, de que forma estes problemas que afetam as populações de sardinhas podem prejudicar as populações de atuns.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.º ano de Ciências Naturais | Ficha de Trabalho

Grupo II – Ciclos da Matéria

- A infiltração é o processo através do qual:
 - a água passa do estado líquido para o estado gasoso.
 - a água penetra o solo e abastece as reservas de água subterrâneas.
 - a água escoa pela superfície até aos rios e oceanos.
 - a água se acumula nas nuvens antes de precipitar.
- Os moluscos, como as ostras e os mexilhões, utilizam carbono dissolvido na água do mar para formar as suas conchas compostas por carbonato de cálcio (CaCO_3). Este processo contribui para:
 - a fixação de carbono nas conchas dos organismos marinhos.
 - a produção de CO_2 através da atividade metabólica dos moluscos.
 - o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera.
 - a produção de carbono pelas conchas dos organismos marinhos
- As algas e plantas marinhas desempenham um papel essencial nos ciclos do carbono e oxigénio. Durante a ____a____, estas retiram o ____b____ dissolvido nos oceanos, libertando ____c____. Através de práticas humanas, como a pesca por arrasto, as algas e plantas marinhas são destruídas, libertando o ____d____ de volta para os oceanos.

a)	b)	c)	d)
fotossíntese	oxigénio (O_2)	dióxido de carbono (CO_2)	oxigénio (O_2)
respiração	dióxido de carbono (CO_2)	oxigénio (O_2)	dióxido de carbono (CO_2)
fotossíntese	oxigénio (O_2)	dióxido de carbono (CO_2)	oxigénio (O_2)
respiração	dióxido de carbono (CO_2)	oxigénio (O_2)	dióxido de carbono (CO_2)

- Os organismos fotossintéticos marinhos, como as algas, capturam grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) que se encontra dissolvido na água, proveniente da atmosfera.

Relaciona a captação de dióxido de carbono (CO_2) por parte desses organismos com a regulação da temperatura do planeta Terra.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais| Ficha de Trabalho

Grupo III – Consciência Ambiental

1. Indica uma atitude tua que possa interferir de forma negativa:
 - 1.1 No ciclo da água.
 - 1.2 No ciclo do carbono.
 - 1.3 No ciclo do oxigénio.
2. Refere duas ações que podes adotar para tornar os teus hábitos de consumo mais sustentáveis.
3. A atividade industrial pode ter impactos significativos no ambiente. Muitos processos industriais consomem grandes quantidades de recursos naturais, produzem resíduos e originam diferentes tipos de poluição. Estes efeitos podem alterar ecossistemas, afetar a qualidade da água, do solo e do ar, e contribuir para o aumento de resíduos no planeta. Por isso, é essencial que as indústrias adotem práticas mais sustentáveis, reduzindo o desperdício, utilizando recursos de forma responsável e procurando alternativas mais amigas do ambiente.
 - 3.1. Menciona três situações que demonstrem como a indústria pode afetar negativamente o meio ambiente.
 - 3.2. Sugere duas mudanças para tornar essa atividade mais sustentável.

Bom trabalho!

Apêndice 3 - Pré e pós-teste (inglês)



balho | Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.º ano de Ciências Naturais
Ciências Naturais – 8.º ano

Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Student Code: _____

Date: ____/____/____

Group I – Energy Flow

1. Observe the following food chain :



Fig.1 – Example of a marine food chain

Based on the represented food chain, indicate:

- A consumer occupying the 4th trophic level _____.
- A producer _____.
- An autotrophic organism _____.
- A heterotrophic organism _____.

2. Match each statement in column A with its corresponding effect in column B.

Column A	Column B
1. Microplastics are difficult to degrade in the environment.	A. They remain in ecosystems for a long time.
2. Microplastics are stored in the tissues of organisms.	B. Bioaccumulation phenomenon.
3. Higher concentrations of microplastics are observed in organisms at higher trophic levels.	C. Biomagnification along the food chain.
4. Microplastics can reach humans through food consumption.	D. Risk to human health.

1. ____ 2. ____ 3. ____ 4. ____

3. Abandoned fishing nets represent a serious problem for marine ecosystems, as they degrade into microplastics that are ingested by species such as sardines. In addition, intensive fishing practices are also a serious threat to these populations.

3.1. State, giving two examples, how these problems affecting sardine populations may harm tuna populations.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais| Ficha de Trabalho

Group II – Matter Cycles

1. Infiltration is the process through which:
 - a) water changes from liquid to gaseous state.
 - b) water penetrates the soil and replenishes groundwater reserves.
 - c) water flows over the surface into rivers and oceans.
 - d) water accumulates in clouds before precipitation.

2. Mollusks, such as oysters and mussels, use dissolved carbon in seawater to form their shells made of calcium carbonate (CaCO_3). This process contributes to:
 - a) the carbon fixation of in the shells of marine organisms.
 - b) the production of CO_2 through the metabolic activity of mollusks.
 - c) the increase in CO_2 concentration in the atmosphere.
 - d) the production of carbon by the shells of marine organisms.

3. Algae and marine plants play an essential role in the carbon and oxygen cycles. During a , they remove dissolved b from the oceans, releasing c . Through human practices such as trawling, algae and marine plants are destroyed, releasing d back into the oceans.

a)	b)	c)	d)
photosynthesis	oxygen (O_2)	carbon dioxide (CO_2)	oxygen (O_2)
respiration	carbon dioxide (CO_2)	oxygen (O_2)	carbon dioxide (CO_2)
photosynthesis	oxygen (O_2)	carbon dioxide (CO_2)	oxygen (O_2)
respiration	carbon dioxide (CO_2)	oxygen (O_2)	carbon dioxide (CO_2)

4. Marine photosynthetic organisms, such as algae, capture large amounts of carbon dioxide (CO_2) dissolved in water, originating from the atmosphere.

Relate the uptake of carbon dioxide (CO_2) by these organisms to the regulation of Earth's temperature.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais| Ficha de Trabalho

Group III – Environmental Awareness

1. Indicate one of your actions that may negatively impact:
 - 1.1 In the water cycle.
 - 1.2 In the carbon cycle.
 - 1.3 In the oxygen cycle.
2. State two actions you can adopt to make your consumption habits more sustainable.
3. Industrial activity can have significant impacts on the environment. Many industrial processes consume large amounts of natural resources, produce waste, and generate different types of pollution. These effects can alter ecosystems, affect the quality of water, soil, and air, and contribute to the increase of waste on the planet. Therefore, it is essential for industries to adopt more sustainable practices, reducing waste, using resources responsibly, and seeking more environmentally friendly alternatives.
 - 3.1. Mention three situations that show how the industry can negatively affect the environment.
 - 3.2. Suggest two changes to make this activity more sustainable.

Good Work!

Apêndice 4 - Caso versão alunos (português)



Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Caso: I – A pesca e o seu impacto nos ecossistemas marinhos



Compilação de vídeos das redes sociais de animais marinhos presos em redes fantasma

Nas redes sociais são frequentemente partilhados vídeos de animais marinhos presos em redes de pesca. Muitos destes animais acabam feridos e, por vezes, não sobrevivem.

Mas de onde vêm estas redes que ficam à deriva no oceano?

Algumas redes perdem-se durante tempestades, acidentes ou durante as atividades de pesca. Outras acabam por ser abandonadas no mar. Mesmo sem a presença de pescadores, estas redes continuam a capturar animais durante muito tempo. São conhecidas como **redes fantasma**.

A pesca é essencial para a nossa alimentação e para a economia de muitas regiões costeiras. No entanto, quando a captura de certas espécies é demasiado intensa, podem surgir problemas na gestão dos recursos marinhos.

O que são os recursos marinhos e porque que é importante a gestão destes recursos?

Em Portugal, onde a sardinha (*Sardina pilchardus*) é muito consumida, sobretudo durante a época dos Santos Populares, a diminuição das suas populações levou à implementação de limites à pesca para permitir a recuperação da espécie.

A redução das populações de seres vivos marinhos não afeta apenas a disponibilidade de recursos alimentares. Estes fazem parte das cadeias alimentares e participam na circulação de matéria nos ecossistemas marinhos. Assim, a sobrepesca pode alterar processos naturais ligados aos ciclos da matéria nos oceanos.

As técnicas de pesca utilizadas também influenciam o estado das populações.

A sardinha é pescada sobretudo por **pesca de arrasto**, como exemplificado na figura 1. Esta técnica permite capturar grandes quantidades de peixe de uma só vez. No entanto, pode contribuir para a diminuição ou mesmo extinção das populações, para a captura accidental de outras espécies e para a destruição de habitats no fundo do oceano, como pradarias marinhas e florestas de laminárias (kelp), que **capturam dióxido de carbono (CO₂)** da atmosfera, ajudando a regular a



Figura 1. Esquema da prática de pesca por arrasto. Imagem adaptada de: <https://www.joeshoulak.com>

temperatura média do planeta. Além disso, estes organismos **produzem oxigénio**, essencial para a respiração de muitos seres vivos marinhos e para o **equilíbrio dos ecossistemas dos oceanos**.

Qual o processo responsável pela captura de CO₂ e libertação de O₂ para o meio ambiente?

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva



Vídeo "Ocean with David Attenborough | Bottom Trawling Official Clip".



Compilação de excertos do vídeo "Forgotten Forest: Regenerating the Kelp Forest Highway by National Geographic".

1. Indica o papel das pradarias marinhas e das florestas de laminárias (kelp) na regulação dos ciclos da matéria.

Outro aspeto importante a considerar é o material utilizado nas redes de pesca. Estas redes são feitas de plásticos muito resistentes, como o nylon, o que faz com que permaneçam no oceano durante muito tempo quando são perdidas ou abandonadas.

Sabias que cerca de 46% dos plásticos que existem nos oceanos provêm da atividade pesqueira?

Quando ficam no mar durante longos períodos, estes materiais degradam-se lentamente e podem originar partículas muito pequenas chamadas microplásticos (representados na figura 2).

Estes microplásticos podem ser ingeridos por diferentes organismos ao longo das cadeias alimentares.



Figura 2. Microplásticos encontrados numa praia.
Imagem retirada de: <https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/microplasticos-ameaca-a-saude>

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

O que vai acontecer à quantidade de microplásticos existentes nos seres vivos ao longo de cada nível trófico? Haverá alguma consequência para o ser humano?



2. Associa o aumento da concentração de microplásticos nos oceanos com possíveis problemas para a saúde humana.

Caso: II – *Fast fashion*: Da indústria ao oceano

Grande parte da roupa consumida atualmente é produzida segundo o modelo de *fast fashion*.



Compilação de excertos do Documentário "The Dark Truth Behind Fast Fashion - Inside the Shein Machine"

Mas o que é a *fast fashion*?

Este é um modelo caracterizado pela produção de roupa rápida, em grande quantidade e a baixo custo. Este modelo promove a constante renovação das tendências, fazendo com que muitas peças deixem rapidamente de estar "na moda" e sejam produzidas com materiais baratos e para durarem menos tempo.

Para além disso, esta roupa é feita em fábricas chamadas *sweatshops*, que oferecem más condições de trabalho, salários muito baixos ou mesmo recorrendo a trabalho escravo, o que contribui para reduzir ainda mais os custos de produção das suas roupas. Na figura 3 podemos observar o desabamento de uma *sweatshop* devido ao uso de materiais de baixa qualidade na sua construção e à falta de manutenção do edifício, o que levou à morte de milhares de pessoas.



Figura 3. Desabamento de uma *sweatshop* no Bangladesh. Imagem retirada de: <https://www.fashionnetwork.com/news/Rana-plaza-ten-years-later-has-the-fashion-industry-learned-its-lesson-1506162.html>

3. Identifica duas práticas que tomem a roupa produzida por marcas de *fast fashion* que diminuam o seu custo.

Como consequência, os consumidores tendem a comprar roupa com maior frequência. Estima-se que, na Europa, cada peça de roupa seja utilizada, em média, apenas sete a oito vezes antes de ser deitada fora.

E o que é que acontece a essa roupa que é descartada?

Grande parte desta roupa é exportada da Europa para países de terceiro mundo como o Gana, onde se acumula em aterros de resíduos têxteis, como podemos observar na figura 4. Estes aterros são locais húmidos e muito pouco higiénicos e que contribuem para a contaminação dos solos e cursos de água devido aos produtos químicos libertados pelas roupas.

Muitas vezes essas roupas são queimadas, libertando gases tóxicos para a atmosfera.



Figura 4. Montanha de roupa descartada numa praia do Gana. Imagem retirada de: <https://www.mirror.co.uk/news/uk-news/mountain-unwanted-clothes-uk-washes-27586283>

Outro problema, é que muitas destas peças são feitas de fibras sintéticas, como o poliéster e o nylon, que são produzidos a partir do petróleo. Este é um recurso não-renovável e que envolve a queima de combustíveis fósseis, libertando dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera. O aumento da concentração deste gás de efeito de estufa contribui para o aumento da temperatura média do planeta.

Além disso, quando são lavadas, as peças de roupa libertam microfibras, como os microplásticos, que acabam nos rios e oceanos. Estima-se que entre 25% e 35% dos microplásticos marinhos tenham origem em fibras têxteis. Estas partículas chegam até aos oceanos e, como já vimos, podem ser ingeridas por organismos marinhos, entrando nas cadeias alimentares.

Para evitar este problema, muitas indústrias ligadas à moda decidem usar têxteis de origem natural, como o algodão. No entanto, as fibras naturais também podem ter impactes negativos nos ecossistemas.



Figura 5. Poluição dos cursos de água por uma fábrica de produção de têxteis. Imagem retirada de: <https://textilefocus.com/reuse-of-wastewater-in-the-textile-industry/>

O algodão exige grandes quantidades de água para a sua produção, e o seu cultivo envolve frequentemente o uso de pesticidas e fertilizantes químicos que contaminam os solos e se infiltram nos cursos de água, podendo chegar aos oceanos. Além disso, a confeção de roupas de algodão, como calças de ganga, são utilizados processos que implicam uma utilização intensiva de químicos, como corantes sintéticos. Na figura 5 podemos ver a libertação da água contaminada com esses químicos para o meio ambiente.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Para a produção de 1 Kg de algodão são necessários cerca de 10 000 litros de água.

Para diminuir estes impactes, a indústria da moda pode adotar práticas mais sustentáveis, como usar materiais reciclados, reduzir o consumo de água na produção dos têxteis e diminuir o uso de substâncias químicas poluentes.



Figura 6. A patagónia oferece o reparo das peças de roupa da sua marca. Imagem retirada de: <https://www.bougerabordeaux.com/actu/news/patagonia-repare-gratuitement-vos-vetements-a-bordeaux/>

Adicionalmente, algumas marcas já incentivam a reutilização e o prolongamento da vida útil da sua roupa. Como podemos ver na figura 6, marca "patagónia", tem programas de reparação das suas peças, incentivando os clientes a consertar a roupa em vez de comprar novas peças. Este tipo de iniciativa ajuda a reduzir o desperdício têxtil e a diminuir os impactes ambientais da indústria da moda.

4. Menciona duas ações que a indústria da moda possa adotar para reduzir os seus impactes no meio ambiente.

Caso: III – O mar como futuro



Excerto do Vídeo "Como Ostras Mudam Ondas e... as Paredes de Tua Casa?"

Para além dos impactos ambientais, a pesca pode também contribuir para soluções mais sustentáveis através do reaproveitamento de subprodutos que antes eram considerados desperdício. Estes podem ser utilizados na produção de fertilizantes, alimentos para animais ou novos materiais, reduzindo o desperdício desta indústria e permitindo que o carbono presente nos organismos marinhos volte a entrar nos ciclos da matéria.

Outra alternativa é o desenvolvimento de biomateriais a partir de algas ou, por exemplo, cascas de camarão ou conchas de ostras, que podem substituir fibras sintéticas derivadas do petróleo e ajudar a diminuir a poluição por microplásticos. No entanto, estas soluções ainda não estão desenvolvidas o suficiente para substituir os materiais atualmente utilizados.

Então, o que podemos fazer?

Assim, cabe-nos também adotar escolhas mais conscientes, como diversificar a nossa alimentação, escolhendo consumir peixe proveniente de pescas que respeitem boas práticas e gestão sustentável dos recursos marinhos. Na escolha do peixe que comes, podes sempre conferir se este possui alguma certificação de pesca sustentável, como a Marine Stewardship Council (representada na figura 7).



Figura 7. Certificado de pesca sustentável MSC. Imagem retirada de: <https://mariberica.pt/mar-iberica-recebe-a-certificacao-msc-procure-pelo-selo-azul/>

Paralelamente, a redução do consumo de roupa e a reutilização de peças, através de feiras locais ou plataformas de compra e venda de roupa em segunda mão, como a Vinted (representada na figura 8), ajudam a diminuir a exploração de recursos e a produção excessiva de resíduos, contribuindo para um modelo de consumo mais sustentável.



Figura 8. Vinted - plataforma online de compra e venda de roupa em segunda mão. Imagem retirada de: <https://sklep.alibag.pl/en/blogs/news/jak-wysylac-ubrania-na-vinted-w-kilku-prostych-krokach>

5. Indica uma forma de tornar a indústria da pesca mais sustentável, reduzindo os desperdícios por ela provocados.
6. Reflete sobre os teus hábitos de consumo na tua rotina diária, como a tua alimentação e aquisição de roupa e propõe duas alternativas para os tornar mais sustentáveis.

Apêndice 5 - Caso versão alunos (inglês)



Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Case: I – Fishing and its impact on marine ecosystems



Compilation of social media videos of marine animals trapped in ghost nets

On social media, videos of marine animals caught in fishing nets are frequently shared. Many of these animals end up injured and sometimes do not survive.

But where do these nets drifting in the ocean come from?

Some nets are lost during storms, accidents, or fishing activities. Others are abandoned at sea. Even without the presence of fishers, these nets continue to trap animals

for long periods. They are known as **ghost nets**.

Fishing is essential for our food supply and for the economy of many coastal regions. However, when the capture of certain species becomes too intense, problems in the management of marine resources may arise.

What are marine resources, and why is it important to manage them?

In Portugal, where sardines (*Sardina pilchardus*) are widely consumed, especially during the Popular Saints festivities, the decline in their populations led to the implementation of fishing limits to allow the species to recover.

The reduction of marine living populations does not only affect the availability of food resources. These organisms are part of food chains and participate in the cycling of matter in marine ecosystems. Therefore, overfishing can alter natural processes related to matter cycles in the oceans.

The fishing techniques that are used also influence the condition of populations.

Sardines are mainly caught using **trawling**, as illustrated in figure 1. This technique allows large quantities of fish to be captured at once. However, it can contribute to the decline or even extinction of populations, the accidental capture of other species, and the destruction of seabed habitats, such as seagrass meadows and kelp forests, which capture carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere, helping



Figure 1. Diagram of trawling fishing practice. Image adapted from: <https://www.iceshoulak.com>

to regulate the planet's average temperature.

In addition, these organisms produce oxygen, which is essential for the respiration of many marine living beings and for maintaining the balance of ocean ecosystems.

What is the process responsible for capturing CO₂ and releasing O₂ into the environment?

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva



Video "Ocean with David Attenborough | Bottom Trawling Official Clip".



Compilation of video excerpts from "Forgotten Forest: Regenerating the Kelp Forest Highway by National Geographic".

1. Indicate the role of seagrass meadows and kelp forests in regulating matter cycles.

Another important aspect to consider is the material used in fishing nets. These nets are made of **highly resistant plastics**, such as nylon, which allows them to remain in the ocean for a long time when they are lost or abandoned.

Did you know that about 46% of the plastics found in the oceans come from fishing activities?

When they remain in the sea for long periods, these materials slowly degrade and may form very small particles called **microplastics** (as shown in figure 2). These microplastics can be ingested by different organisms throughout food chains.



Figure 2. Microplastics found on a beach. Image taken from: <https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/microplasticos-ameaca-a-saude>

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

What will happen to the amount of microplastics present in living organisms across each trophic level? Will there be any consequences for humans?



2. Relate the increase in microplastic concentration in the oceans to possible problems for human health.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Case: II – *Fast fashion*: From the industry to the ocean

A large portion of the clothing consumed today is produced according to the fast fashion model.



Compilation of excerpts from the documentary "The Dark Truth Behind Fast Fashion - Inside the Shein Machine"

But what is *fast fashion*?

This is a model characterized by the rapid production of clothing, in large quantities and at low cost. This model promotes the constant renewal of trends, causing many items to quickly go "out of fashion" and be produced with cheap materials designed to last for a shorter time.

In addition, these clothes are made in factories known as sweatshops, which often offer poor working conditions, very low wages, or even rely on forced labor, further reducing production costs.

In figure 3, we can observe the collapse of a sweatshop due to the use of low-quality materials in its construction and the lack of building maintenance, which led to the deaths of thousands of people.



Figure 3. Collapse of a sweatshop in Bangladesh. Image taken from: <https://www.fashionnetwork.com/news/Rana-plaza-ten-years-later-has-the-fashion-industry-learned-its-lesson-1506162.html>

3. Identify two practices used by fast fashion brands that reduce the cost of clothing production.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

As a result, consumers tend to buy clothing more frequently. It is estimated that, in Europe, each garment is worn on average only seven to eight times before being discarded.

And what happens to that discarded clothing?

A large portion of this clothing is exported from Europe to developing countries such as Ghana, where it accumulates in textile waste landfills, as shown in figure 4. These landfills are humid and very unhygienic places that contribute to the contamination of soils and waterways due to the chemicals released by the clothes.

These clothes are often burned, releasing toxic gases into the atmosphere.



Figure 4. Pile of discarded clothing on a beach in Ghana. Image taken from: <https://www.mirror.co.uk/news/uk-news/mountain-unwanted-clothes-uk-washes-27586283>

Another problem is that many of these garments are made from synthetic fibers, such as polyester and nylon, which are produced from petroleum. This is a non-renewable resource that involves the burning of fossil fuels, releasing carbon dioxide (CO₂) into the atmosphere. The increase in the concentration of this greenhouse gas contributes to the rise in the planet's average temperature.

In addition, when clothes are washed, they release microfibers, such as microplastics, which end up in rivers and oceans. It is estimated that between 25% and 35% of marine microplastics originate from textile fibers. These particles eventually reach the oceans and, as previously discussed, can be ingested by marine organisms, entering food chains.

To avoid this problem, many fashion-related industries choose to use textiles of natural origin, such as cotton. However, natural fibers can also have negative impacts on ecosystems.



Figure 5. Waterway pollution caused by a textile manufacturing factory. Image taken from: <https://textilefocus.com/reuse-of-wastewater-in-the-textile-industry/>

Cotton requires large amounts of water for its production, and its cultivation often involves the use of pesticides and chemical fertilizers that contaminate soils and seep into waterways, eventually reaching the oceans. In addition, the manufacture of cotton clothes, such as denim jeans, involves processes that require intensive use of chemicals, such as synthetic dyes. In figure 5, we can see the release of water contaminated with these chemicals into the environment.

Approximately 10,000 liters of water are required to produce 1 kg of cotton.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

To reduce these impacts, the fashion industry can adopt more sustainable practices, such as using recycled materials, reducing water consumption in textile production, and decreasing the use of polluting chemical substances.



Figure 6. Patagonia offers repair services for its clothing items. Image taken from: <https://www.bougerabordeaux.com/actu/news/patagonia-repare-gratuitement-vos-vetements-a-bordeaux/>

Also, some brands already encourage reuse and extending the lifespan of their clothing. As shown in figure 6, the brand "patagonia" has repair programs for its garments, encouraging customers to fix their clothes instead of buying new items. This type of initiative helps reduce textile waste and decrease the environmental impacts of the fashion industry.

3. Mention two actions that the fashion industry can adopt to reduce its environmental impacts.

Case: III – The sea as the future



Video excerpt of "Como Ostras Mudam Ondas e... as Paredes de Tua Casa?"

In addition to environmental impacts, fishing can also contribute to more sustainable solutions through the reuse of by-products that were previously considered waste. These can be used in the production of fertilizers, animal feed, or new materials, reducing waste in this industry and allowing the carbon present in marine organisms to re-enter matter cycles.

Another alternative is the development of biomaterials from algae or, for example, shrimp shells or oyster shells, which can replace synthetic fibers derived from petroleum and help reduce microplastic pollution. However, these solutions are not yet sufficiently developed to replace the materials currently in use.

So, what can we do?

Therefore, it is also up to us to adopt more conscious choices, such as diversifying our diet and choosing to consume fish from fisheries that follow good practices and sustainable management of marine resources. When choosing the fish you eat, you can always check whether it has a sustainable fishing certification, such as the Marine Stewardship Council (shown in figure 7).



Figure 7. Sustainable fishing certification MSC. Image taken from: <https://mariberica.pt/mar-iberica-recebe-a-certificacao-msc-procure-pelo-selo-azul/>

At the same time, reducing clothing consumption and reusing garments through local markets or second-hand clothing platforms, such as Vinted (shown in figure 8), help decrease resource exploitation and excessive waste production, contributing to a more sustainable consumption model.



Figura 8. Vinted - online platform for buying and selling second-hand clothing. Image taken from: <https://sklep.allbag.pl/en/blogs/news/jak-wysylac-ubrania-na-vinted-w-kilku-prostych-krokach>

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

3. State one way to make the fishing industry more sustainable by reducing the waste it generates.
4. Reflect on your consumption habits in your daily routine, such as your diet and clothing purchases, and propose two alternatives to make them more sustainable.

Apêndice 6 – Caso Completo



Caso | Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.º ano de Ciências Naturais

Ciências Naturais – 8.º ano

Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Autor: Margarida Meneses Alves da Silva

Título: Entre as Malhas da Pesca e da Moda

Áreas Científicas: Ciências Naturais

Ano de Escolaridade: 8º ano

Nº de aulas: 3

Duração: 200 minutos

Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (Agenda 2030 da ONU):



- **ODS 4 – Educação de Qualidade:**
- **Meta 4.7 –** Até 2030 garantir que todos os alunos adquiram os conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive por meio da educação para o desenvolvimento e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável

(ONU, 2015, p.21)



- **ODS 12 – Produção e Consumo Sustentáveis:**
- **Meta 12.2 –** Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

(ONU, 2015, p.26)



- **ODS 14 – Proteger a Vida Marinha:**
- **Meta 14.1 –** Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marítima de todos os tipos, especialmente a que advém de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes.

(ONU, 2015, p.28)

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Aprendizagens Essenciais:

- Ciências Naturais, 8º ano:
- Analisar criticamente exemplos de impactes da ação humana que condicionem as teias alimentares, discutindo medidas de minimização dos mesmos nos ecossistemas.
- Explicar o modo como as atividades dos seres vivos (alimentação, respiração, fotossíntese) interferem nos ciclos de matéria e promovem a sua reciclagem nos ecossistemas.
- Interpretar as principais fases dos ciclos da água, do carbono e do oxigénio, com base em informação diversificada (notícias, esquemas, gráficos, imagens) e valorizando saberes de outras disciplinas (ex.: Geografia e Ciências Físico-Químicas).
- Analisar criticamente exemplos teoricamente enquadrados acerca do modo como a ação humana pode interferir nos ciclos de matéria e afetar os ecossistemas.

(DGE, 2018, p.9)

Competências (PASEO):

- Linguagens e textos (A)
- Informação e comunicação (B)
- Pensamento crítico e pensamento criativo (D)
- Relacionamento interpessoal (E)
- Bem-estar, saúde e ambiente (G)

(DGE, 2018, p.6)

Pré-requisitos: Fluxos de energia; Ciclos da matéria.

Finalidades:

- Compreender as relações entre as ações antrópicas, ciclos da matéria e o equilíbrio dos ecossistemas.
- Desenvolver o pensamento sistémico e a consciência ambiental de modo a promover decisões responsáveis para a gestão sustentável de recursos.

Metodologia de Ensino: Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos

Estratégias:

- Exposição
- Questionamento
- Trabalho Prático
- Trabalho Prático Laboratorial
- Trabalho Colaborativo

Procedimento:

Primeira Aula (50 minutos).

1. Apresentação do caso aos alunos através da visualização de uma compilação de vídeos das redes sociais onde se podem observar diversos animais marinhos presos em redes de pesca abandonadas - redes fantasma.
2. Exploração da primeira parte do caso: "**A pesca e o seu impacte nos ecossistemas marinhos**" e visualização do vídeo "Ocean with David Attenborough | Bottom Trawling Official Clip".e de uma compilação de excertos do vídeo "Forgotten Forest: Regenerating the Kelp Forest Highway | National Geographic".
3. Realização da Atividade Prática: Os microplásticos nas cadeias tróficas.
4. Resposta às questões de exploração 1 e 2

Segunda Aula (50 minutos).

1. Exploração da segunda parte do caso: "**Fast Fashion: Da roupa ao oceano**".
2. Visualização de uma compilação de excertos do documentário: "The Dark Truth Behind Fast Fashion - Inside the Shein Machine".
3. Resposta às questões de exploração 3 e 4.
4. Formação dos grupos de trabalho (de quatro alunos cada).
5. Introdução à atividade prática: "**Quanto custa a minha roupa?**" que será realizada de forma assíncrona e posteriormente exposta à comunidade escolar.

Para casa:

6. Leitura da terceira parte do caso: "**O mar como futuro**" e visualização de uma compilação de excertos do vídeo: "Como Ostras Mudam Ondas e... as Paredes de Tua Casa?".
7. Resposta às questões de exploração 6 e 7.

Terceira Aula (100 minutos).

1. Divisão da turma em grupos de quatro a cinco alunos.
2. Realização de um Trabalho Laboratorial de produção de um bioplástico.
3. Preenchimento de um V de Gowin (individual) referente à produção do bioplástico.

Caso: I – A pesca e o seu impacto nos ecossistemas marinhos



Compilação de vídeos das redes sociais de animais marinhos presos em redes fantasma

Nas redes sociais são frequentemente partilhados vídeos de animais marinhos presos em redes de pesca. Muitos destes animais acabam feridos e, por vezes, não sobrevivem.

Mas de onde vêm estas redes que ficam à deriva no oceano?

Algumas redes perdem-se durante tempestades, acidentes ou durante as atividades de pesca. Outras acabam por ser abandonadas no mar. Mesmo sem a presença de pescadores, estas redes continuam a capturar animais durante muito tempo. São conhecidas como **redes fantasma**.

A pesca é essencial para a nossa alimentação e para a economia de muitas regiões costeiras. No entanto, quando a captura de certas espécies é demasiado intensa, podem surgir problemas na gestão dos recursos marinhos.

O que são os recursos marinhos e porque que é importante a gestão destes recursos?

Em Portugal, onde a sardinha (*Sardina pilchardus*) é muito consumida, sobretudo durante a época dos Santos Populares, a diminuição das suas populações levou à implementação de limites à pesca para permitir a recuperação da espécie.

A redução das populações de seres vivos marinhos não afeta apenas a disponibilidade de recursos alimentares. Estes fazem parte das cadeias alimentares e participam na circulação de matéria nos ecossistemas marinhos. Assim, a sobrepesca pode alterar processos naturais ligados aos ciclos da matéria nos oceanos.

As técnicas de pesca utilizadas também influenciam o estado das populações.

A sardinha é pescada sobretudo por **pesca de arrasto**, como exemplificado na figura 1. Esta técnica permite capturar grandes quantidades de peixe de uma só vez. No entanto, pode contribuir para a diminuição ou mesmo extinção das populações, para a captura accidental de outras espécies e para a destruição de habitats no fundo do oceano, como pradarias marinhas e florestas de laminárias (kelp), que **capturam dióxido de carbono (CO₂)** da atmosfera, ajudando a regular a



Figura 1. Esquema da prática de pesca por arrasto.
Imagem adaptada de: <https://www.joeshoulak.com>

temperatura média do planeta. Além disso, estes organismos **produzem oxigénio**, essencial para a respiração de muitos seres vivos marinhos e para o **equilíbrio dos ecossistemas dos oceanos.**

Qual o processo responsável pela captura de CO₂ e libertação de O₂ para o meio ambiente?

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva



Vídeo "Ocean with David Attenborough | Bottom Trawling Official Clip".



Compilação de excertos do vídeo "Forgotten Forest: Regenerating the Kelp Forest Highway by National Geographic".

1. Indica o papel das pradarias marinhas e das florestas de laminárias (kelp) na regulação dos ciclos da matéria.

Outro aspeto importante a considerar é o material utilizado nas redes de pesca. Estas redes são feitas de plásticos muito resistentes, como o nylon, o que faz com que permaneçam no oceano durante muito tempo quando são perdidas ou abandonadas.

Sabias que cerca de 46% dos plásticos que existem nos oceanos provêm da atividade pesqueira?

Quando ficam no mar durante longos períodos, estes materiais degradam-se lentamente e podem originar partículas muito pequenas chamadas microplásticos (representados na figura 2).

Estes microplásticos podem ser ingeridos por diferentes organismos ao longo das cadeias alimentares.



Figura 2. Microplásticos encontrados numa praia.
Imagem retirada de: <https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/microplasticos-ameaca-a-saude>

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

O que vai acontecer à quantidade de microplásticos existentes nos seres vivos ao longo de cada nível trófico? Haverá alguma consequência para o ser humano?



2. Associa o aumento da concentração de microplásticos nos oceanos com possíveis problemas para a saúde humana.

Caso: II – *Fast fashion*: Da indústria ao oceano

Grande parte da roupa consumida atualmente é produzida segundo o modelo de *fast fashion*.



Compilação de excertos do Documentário "The Dark Truth Behind Fast Fashion - Inside the Shein Machine"

Mas o que é a *fast fashion*?

Este é um modelo caracterizado pela produção de roupa rápida, em grande quantidade e a baixo custo. Este modelo promove a constante renovação das tendências, fazendo com que muitas peças deixem rapidamente de estar "na moda" e sejam produzidas com materiais baratos e para durarem menos tempo.

Para além disso, esta roupa é feita em fábricas chamadas *sweatshops*, que oferecem más condições de trabalho, salários muito baixos ou mesmo recorrendo a trabalho escravo, o que contribui para reduzir ainda mais os custos de produção das suas roupas. Na figura 3 podemos observar o desabamento de uma *sweatshop* devido ao uso de materiais de baixa qualidade na sua construção e à falta de manutenção do edifício, o que levou à morte de milhares de pessoas.



Figura 3. Desabamento de uma *sweatshop* no Bangladesh. Imagem retirada de: <https://www.fashionnetwork.com/news/Rana-plaza-ten-years-later-has-the-fashion-industry-learned-its-lesson-1506162.html>

3. Identifica duas práticas que tomem a roupa produzida por marcas de *fast fashion* que diminuam o seu custo.

Como consequência, os consumidores tendem a comprar roupa com maior frequência. Estima-se que, na Europa, cada peça de roupa seja utilizada, em média, apenas sete a oito vezes antes de ser deitada fora.

E o que é que acontece a essa roupa que é descartada?

Grande parte desta roupa é exportada da Europa para países de terceiro mundo como o Gana, onde se acumula em aterros de resíduos têxteis, como podemos observar na figura 4. Estes aterros são locais húmidos e muito pouco higiénicos e que contribuem para a contaminação dos solos e cursos de água devido aos produtos químicos libertados pelas roupas.

Muitas vezes essas roupas são queimadas, libertando gases tóxicos para a atmosfera.



Figura 4. Montanha de roupa descartada numa praia do Gana. Imagem retirada de: <https://www.mirror.co.uk/news/uk-news/mountain-unwanted-clothes-uk-washes-27586283>

Outro problema, é que muitas destas peças são feitas de fibras sintéticas, como o poliéster e o nylon, que são produzidos a partir do petróleo. Este é um recurso não-renovável e que envolve a queima de combustíveis fósseis, libertando dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera. O aumento da concentração deste gás de efeito de estufa contribui para o aumento da temperatura média do planeta.

Além disso, quando são lavadas, as peças de roupa libertam microfibras, como os microplásticos, que acabam nos rios e oceanos. Estima-se que entre 25% e 35% dos microplásticos marinhos tenham origem em fibras têxteis. Estas partículas chegam até aos oceanos e, como já vimos, podem ser ingeridas por organismos marinhos, entrando nas cadeias alimentares.

Para evitar este problema, muitas indústrias ligadas à moda decidem usar têxteis de origem natural, como o algodão. No entanto, as fibras naturais também podem ter impactes negativos nos ecossistemas.



Figura 5. Poluição dos cursos de água por uma fábrica de produção de têxteis. Imagem retirada de: <https://textilefocus.com/reuse-of-wastewater-in-the-textile-industry/>

O algodão exige grandes quantidades de água para a sua produção, e o seu cultivo envolve frequentemente o uso de pesticidas e fertilizantes químicos que contaminam os solos e se infiltram nos cursos de água, podendo chegar aos oceanos. Além disso, a confeção de roupas de algodão, como calças de ganga, são utilizados processos que implicam uma utilização intensiva de químicos, como corantes sintéticos. Na figura 5 podemos ver a libertação da água contaminada com esses químicos para o meio ambiente.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Para a produção de 1 Kg de algodão são necessários cerca de 10 000 litros de água.

Para diminuir estes impactes, a indústria da moda pode adotar práticas mais sustentáveis, como usar materiais reciclados, reduzir o consumo de água na produção dos têxteis e diminuir o uso de substâncias químicas poluentes.



Figura 6. A patagónia oferece o reparo das peças de roupa da sua marca. Imagem retirada de: <https://www.bougerabordeaux.com/actu/news/patagonia-repare-gratuitement-vos-vetements-a-bordeaux/>

Adicionalmente, algumas marcas já incentivam a reutilização e o prolongamento da vida útil da sua roupa. Como podemos ver na figura 6, marca "patagónia", tem programas de reparação das suas peças, incentivando os clientes a consertar a roupa em vez de comprar novas peças. Este tipo de iniciativa ajuda a reduzir o desperdício têxtil e a diminuir os impactes ambientais da indústria da moda.

4. Menciona duas ações que a indústria da moda possa adotar para reduzir os seus impactes no meio ambiente.

Caso: III – O mar como futuro



Excerto do Vídeo "Como Ostras Mudam Ondas e... as Paredes de Tua Casa?"

Para além dos impactos ambientais, a pesca pode também contribuir para soluções mais sustentáveis através do reaproveitamento de subprodutos que antes eram considerados desperdício. Estes podem ser utilizados na produção de fertilizantes, alimentos para animais ou novos materiais, reduzindo o desperdício desta indústria e permitindo que o carbono presente nos organismos marinhos volte a entrar nos ciclos da matéria.

Outra alternativa é o desenvolvimento de biomateriais a partir de algas ou, por exemplo, cascas de camarão ou conchas de ostras, que podem substituir fibras sintéticas derivadas do petróleo e ajudar a diminuir a poluição por microplásticos. No entanto, estas soluções ainda não estão desenvolvidas o suficiente para substituir os materiais atualmente utilizados.

Então, o que podemos fazer?

Assim, cabe-nos também adotar escolhas mais conscientes, como diversificar a nossa alimentação, escolhendo consumir peixe proveniente de pescas que respeitem boas práticas e gestão sustentável dos recursos marinhos. Na escolha do peixe que comes, podes sempre conferir se este possui alguma certificação de pesca sustentável, como a Marine Stewardship Council (representada na figura 7).



Figura 7. Certificado de pesca sustentável MSC. Imagem retirada de: <https://mariberica.pt/mar-iberica-recebe-a-certificacao-msc-procure-pelo-selo-azul/>

Paralelamente, a redução do consumo de roupa e a reutilização de peças, através de feiras locais ou plataformas de compra e venda de roupa em segunda mão, como a Vinted (representada na figura 8), ajudam a diminuir a exploração de recursos e a produção excessiva de resíduos, contribuindo para um modelo de consumo mais sustentável.



Figura 8. Vinted - plataforma online de compra e venda de roupa em segunda mão. Imagem retirada de: <https://sklep.alibag.pl/en/blogs/news/jak-wysylac-ubrania-na-vinted-w-kilku-prostych-krokach>

5. Indica uma forma de tornar a indústria da pesca mais sustentável, reduzindo os desperdícios por ela provocados.
6. Reflete sobre os teus hábitos de consumo na tua rotina diária, como a tua alimentação e aquisição de roupa e propõe duas alternativas para os tornar mais sustentáveis.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Questões de exploração:

Primeira aula:

1. Indica o papel das pradarias marinhas e das florestas de laminárias (kelp) na regulação dos ciclos da matéria.
2. Associa o aumento da concentração de microplásticos nos oceanos com possíveis problemas para a saúde humana.

Segunda aula:

3. Identifica duas práticas que tomem a roupa produzida por marcas de *fast fashion* que diminuam o seu custo.
4. Menciona duas ações que a indústria da moda possa adotar para reduzir os seus impactos no meio ambiente.

Trabalho para casa:

5. Indica uma forma de tornar a indústria da pesca mais sustentável, reduzindo os desperdícios por ela provocados.
6. Reflete sobre os teus hábitos de consumo na tua rotina diária, como a tua alimentação e aquisição de roupa e propõe duas alternativas para os tornar mais sustentáveis.

Bibliografia:

Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>

Chen, S., Chen, F., Zhu, L., Li, Q., Wang, X., & Wang, L. (2023). *A Spatial Water Footprint Assessment of Recycled Cotton T-Shirts: Case of Local Impacts in Selected China Provinces*. *Sustainability*, 15(1), 817. <https://doi.org/10.3390/su15010817>

European Environment Agency. (2023). Microplastics from textiles: Towards a circular economy for textiles in Europe. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/microplastics-from-textiles-towards-a-circular-economy-for-textiles-in-europe>

European Environment Agency. (2023). *Textiles and the environment: The role of design in Europe's circular economy*. European Environment Agency. [Textiles and the environment: the role of design in Europe's circular economy | Publications | European Environment Agency \(EEA\)](https://www.eea.europa.eu/en/publications/textiles-and-the-environment-the-role-of-design-in-europe-s-circular-economy)

European Parliament. (2020). Environmental impact of the textile and clothing industry: What consumers need to know. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI\(2019\)633143_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI(2019)633143_EN.pdf)

Food and Agriculture Organization. (2022). The state of world fisheries and aquaculture 2022: Towards blue transformation. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>

Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R., & Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8, Article 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>

Richardson, K., Asmutis-Silva, R., Drinkwin, J., Gilardi, K. V. K., Giskes, I., Jones, G., O'Brien, K., Pragnell-Raasch, H., & Regis, M. (2019). Building evidence around ghost gear: Global trends and analysis for sustainable solutions at scale. *Science of the Total Environment*, 693, 133643. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.045>

Entre as Malhas da Pesca e da Moda |
Professora Estagiária: Margarida Meneses Alves da Silva

Textile Exchange. (2022).
Preferred Fiber & Materials Market Report 2022. Textile Exchange.
<https://textileexchange.org/resources/preferred-fiber-and-materials-market-report-2022/>

United Nations Environment Programme. (2021). From pollution to solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. UNEP. <https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>

World Wide Fund for Nature. (2020). Stop ghost gear: The most deadly form of marine plastic debris. https://www.panda.org/discover/our_focus/oceans_practice/solutions/marine_plastics/ghost_gear/

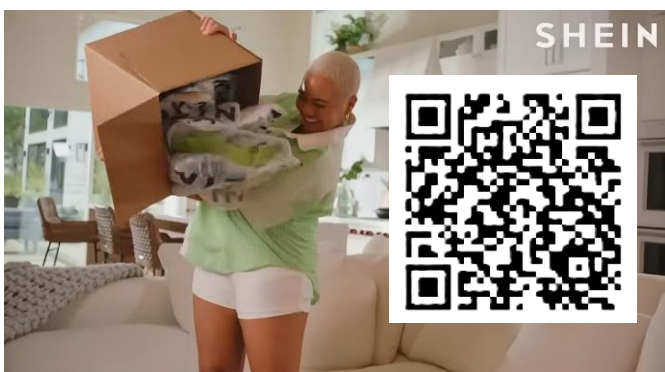
Apêndice 7 – Vídeos utilizados durante a exploração do caso



Vídeo “Ocean with David Attenborough | Bottom Trawling Official Clip”.



Compilação de excertos do vídeo “Forgotten Forest: Regenerating the Kelp Forest Highway by National Geographic”.



Compilação de excertos do Documentário “The Dark Truth Behind Fast Fashion - Inside the Shein Machine”



Excerto do Vídeo “Como Ostras Mudam Ondas e... as Paredes de Tua Casa?”

Apêndice 8 - V de Gowin – Versão aluno (português)



Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais

Código Aluno: _____

Data: ____/____/____

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A sustentabilidade relaciona-se com a forma como usamos os recursos da Terra sem os gastar ou destruir, garantindo que continuam disponíveis para as pessoas no futuro. Significa cuidar do ambiente, consumir apenas o necessário, evitar desperdícios e proteger os seres vivos, para que o planeta continue saudável para nós e para as próximas gerações.

PRINCÍPIOS/ASSUNÇÕES

Na natureza, a matéria está em constante circulação através dos ciclos da matéria. O **dióxido de carbono (CO₂)** e o **oxigénio (O₂)** são gases que fazem parte desses ciclos e são muito importantes para a vida na Terra.

O CO₂ e o O₂ estão sempre a ser trocados entre os seres vivos e o ambiente, ocorrendo também trocas contínuas entre a atmosfera e os oceanos, onde parte do CO₂ se dissolve na água e pode ser novamente libertado para a atmosfera.

Seres vivos como as plantas, algas e cianobactérias utilizam o CO₂ durante a **fotossíntese** para produzir alimento em forma de matéria orgânica, constituída principalmente por **compostos ricos em carbono**, como a glicose, e libertam O₂ para a atmosfera ou oceanos. Assim, estes seres vivos contribuem para a diminuição do CO₂ atmosférico e para a **regulação da temperatura média da Terra**, uma vez que este é o principal gás que contribui para o **efeito de estufa**.

Materiais biodegradáveis podem ser “reciclados” pelos seres vivos decompositores em matéria inorgânica, que é depois aproveitada por outros seres vivos, contribuindo não só para a redução da acumulação de resíduos persistentes nos ecossistemas, mas também para a renovação contínua desses materiais nos ciclos naturais.

A avaliação da produção de um material deve considerar todo o processo desde o consumo de energia aos resíduos gerados seguindo os princípios da **Química Verde**, que promovem processos mais seguros, eficientes e com menor impacto ambiental.

CONCEITOS

sustentabilidade; ciclos da matéria; biodegradável; química verde; recursos renováveis; efeito de estufa; fotossíntese

Serão os bioplásticos uma alternativa sustentável aos plásticos comuns?

ACONTECIMENTOS/OBJETOS

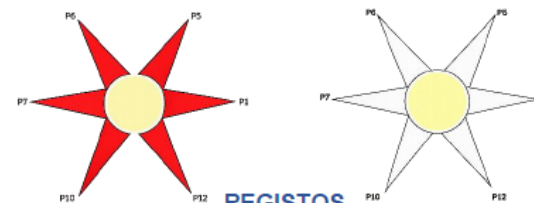
1. Com uma colher e balança de precisão, medir 10,5g de agar-agar, 0,6g de sorbato de potássio 6ml de glicerina vegetal e 300ml de água destilada (em recipientes à parte);
2. Juntar o agar-agar e a água destilada num gobelet e mexer com uma vareta até obter uma solução homogênea;
3. Numa placa de indução, aquecer a solução mexendo lentamente até que esta comece a ferver;
4. Retirar a solução do calor e adicionar a glicerina vegetal e o sorbato de potássio e misturar bem com a vareta.
5. Verter a mistura para os moldes e deixar secar na estufa a 40 °C.
6. Realizar a Estrela de Verdura da reação comparando-a com a de um plástico comum.

JUÍZO DE VALOR

Plástico comum	Bioplástico
Combustíveis Fósseis - não renovável	
Liberta CO ₂ - aumento da temperatura média da Terra	
Não é biodegradável - acumulação de microplásticos	

JUÍZO COGNITIVO

TRANSFORMAÇÕES



REGISTOS

Princípio	Plástico comum	Bioplástico
P1- Prevenção de resíduos	Na extração e refinação do petróleo, formam-se resíduos, como lamas oleosas, compostos químicos e emissões de CO ₂ .	
P5- Solventes e substâncias auxiliares seguras	Na sua produção são usados reagentes tóxicos e inflamáveis.	
P6- Eficiência energética	Produzido a temperaturas médias de 300° C.	
P7- Matérias-primas renováveis	Derivado do petróleo (matéria-prima não renovável).	
P10- Degradação dos produtos	Pode demorar 100 a 500 anos a degradar-se, gerando microplásticos.	
P12- Segurança (prevenção de acidentes)	Risco de incêndios ou explosões; uso de substâncias perigosas.	

Apêndice 9 - V de Gowin – Versão aluno (inglês)



Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais

Student Code: _____

Date: ____/____/____

THEORETICAL BACKGROUND

Sustainability is related to how we use Earth's resources without exhausting or destroying them, ensuring they remain available for people in the future. It means caring for the environment, consuming only what is necessary, avoiding waste, and protecting living beings so that the planet remains healthy for us and for future generations.

PRINCIPLES/ASSUMPTIONS

In nature, matter is in constant circulation through matter cycles. **Carbon dioxide (CO₂)** and **oxygen (O₂)** are gases that are part of these cycles and are very important for life on Earth.

CO₂ and O₂ are continuously exchanged between living organisms and the environment. Continuous exchanges also occur between the atmosphere and the oceans, where part of the CO₂ dissolves in water and can later be released back into the atmosphere.

Living organisms such as plants, algae, and cyanobacteria use CO₂ during **photosynthesis** to produce food in the form of organic matter, mainly composed of **carbon-rich compounds** such as glucose, and release O₂ into the atmosphere or oceans. In this way, these organisms contribute to the reduction of atmospheric CO₂ and to the **regulation of Earth's average temperature**, since CO₂ is the main gas responsible for the greenhouse effect.

Biodegradable materials can be "recycled" by decomposer organisms into inorganic matter, which is then reused by other living beings. This contributes not only to reducing the accumulation of persistent waste in ecosystems but also to the continuous renewal of these materials within natural cycles.

The evaluation of a material's production should consider the entire process, from energy consumption to the waste generated, following the principles of **Green Chemistry**, which promote safer, more efficient processes with lower environmental impact.

CONCEPTS

Sustainability; matter cycles; biodegradable; green chemistry; renewable resources; greenhouse effect; photosynthesis

Are bioplastics a sustainable alternative to conventional plastics?

ACONTECIMENTOS/OBJETOS

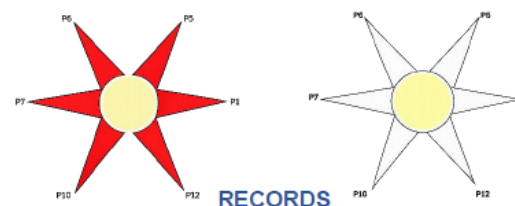
1. Using a spoon and a precision scale, measure 10.5 g of agar-agar, 0.6 g of potassium sorbate, 6 ml of vegetable glycerin, and 300 ml of distilled water (in separate containers).
2. Add the agar-agar and distilled water to a beaker and stir with a glass rod until a homogeneous solution is obtained.
3. On an induction plate, heat the solution while stirring slowly until it begins to boil.
4. Remove the solution from the heat and add the vegetable glycerin and potassium sorbate, mixing well with the glass rod.
5. Pour the mixture into molds and allow it to dry in an oven at 40 °C.
6. Make the Green Star of the reaction, comparing it with that of a conventional plastic.

VALUE JUDJMENT

Conventional plastic	Bioplastic
Fossil Fuels – non renewable	
Releases CO ₂ - increase in the Earth's average temperature	
Not biodegradable - accumulation of microplastics	

COGNITIVE JUDJMENT

TRANSFORMATIONS



Principle	Conventional Plastic	Bioplastic
P1- Waste prevention	During oil extraction and refining, waste is generated, such as oily sludge, chemical compounds, and CO ₂ emissions.	
P5- Safer solvents and auxiliary substances	Toxic and flammable reagents are used in its production.	
P6- Energy efficiency	Produced at average temperatures of 300 °C	
P7- Renewable raw materials	Derived from petroleum (non-renewable raw material).	
P10- Products degradation	It can take 100 to 500 years to degrade, generating microplastics.	
P12- Safety (accident prevention)	Risk of fires or explosions; use of hazardous substances.	

Apêndice 10 - V de Gowin – Versão professor



Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais

Código Aluno: _____

Data: ____/____/____

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A sustentabilidade relaciona-se com a forma como usamos os recursos da Terra sem os gastar ou destruir, garantindo que continuam disponíveis para as pessoas no futuro. Significa cuidar do ambiente, consumir apenas o necessário, evitar desperdícios e proteger os seres vivos, para que o planeta continue saudável para nós e para as próximas gerações.

PRINCÍPIOS/ASSUNÇÕES

Na natureza, a matéria está em constante circulação através dos ciclos biogeoquímicos. O **dióxido de carbono (CO₂)** e o **oxigénio (O₂)** são gases que fazem parte desses ciclos e são muito importantes para a vida na Terra.

O CO₂ e o O₂ estão sempre a ser trocados entre os seres vivos e o ambiente, ocorrendo também trocas contínuas entre a atmosfera e os oceanos, onde parte do CO₂ se dissolve na água e pode ser novamente libertado para a atmosfera.

Seres vivos como as plantas, algas e cianobactérias utilizam o CO₂ durante a **fotossíntese** para produzir alimento em forma de matéria orgânica, constituída principalmente por **compostos ricos em carbono**, como a glicose, e libertam O₂ para a atmosfera ou oceanos. Assim, estes seres vivos contribuem para a diminuição do CO₂ atmosférico e para a **regulação da temperatura média da Terra**, uma vez que este é o principal gás que contribui para o **efeito de estufa**.

Materiais biodegradáveis podem ser “reciclados” pelos seres vivos decompositores em matéria inorgânica, que é depois aproveitada por outros seres vivos, contribuindo não só para a redução da acumulação de resíduos persistentes nos ecossistemas, mas também para a renovação contínua desses materiais nos ciclos naturais.

A avaliação da produção de um material deve considerar todo o processo desde o consumo de energia aos resíduos gerados seguindo os princípios da **Química Verde**, que promovem processos mais seguros, eficientes e com menor impacto ambiental.

CONCEITOS

sustentabilidade; ciclos da matéria; biodegradável; química verde; recursos renováveis; efeito de estufa; fotossíntese

Serão os bioplásticos uma alternativa sustentável aos plásticos comuns?

ACONTECIMENTOS/OBJETOS

1. Com uma colher e balança de precisão, medir 10,5g de agar-agar, 0,6g de sorbato de potássio 6ml de glicerina vegetal e 300ml de água destilada (em recipientes à parte);
2. Juntar o agar-agar e a água destilada num gobelet e mexer com uma vareta até obter uma solução homogénea;
3. Numa placa de indução, aquecer a solução mexendo lentamente até que esta comece a ferver;
4. Retirar a solução do calor e adicionar a glicerina vegetal e o sorbato de potássio e misturar bem com uma vareta.
5. Verter a mistura para os moldes e deixar secar na estufa a 40 °C.
6. Realizar a Estrela de Verdura da reação comparando-a com a de um plástico comum.

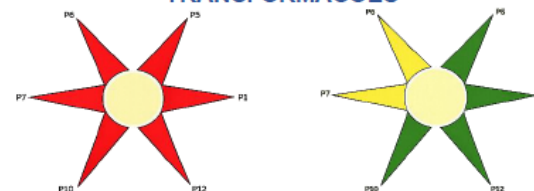
JUÍZO DE VALOR

Plástico comum	Bioplástico
Combustíveis Fósseis - não renovável	Maioria dos reagentes renováveis
Liberta CO ₂ - aumento da temperatura média da Terra	Captura CO ₂ - regula a temperatura média da Terra
Não é biodegradável - acumulação de microplásticos	Biodegradável - não origina acumulação de resíduos

JUÍZO COGNITIVO

Os bioplásticos são melhores para o ambiente do que os plásticos comuns porque são feitos a partir de matérias-primas renováveis e que capturam CO₂ da atmosfera, ajudando a regular a temperatura média da Terra e são biodegradáveis, não se acumulando nos ecossistemas.

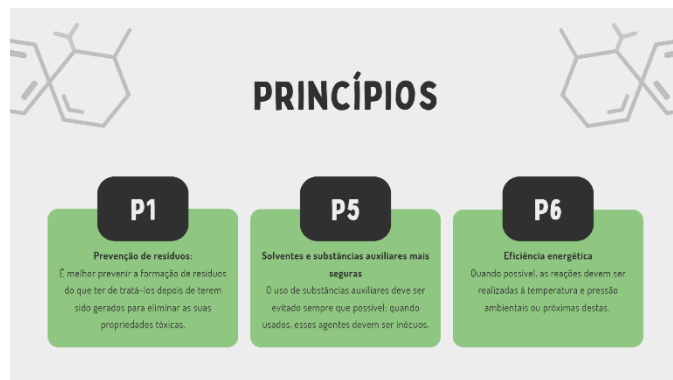
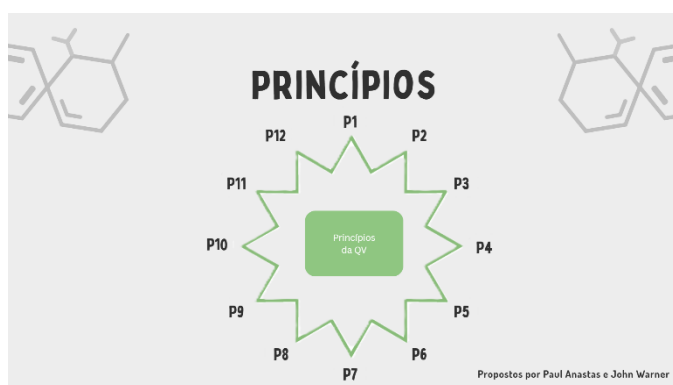
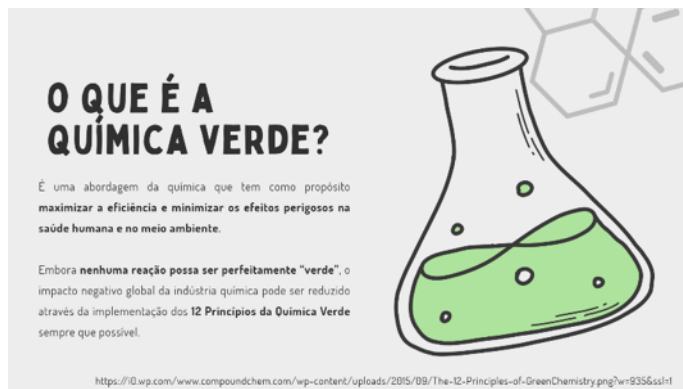
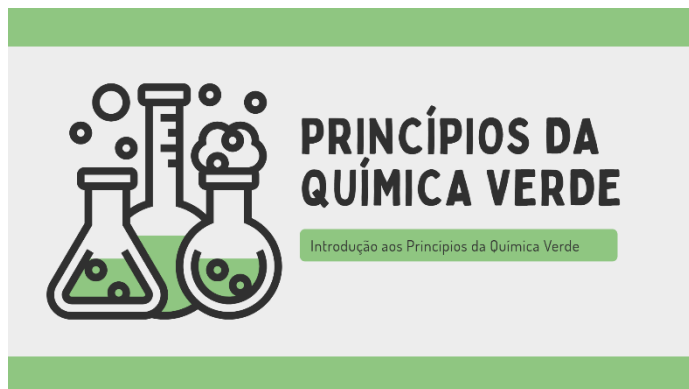
TRANSFORMAÇÕES



REGISTOS

Princípio	Plástico comum	Bioplástico
P1- Prevenção de resíduos	Na extração e refinação do petróleo, formam-se resíduos, como lamas oleosas, compostos químicos e emissões de CO ₂ .	Geram-se poucos resíduos, mas que são biodegradáveis e não tóxicos.
P5- Solventes e substâncias auxiliares seguras	Na sua produção são usados reagentes tóxicos e inflamáveis.	Solvente - água; Sorbato de potássio - não é tóxico, usado como aditivo alimentar.
P6- Eficiência energética	Produzido a temperaturas médias de 300° C.	Produzido a temperaturas que apenas chegam aos 100° C durante uns segundos.
P7- Matérias-primas renováveis	Derivado do petróleo (matéria-prima não renovável).	Maioria dos reagentes são de origem natural e renovável, exceto o sorbato de potássio.
P10- Degradação dos produtos	Pode demorar 100 a 500 anos a degradar-se, gerando microplásticos.	Em condições naturais decompõe-se em cerca de 12 meses.
P12- Segurança (prevenção de acidentes)	Risco de incêndios ou explosões; uso de substâncias perigosas.	É segura

Apêndice 11 - Apresentação Multimédia – “Princípios da Química Verde” (português)



GLICERINA VEGETAL



É EXTRAÍDA DE ÓLEOS VEGETAIS, COMO ÓLEO DE CÔCO OU ÓLEO DE SOJA

É USADA EM ALIMENTOS E PRODUTOS DE COSMÉTICA

ÁGUA DESTILADA



A ÁGUA ESSENCIAL PARA TODOS OS SERES VIVOS!

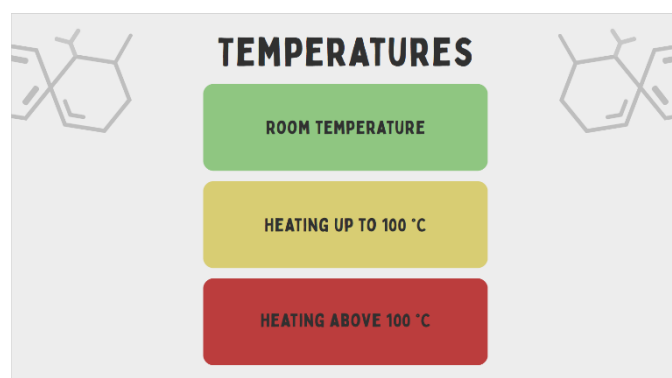
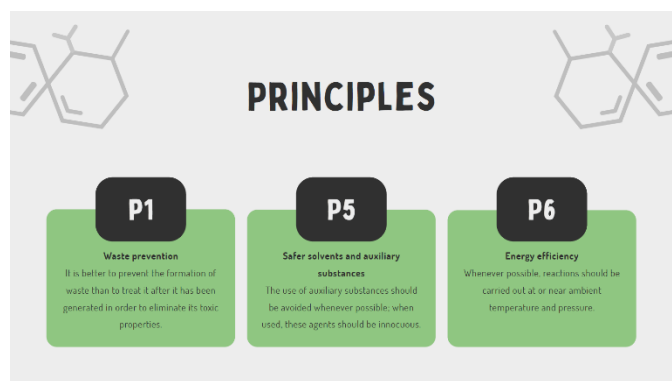
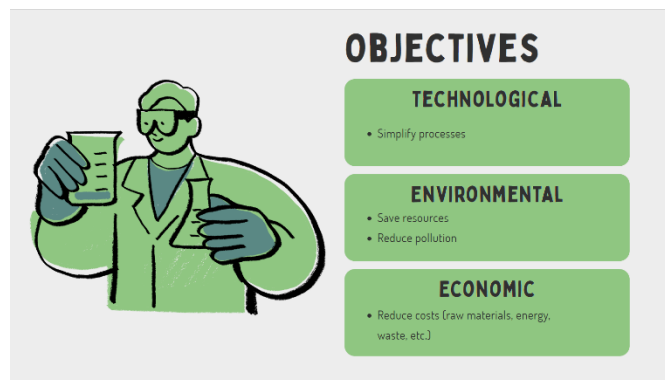
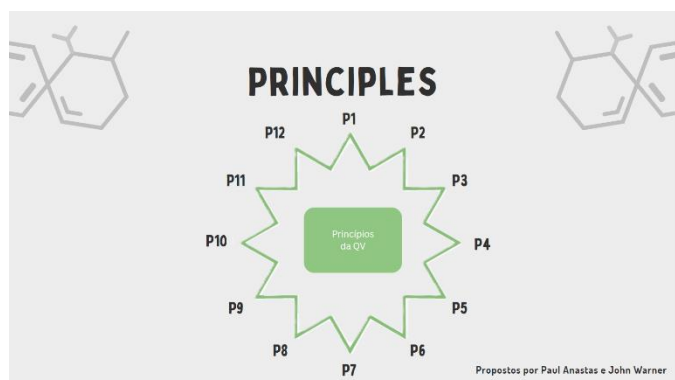
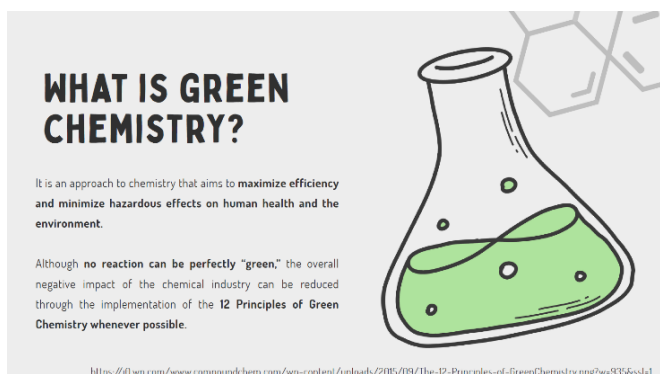
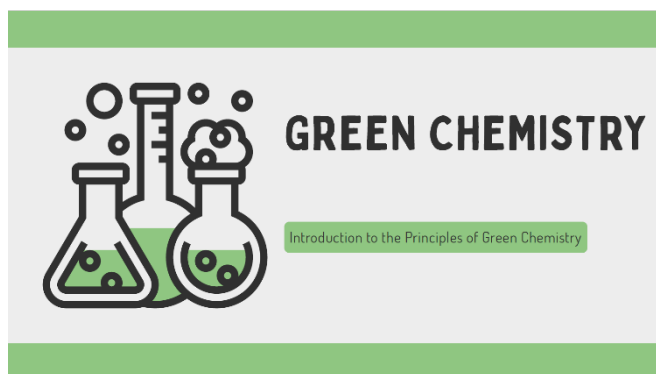
SORBATO DE POTÁSSIO



É USADO COMO CONSERVANTE ALIMENTAR, ATRASANDO A DECOMPOSIÇÃO DOS ALIMENTOS

PODE SER PRODUZIDO ATRAVÉS DE DERIVADOS DO PETRÓLEO! NO ENTANTO É BIODEGRADÁVEL

Apêndice 12 - Apresentação Multimédia – “Princípios da Química Verde” (inglês)



VEGETABLE GLYCERIN



IT IS EXTRACTED FROM VEGETABLE OILS, SUCH AS COCONUT OIL OR SOYBEAN OIL

IT IS USED IN FOOD AND COSMETIC PRODUCTS

DISTILLED WATER



WATER IS ESSENTIAL FOR ALL LIVING BEINGS!

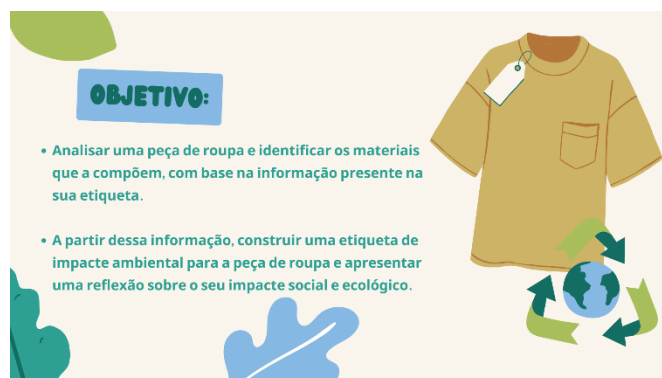
POTASSIUM SORBATE



IT IS USED AS A FOOD PRESERVATIVE, DELAYING THE DECOMPOSITION OF FOOD

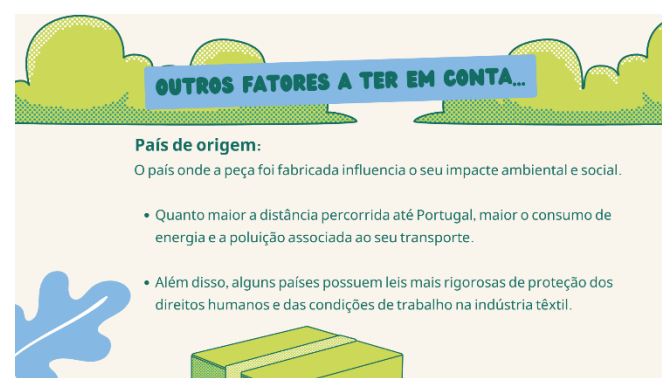
IT CAN BE PRODUCED FROM PETROLEUM DERIVATIVES HOWEVER, IT IS BIODEGRADABLE

Apêndice 13 - Apresentação multimédia de explicação dos trabalhos finais - “Quanto custa a minha roupa?” (português)



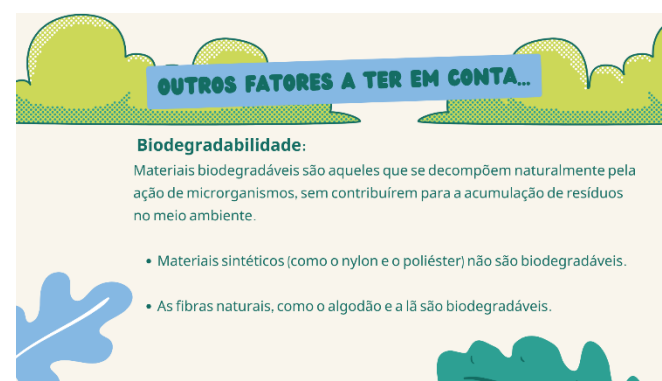
DADOS DE EMISSÕES DE CO₂ E CONSUMO DE ÁGUA (VALORES MÉDIOS):

Fibra	Emissão de CO ₂ por Kg	Consumo de água por Kg
Algodão	10 kg	10 000 L
Linho	5 Kg	3 500 L
Poliéster	40 Kg	60 L
Nylon	35 Kg	60 L
Lã	60 Kg	300 L



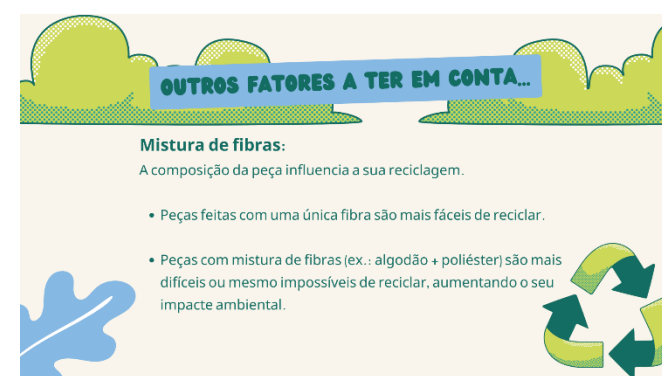
POLUIÇÃO ASSOCIADA AO TRANSPORTE

Fabricada em Portugal/Europa	Fabricada no norte de África/Turquia	Fabricada na Ásia/América
Baixa	Média	Elevada



PERCENTAGEM DE MATERIAL NÃO BIODEGRADÁVEL

Até 25%	26% a 75%	76% a 100%
Baixa	Média	Elevada

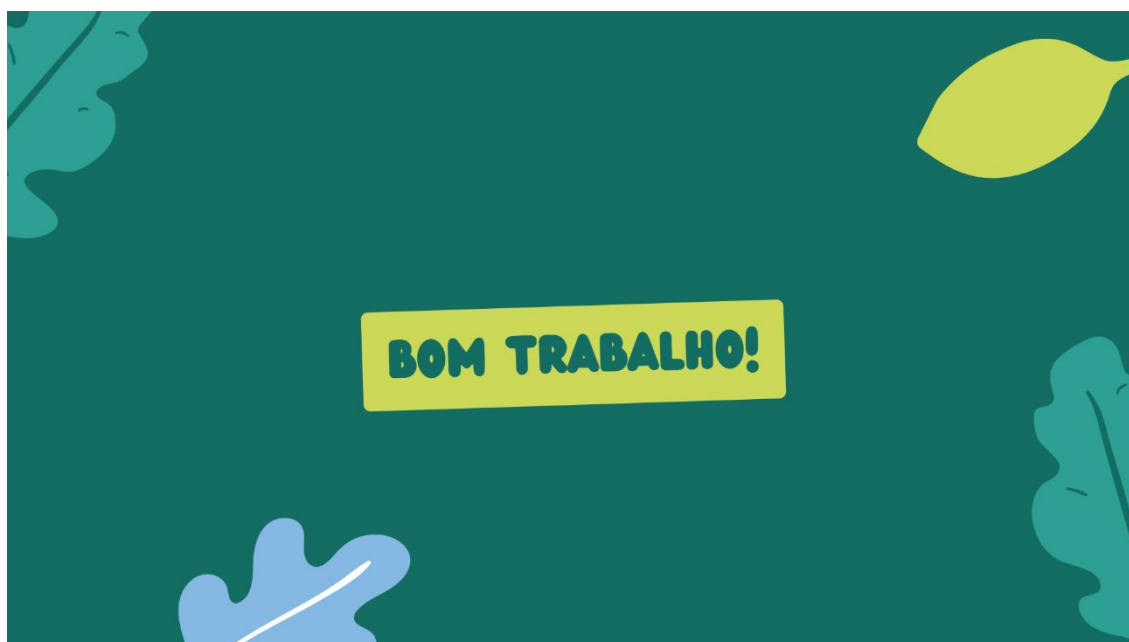


TRABALHO FINAL:

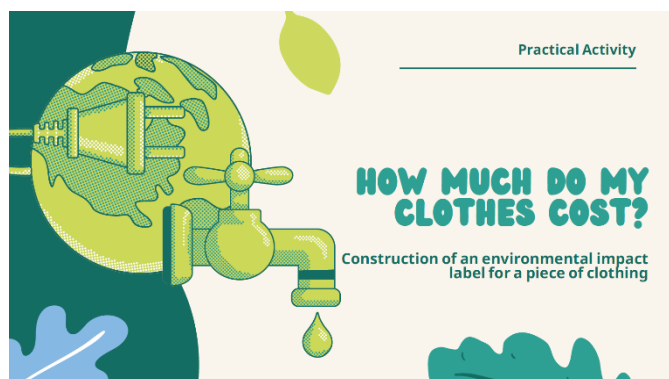
Construção da etiqueta da vossa peça de roupa acompanhada de uma reflexão sobre o impacto ambiental e social dessa peça.

Peça:

- Pais de origem:
- Poluição por transporte:
- Emissões de CO₂:
- Consumo de água:
- Impacte social:
- Reciclável:
- Biodegradável:
- Impacte Global:



Apêndice 14 - Apresentação multimédia de explicação dos trabalhos finais - “Quanto custa a minha roupa?” (inglês)



CO₂ EMISSIONS AND WATER CONSUMPTION DATA (AVERAGE VALUES):

Fiber	CO ₂ emissions per Kg	Water consumption per Kg
Cotton	10 kg	10 000 L
Linen	5 Kg	3 500 L
Polyester	40 Kg	60 L
Nylon	35 Kg	60 L
Wool	60 Kg	300 L



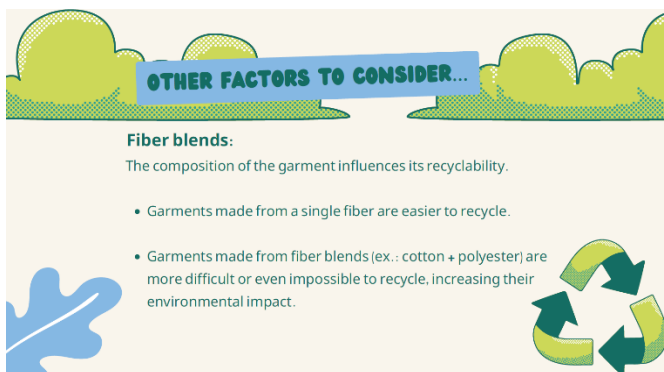
POLLUTION ASSOCIATED WITH TRANSPORT

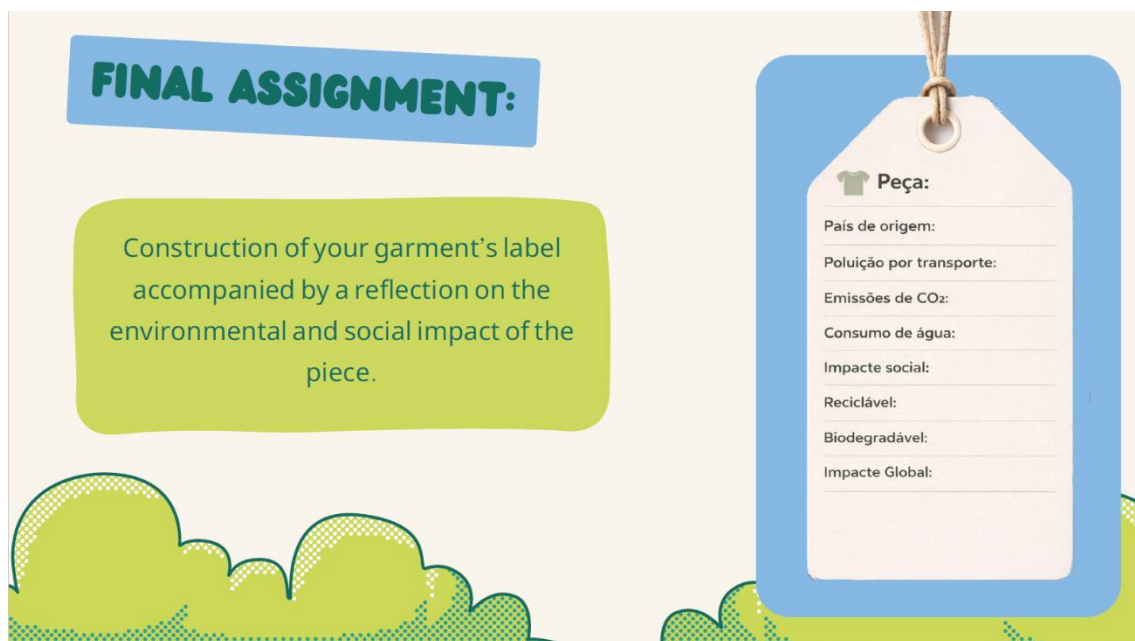
Made in Portugal/Europe	Made in North Africa/Turkey	Made in Asia/America
Low	Average	High



PERCENTAGE OF NON-BIODEGRADABLE MATERIAL

Up to 25%	26% to 75%	76% to 100%
Low	Average	High





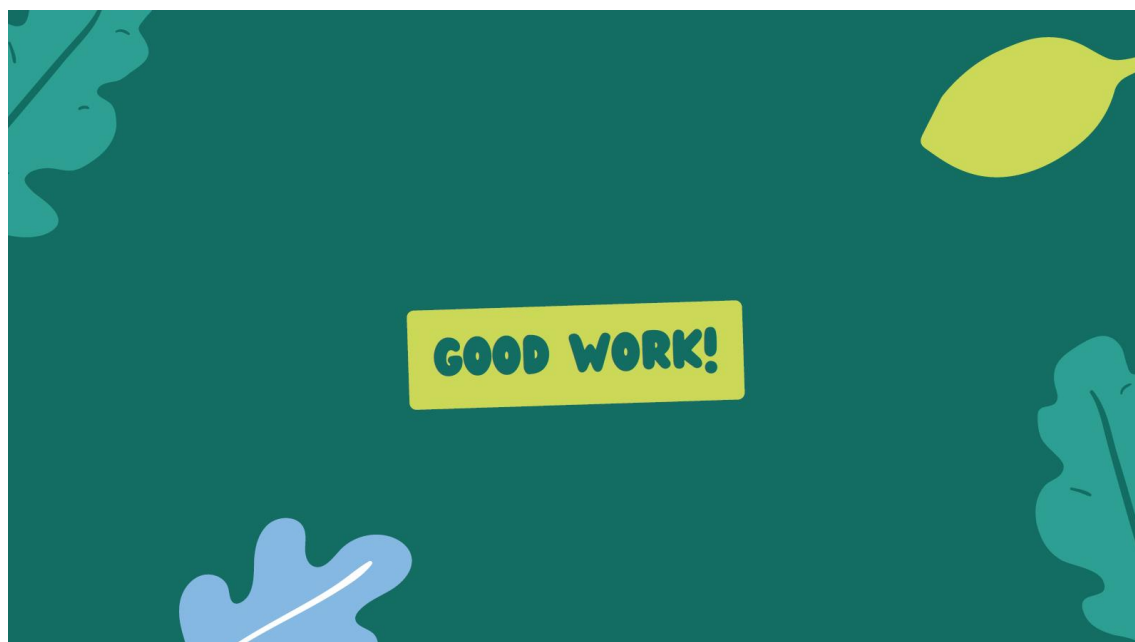
FINAL ASSIGNMENT:

Construction of your garment's label accompanied by a reflection on the environmental and social impact of the piece.

Peça:

- Pais de origem:
- Poluição por transporte:
- Emissões de CO₂:
- Consumo de água:
- Impacte social:
- Reciclável:
- Biodegradável:
- Impacte Global:

The graphic features a light blue banner for the title, a green rounded rectangle for the description, and a white tag with a blue border for the label template. The tag is hanging from a string. The background has green and yellow cloud-like shapes at the bottom.



Apêndice 15 – Rúbrica de avaliação dos trabalhos finais



Grelha de Observação | Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.º ano de Ciências Naturais

Ciências Naturais – 8.º ano

Professora Estagiária Margarida Meneses Alves da Silva

Rúbrica de Avaliação com Indicadores de Desempenho

Critérios	Níveis de Desempenho			
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Construção da Etiqueta de Impacte Ambiental (Literacia Ambiental) ¹	Não apresenta a etiqueta ou apresenta uma etiqueta muito incompleta, contendo informação insuficiente para caracterizar os impactes da peça de roupa.	Apresenta uma etiqueta com alguns dos elementos solicitados, mas contendo omissões relevantes e/ou erros nos cálculos efetuados.	Constrói uma etiqueta quase completa e organizada, apresentando corretamente a maioria dos elementos e cálculos solicitados.	Elabora uma etiqueta completa, rigorosa e detalhada, apresentando corretamente todos os elementos e cálculos solicitados e permitindo uma avaliação clara dos impactes da peça de roupa.
Relações entre Sociedade e Sistema Terra (Pensamento Sistémico) ²	Não menciona relações entre a produção e consumo de roupa, os subsistemas da Terra e as questões sociais, ou apresenta ideias incorretas.	Menciona algumas relações entre a produção e consumo de roupa e os seus impactes ambientais ou sociais, mas de forma simples ou pouco desenvolvida.	Estabelece relações claras entre a produção e consumo de têxteis, os subsistemas da Terra e as questões sociais, explicando algumas das suas consequências.	Analisa de forma integrada as relações entre a produção e consumo de têxteis, os subsistemas da Terra e as questões sociais, explicando as suas interdependências e consequências.
Comunicação aplicada à Consciência Ambiental ³	Não comunica ideias relacionadas com a proteção do ambiente ou apresenta informação pouco clara, incorreta ou sem preocupação ambiental.	Menciona algumas ideias relacionadas com a proteção do ambiente, mas a comunicação revela pouca clareza, fundamentação ou capacidade de sensibilização.	Comunica de forma clara e fundamentada ideias relacionadas com a proteção do ambiente, demonstrando responsabilidade ambiental e sugerindo práticas mais sustentáveis.	Comunica de forma clara, rigorosa e persuasiva, sensibilizando para os impactes das ações humanas e incentivando a adoção de comportamentos ambientalmente responsáveis.

Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais | Grelha de Observação

Grupos	Registo de Avaliação											
	Conhecimento e Fundamentação Científica				Pensamento Sistémico				Comunicação aplicada à Consciência Ambiental			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Grupo 1												
Grupo 2												
Grupo 3												
Grupo 4												
Grupo 5												
Grupo 6												
Grupo 7												
Grupo 8												

¹ **Literacia Ambiental** – Embora este critério não avalie diretamente uma competência específica, procura analisar a capacidade dos alunos para mobilizar e aplicar conhecimentos científicos na construção da etiqueta de impacto ambiental. Através desta tarefa, os alunos selecionam, interpretam e utilizam informação relativa aos impactos ambientais e sociais associados à produção e consumo de vestuário, desenvolvendo a sua literacia ambiental. A literacia ambiental corresponde à capacidade de compreender e interpretar questões ambientais, mobilizando conhecimentos, competências, atitudes e valores para analisar criticamente problemas socioambientais, tomar decisões informadas e participar ativamente na promoção da sustentabilidade e da resolução de desafios ambientais (Guerrero & Sjöström, 2024; Hamed Al Lal et al., 2024). Pretende-se, assim, que os conhecimentos construídos sejam aplicados a situações do seu quotidiano, promovendo uma compreensão mais informada das consequências das suas escolhas de consumo e favorecendo a adoção de comportamentos mais sustentáveis.

² **Pensamento Sistémico** – O pensamento sistémico consiste na capacidade de compreender e analisar sistemas complexos, identificando os seus componentes, processos e interações. Esta competência envolve o reconhecimento das interconexões e interdependências entre os diferentes elementos de um sistema, incluindo relações nem sempre diretamente observáveis, bem como a compreensão das ligações entre diferentes sistemas. O seu desenvolvimento ocorre de forma progressiva, desde a identificação dos componentes e das suas relações até à compreensão integrada e holística do funcionamento dos sistemas, permitindo analisar fenómenos complexos e antecipar as consequências das alterações que neles ocorrem (Ben-Zvi-Assaraf & Orion, 2010; Soltis & McNeal, 2022).

³ **Comunicação aplicada à Consciência Ambiental** – A comunicação consiste na utilização de meios apropriados para partilhar informação ou perspetivas científicas com públicos não-especializados na temática abordada (Batista et. al., 2025). A consciência ambiental envolve o conhecimento, a preocupação e a compreensão dos impactos das ações humanas sobre a natureza (Yusliza et. al., 2020). Assim, a comunicação aplicada à consciência ambiental refere-se ao uso intencional de estratégias comunicativas para aumentar o conhecimento, sensibilizar, motivar e envolver diferentes públicos em questões ambientais, promovendo comportamentos sustentáveis. Isso inclui desde a disseminação de informações até a promoção de reflexão crítica, ação local e desenvolvimento de competências como argumentação e pensamento sistémico (Batista et. al., 2025 & Shivini et. al., 2021).

Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.º ano de Ciências Naturais | Grelha de Observação

Referências Bibliográficas:

- Baptista, M., Pinho, A. S., & Alves, A. R. (2025). Students' learning for action through inquiry-based science education on a local environmental problem. *Sustainability*, 17(9), 3907. <https://doi.org/10.3390/su17093907>
- Ben-Zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2010). Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1253-1280. <https://doi.org/10.1002/tea.20383>
- Guemero, G., & Sjöström, J. (2024). *Critical scientific and environmental literacies: a systematic and critical review*. *Studies in Science Education*, 61(1), 41-87. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2344988>
- Hamed Al Lal, S., García González, E., & Rodríguez Pérez, L. (2024). *La alfabetización ambiental en los currículos de Educación Infantil y Primaria derivados de la LOMLOE*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2501
- Shivni, R., Cline, C., Newport, M., Yuan, S., & Bergan-Roller, H. E. (2021). Establishing a baseline of science communication skills in an undergraduate environmental science course. *International Journal of STEM Education*, 8(47). <https://doi.org/10.1186/s40584-021-00304-0>
- Soltis, N. A., & McNeal, K. S. (2022). Development and Validation of a Concept Inventory for Earth System Thinking Skills. *Journal for STEM Education Research*, 5(1), 28-52. <https://doi.org/10.1007/s41879-021-00085-z>
- Yusliza, M. Y., Amirudin, A., Rahadi, R. A., Nik Sarah Athirah, N. A., Ramayah, T., Muhammad, Z., Dal Mas, F., Massaro, M., Saputra, J., & Mokhlis, S. (2020). An Investigation of Pro-Environmental Behaviour and Sustainable Development in Malaysia. *Sustainability*, 12(17), 7083. <https://doi.org/10.3390/su12177083>

Anexos

Anexo 1 – Parecer da Comissão de Ética



Parecer

Ref.: Proc. CE2025/p643407

Relativamente ao pedido de parecer requerido por Margarida Meneses Alves da Silva no âmbito do projeto intitulado “Entre as Malhas da Pesca e da Moda: Investigação-Ação promotora do Pensamento Sistémico através do Ensino por Casos no 8.ºano de Ciências Naturais”, 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, 5 de março de 2026

O Presidente da Comissão de Ética