(Cons)Ciência & Cidadania:

Da Educação Não Formal à Sala de Aula – Recursos Educativos em Bioética e Geoética

Marta Paz & Clara Vasconcelos



Ilustrações

Tânia Ribeiro

Ficha Técnica

Título

(Cons)Ciência & Cidadania: Da Educação Não Formal à Sala de Aula - Recursos Educativos em Bioética e Geoética

Autores

Marta Paz
Professora de Ciências Naturais e de Biologia e de Geologia no 3ºCiclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário;
Doutorada em Educação e Divulgação das Ciências (especialidade em Educação em Ciências), pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, Portugal;
Colaboradora no grupo Inovação Social e Educacional, Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Universidade do Porto, Matosinhos, Portugal.
marta.paz@ciimar.up.pt

Clara Vasconcelos
Professora Associada com Agregação, na Unidade de Ensino das Ciências & no Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, Portugal;
Investigadora Principal do Grupo Social and Educational Innovation, Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Universidade do Porto, Matosinhos, Portugal.
csvascon@fc.up.pt

Ilustrações

Tânia Ribeiro
Estudante na Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto (FBAUP), Porto, Portugal.

Editora

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Data de publicação

10/2026

Edição eletrónica: eBook (Formato PDF)

Número de páginas: 102

ISBN: 978-989-36601-3-3

DOI: 10.24840/2026/978-989-36601-3-3

Agradecimentos:

Os recursos educativos apresentados foram financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através: (i) da bolsa de doutoramento "*Integração Curricular da Bio e da Geoética no Ensino das Ciências: Contributos para uma Cidadania Participativa através da Aprendizagem por Projetos"*, com a referência 2021.06518.BD; (ii) de fundos nacionais com as referências UID/04423/2025, UID/PRR/04423/2025 e LA/P/0101/2020.

As autoras expressam, ainda, o seu agradecimento à Instituição de Solidariedade da Zona das Fontainhas pelo acolhimento e pela colaboração ao longo do projeto, fundamentais para a implementação dos recursos educativos apresentados nesta obra.

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

ciimar
Centro Interdisciplinar
de Investigação
Marinha e Ambiental

fct
Fundação
para a Ciência
e a Tecnologia

REPÚBLICA
PORTUGUESA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E ENSINO SUPERIOR

PORTUGAL
2020

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu

A publicação deste e-Book pretende auxiliar todos aqueles a quem a temática possa interessar, sendo a sua divulgação totalmente gratuita.

Às crianças e jovens

com quem tive o prazer de tanto aprender!

Índice

Ficha Técnica iii

Índice vii

Índice de figuras ix

Índice de tabelas x

Introdução 1

Capítulo 1. Ciência, Ética e Cidadania perante os desafios do século XXI 5

1.1. Educar para os desafios do século XXI 5

1.2. A importância da reflexão ética na Educação em Ciências 6

1.3. Bioética e Geoética: Perspetivas complementares 7

1.4. O potencial da Educação Não Formal para a exploração de questões bioéticas e geoéticas 9

Capítulo 2. Da teoria à prática: Conceção dos recursos educativos 11

2.1. O contexto do projeto 11

2.2. Seleção dos temas 11

2.3. Estratégias educativas utilizadas 13

Capítulo 3. Recursos Educativos 17

3.1. Recursos educativos para a aprendizagem de Bioética 18

3.2. Recursos educativos para a aprendizagem de Geoética 20

Capítulo 4. Do contexto de Educação Não Formal à Educação Formal em Ciências 23

4.1. Integração dos recursos educativos na Educação Formal 23

4.2. Crie o seu próprio recurso educativo 26

Considerações finais 29

Referências 31

Apêndice 1. Recursos Educativos – Módulo de Bioética 37

Recurso Educativo I 37

Recurso Educativo II 46

Recurso Educativo III 54

Apêndice 2. Recursos Educativos – Módulo de Geoética 63

Recurso Educativo IV 63

Recurso Educativo V 73

Recurso Educativo VI 80

Índice de figuras

Figura 1. Enquadramento da Bioética e da Geoética na articulação entre Educação em Ciências, Ética e Cidadania (Adaptado de Paz, 2026). 9

Figura 2. Representação do modelo (Cons)Ciência & Cidadania 15

Figura 3. Contributos da Bioética e da Geoética para uma cidadania responsável e orientada para a sustentabilidade 26

Índice de tabelas

Tabela 1. Organização dos recursos educativos apresentados 12

Tabela 2. O modelo (Cons)Ciência & Cidadania: etapas, questões orientadoras e objetivos 15

Tabela 3. Sugestões de integração curricular dos recursos educativos na Educação Formal. 24

Tabela 4. Aplicação do modelo "(Cons)Ciência & Cidadania" a novas questões sociocientíficas 27

Tabela 5. Sugestão de ficha de planificação da atividade 28

“Conservation becomes possible only when man assumes the role of citizen in a community of which soils and waters, plants and animals are fellow members.”

Aldo Leopold, 1947

“Mankind is urgently in need of new wisdom that will provide the ‘knowledge of how to use knowledge’…”

Van Rensselaer Potter, 1970

Introdução

Vivemos numa época marcada por avanços científicos e tecnológicos sem precedentes. A edição genética, a inteligência artificial, a exploração de novos recursos naturais e o desenvolvimento de tecnologias capazes de transformar profundamente a sociedade criam oportunidades significativas para a melhoria da qualidade de vida. Simultaneamente, levantam questões complexas que exigem reflexão, responsabilidade e capacidade de tomada de decisão.

Muitos dos desafios contemporâneos não possuem respostas simples. Devem ser analisados à luz do conhecimento científico disponível, mas também considerando valores, interesses, riscos, benefícios e consequências para os indivíduos, as comunidades e, em última instância, para o planeta. Neste contexto, a educação em ciências assume um papel fundamental na formação de cidadãos capazes de compreender problemas complexos, avaliar diferentes perspetivas e participar de forma informada na sociedade.

A Bioética e a Geoética constituem dois campos particularmente relevantes para esse propósito. A bioética centra-se nas questões éticas relacionadas com a vida, a saúde, a investigação científica e as aplicações da biotecnologia (Neves & Osswald, 2014). A geoética, por sua vez, reflete sobre as responsabilidades individuais e coletivas associadas à utilização dos recursos da Terra, à gestão dos riscos naturais e à relação entre as sociedades humanas e o sistema Terra (Peppoloni & Di Capua, 2021; Ribeiro & Vasconcelos, 2025). Embora tenham origens distintas, ambas partilham preocupações comuns relacionadas com a responsabilidade, a justiça, a sustentabilidade e o bem comum (Lee, 2017; Koupatsiaris & Drinia, 2026).

O presente livro resulta de um projeto de doutoramento desenvolvido em contexto de educação não formal e dedicado à promoção da literacia científica, da cidadania e da reflexão ética através da exploração de questões bioéticas e geoéticas. A publicação encontra-se organizada em duas partes complementares: a primeira apresenta o enquadramento científico e pedagógico que sustentou a conceção dos recursos educativos, bem como as possibilidades da sua adaptação e desenvolvimento a diferentes contextos educativos; a segunda reúne, em apêndice, os seis recursos educativos completos, concebidos para poderem ser utilizados de forma autónoma por educadores e professores.

Os recursos educativos aqui apresentados foram concebidos, implementados e progressivamente aperfeiçoados com base na investigação em educação em ciências e na experiência obtida durante a sua aplicação junto de crianças e jovens.

Os seis recursos educativos exploram diferentes questões contemporâneas de âmbito bioético e geoético. No domínio da Bioética, são abordados temas relacionados com a desextinção de espécies e a preservação do vírus da varíola, o caso de Henrietta Lacks e o

consentimento informado na investigação biomédica, bem como a utilização de animais na investigação científica e os desafios colocados pela inteligência artificial na medicina. No domínio da Geoética, os recursos exploram a mineração em mar profundo, o risco sísmico e a proteção das populações e, por fim, os fenómenos climáticos extremos e a resiliência das cidades, a partir do caso das cheias na cidade do Porto.

A seleção destes temas procurou assegurar a sua relevância científica e social, o potencial para a reflexão ética e a proximidade a problemas concretos do mundo contemporâneo.

Mais do que transmitir conhecimentos científicos, estes recursos pretendem criar oportunidades para que os participantes formulem questões, analisem evidências, debatam diferentes pontos de vista, desenvolvam argumentos e tomem decisões fundamentadas. Em todos os casos, o objetivo não consiste em encontrar respostas únicas ou definitivas, mas em promover uma compreensão mais crítica e consciente dos desafios que caracterizam o século XXI.

O presente livro é acompanhado por duas personagens especiais: a Eva e o Dário. Estas personagens foram criadas para tornar a aprendizagem mais próxima, dinâmica e acessível, funcionando como mediadoras na exploração dos temas abordados. A Eva representa a Bioética. O seu nome remete simbolicamente para a vida, conceito central deste campo de reflexão, que procura compreender e analisar as implicações éticas associadas à saúde, à investigação científica, às tecnologias emergentes e à relação entre os seres humanos e os restantes seres vivos. O Dário representa a Geoética. O seu nome significa "aquele que protege", simbolizando a responsabilidade individual e coletiva associada à utilização dos recursos naturais, à gestão dos riscos e à preservação do sistema Terra para as gerações presentes e futuras. Ao longo dos diferentes recursos educativos, a Eva e o Dário apresentam conceitos, propõem questões de reflexão e desafiam os leitores a analisar diferentes perspetivas sobre problemas científicos contemporâneos. No final de cada recurso, convidam os participantes a refletir sobre o tema explorado e apresentam uma ideia-chave que procura sintetizar a principal mensagem a reter.

Os recursos educativos foram concebidos para permitir diferentes formas de utilização. Professores e educadores podem selecionar um recurso em função do tema que pretendem explorar, combinar vários recursos de Bioética ou de Geoética ou, a partir do enquadramento apresentado no livro, desenvolver novas propostas adaptadas aos seus próprios contextos educativos.

Algumas formas de utilizar este livro:

- Utilizar um recurso individualmente;
- Combinar vários recursos sobre Bioética;
- Combinar vários recursos sobre Geoética;
- Utilizar o modelo (Cons)Ciência & Cidadania para criar novos recursos.

Esperamos que esta publicação constitua um recurso útil para educadores, professores e outros profissionais interessados em desenvolver práticas educativas que articulem ciência, ética e cidadania, contribuindo para a formação de cidadãos mais informados, participativos e comprometidos com o bem-estar individual e coletivo, bem como com a sustentabilidade do planeta.

Capítulo 1. Ciência, Ética e Cidadania perante os desafios do século XXI

1.1. Educar para os desafios do século XXI

A sociedade contemporânea enfrenta desafios de elevada complexidade, que envolvem dimensões científicas, tecnológicas, sociais, ambientais e éticas. Questões como as alterações climáticas, a perda de biodiversidade, a exploração de recursos naturais, os avanços da biotecnologia, as pandemias ou o desenvolvimento da inteligência artificial colocam novos desafios à educação e à participação dos cidadãos nas sociedades contemporâneas. Neste contexto, a simples aquisição de conhecimentos disciplinares revela-se insuficiente para responder aos desafios atuais. Atualmente, somos frequentemente confrontados com problemas que envolvem incerteza, controvérsia e múltiplos interesses, exigindo a capacidade de interpretar informação científica, avaliar evidências, reconhecer diferentes valores e tomar decisões fundamentadas. A literacia científica assume, assim, um papel central na formação de cidadãos capazes de participar de forma crítica e informada em sociedades democráticas (Osborne & Allchin, 2024; Valladares, 2021; Vesterinen et al., 2016).

Paralelamente, organizações internacionais têm vindo a defender uma visão mais abrangente da educação. O OECD Learning Compass 2030 (OECD, 2019) destaca a necessidade de promover não apenas conhecimentos e competências, mas também valores e atitudes que permitam aos jovens contribuir para o bem-estar individual, social e ambiental. Entre estas dimensões destacam-se a responsabilidade, a empatia, a colaboração e a capacidade de agir perante desafios complexos e interdependentes. Mais recentemente, a OCDE reforçou esta perspetiva através do enquadramento Education for Human Flourishing (OECD, 2025), que propõe uma educação orientada para o desenvolvimento integral dos indivíduos, promovendo competências relacionadas com a resolução adaptativa de problemas, a compreensão do mundo, a competência ética e a capacidade de agir de forma responsável perante os desafios globais. Segundo este enquadramento, a educação deve preparar os cidadãos não apenas para o mercado de trabalho, mas também para contribuir para sociedades mais sustentáveis, inclusivas e resilientes.

Neste contexto, a educação em ciências é chamada a desempenhar um papel particularmente relevante. A compreensão dos fenómenos naturais continua a constituir uma dimensão fundamental da educação em ciências, mas torna-se igualmente necessário promover competências associadas ao pensamento crítico, à argumentação, ao pensamento sistémico, à resolução de problemas complexos e à reflexão ética. A crescente discussão em torno do conceito de Antropocénico reforça igualmente a necessidade de desenvolver nos

mais jovens uma compreensão integrada das relações entre as atividades humanas e o sistema Terra, favorecendo uma cidadania informada e responsável perante os desafios socioambientais contemporâneos.

1.2. A importância da reflexão ética na Educação em Ciências

Muitos dos problemas abordados pela educação em ciências envolvem decisões que não podem ser fundamentadas exclusivamente no conhecimento científico. Questões como a utilização de organismos geneticamente modificados, a investigação com células estaminais, a vacinação, a exploração de recursos naturais, as alterações climáticas ou a utilização de animais na investigação científica implicam também diferentes interesses, valores e perspetivas, exigindo a ponderação de benefícios, riscos e consequências.

Foi neste enquadramento que surgiu, no âmbito da educação em ciências, um crescente interesse pelas chamadas questões sociocientíficas (QSC). Estas questões caracterizam-se por envolverem problemas socialmente relevantes, cientificamente fundamentados e frequentemente controversos, para os quais não existem respostas únicas ou consensuais. A abordagem de QSC tem sido amplamente reconhecida como uma estratégia capaz de promover a literacia científica, o pensamento crítico, a argumentação e a tomada de decisão fundamentada (Sadler, 2004; Zeidler et al., 2005).

Diversos estudos têm demonstrado que a exploração de questões sociocientíficas permite aos estudantes compreender melhor a natureza da ciência, reconhecer a influência dos valores nos processos de decisão e desenvolver competências necessárias para participar de forma ativa em sociedades democráticas. Ao serem convidados a analisar evidências, discutir diferentes perspetivas e justificar as suas posições, os estudantes deixam de assumir um papel passivo na aprendizagem e tornam-se participantes ativos na construção do conhecimento (Driver et al., 2000; Hodson, 2003).

Neste contexto, a reflexão ética assume um papel central. A análise de dilemas e controvérsias científicas cria oportunidades para que os estudantes desenvolvam competências de raciocínio ético, aprendam a respeitar diferentes pontos de vista e reflitam sobre as implicações das decisões humanas para indivíduos, comunidades e o ambiente. Mais do que procurar respostas certas ou erradas, a educação em ciências passa a valorizar processos de reflexão, argumentação e justificação das decisões tomadas.

Saunders e Rennie (2013) defendem que a integração explícita da reflexão ética na educação em ciências contribui para uma compreensão mais profunda das questões sociocientíficas e para o desenvolvimento de competências de cidadania. Segundo estes

autores, a análise estruturada de dilemas éticos permite aos estudantes mobilizar conhecimentos científicos, considerar diferentes quadros de valores e construir decisões mais fundamentadas. Os resultados do seu trabalho sugerem ainda que abordagens deste tipo promovem elevados níveis de envolvimento dos estudantes, aumentam a sua capacidade de justificar decisões e favorecem atitudes de respeito e tolerância perante diferentes perspetivas.

Neste livro, a reflexão ética é entendida como uma componente fundamental da educação científica, particularmente na abordagem de questões sociocientíficas. Embora possa ser desenvolvida através de diferentes perspetivas e enquadramentos teóricos, a presente obra adota a Bioética e a Geoética como referenciais privilegiados. Estas duas áreas, embora historicamente distintas, oferecem perspetivas complementares, permitindo analisar os desafios contemporâneos através da articulação entre conhecimento científico e reflexão ética.

1.3. Bioética e Geoética: Perspetivas complementares

A Bioética e a Geoética constituem domínios de reflexão ética com origens e percursos distintos, mas apresentam importantes pontos de convergência na análise das relações entre conhecimento científico e valores.

A Bioética consolidou-se, a partir da segunda metade do século XX, como uma área de reflexão interdisciplinar dedicada às questões éticas associadas à vida, à saúde e às aplicações da ciência e da tecnologia. Embora inicialmente associada sobretudo ao contexto biomédico (Beauchamp & Childress, 2019), a sua evolução conduziu a uma visão progressivamente mais abrangente. Van Rensselaer Potter, frequentemente considerado um dos fundadores da Bioética, defendia uma perspetiva integradora que articulava o conhecimento científico, os valores humanos e a sustentabilidade, propondo uma "Bioética Global" orientada para a sobrevivência e o bem-estar da humanidade em equilíbrio com os sistemas naturais (Potter, 1971; Potter, 1988). Esta conceção abrangente da Bioética tem continuado a desenvolver-se, quer através da reflexão contemporânea sobre a Bioética Global (Macpherson, 2022), quer através de propostas que reforçam as interdependências entre a saúde humana e os "sistemas planetários" (Anderson, 2023).

Por sua vez, a Geoética desenvolveu-se no final do século XX, a partir das geociências, como um campo dedicado à reflexão sobre os valores e responsabilidades associados à interação humana com o sistema Terra. Inicialmente centrada em questões relacionadas com a prática profissional dos geocientistas, a Geoética evoluiu para uma abordagem mais abrangente que inclui temas como a utilização sustentável dos recursos naturais, a gestão

dos riscos naturais, a justiça ambiental, a responsabilidade intergeracional e a sustentabilidade planetária (Koupatsiaris & Drinia, 2026; Mendonça et al., 2025; Peppoloni & Di Capua, 2026; Vasconcelos & Orion, 2021).

Apesar das suas especificidades, a Bioética e a Geoética partilham princípios e preocupações comuns. Ambas reconhecem que as decisões humanas têm consequências que ultrapassam, frequentemente, o curto prazo e os interesses individuais, exigindo uma análise cuidadosa das suas implicações sociais, ambientais e éticas. Conceitos como responsabilidade, justiça, sustentabilidade, solidariedade, bem comum e respeito pelas gerações futuras assumem um papel central em ambos os campos.

Estas convergências tornam-se particularmente evidentes ao analisarmos muitos dos desafios contemporâneos. A exploração de recursos minerais necessários para a transição energética envolve, simultaneamente, questões ambientais, sociais e de justiça. As alterações climáticas afetam ecossistemas, economias e a saúde humana. As decisões relacionadas com a investigação científica podem gerar benefícios significativos para a sociedade, mas também suscitar preocupações relativas aos direitos humanos, à proteção dos seres vivos ou à distribuição equitativa dos seus benefícios. Em situações desta natureza, as fronteiras entre a Bioética e a Geoética tornam-se frequentemente difusas, revelando a necessidade de abordagens integradas.

No contexto da educação em ciências, a articulação entre estes dois referenciais oferece oportunidades para analisar problemas reais e socialmente relevantes a partir de diferentes perspetivas, reconhecer conflitos de valores, ponderar consequências e fundamentar decisões (Chowning et al., 2012; Cooke & Hubbard, 2022; Mogk et al., 2018).

A Figura 1 sintetiza este enquadramento, situando a Bioética e a Geoética no âmbito da dimensão ética da Educação em Ciências e evidenciando o seu contributo para a articulação entre ciência, ética e cidadania.

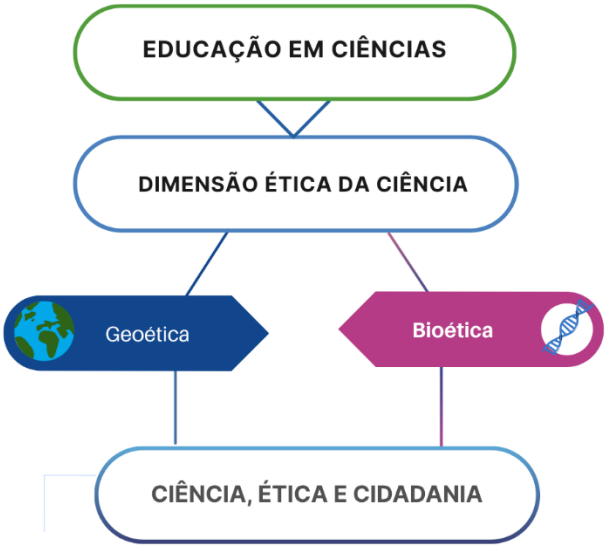


Figura 1.
Enquadramento da Bioética e da Geoética na articulação entre Educação em Ciências, Ética e Cidadania (Adaptado de Paz, 2026).

É esta perspetiva complementar que orienta a presente obra: não se trata de escolher entre Bioética e Geoética, mas de reconhecer o contributo de ambas para uma educação em ciências capaz de articular conhecimento científico, reflexão ética e cidadania.

1.4. O potencial da Educação Não Formal para a exploração de questões bioéticas e geoéticas

A educação não formal compreende práticas educativas organizadas e intencionais que decorrem fora das estruturas escolares tradicionais. A maior flexibilidade na organização dos tempos, espaços, conteúdos e estratégias educativas permite criar experiências de aprendizagem particularmente ajustadas aos participantes e aos contextos em que se desenvolvem (Johnson & Majewska, 2022; Tudor, 2013).

Estas características tornam a educação não formal particularmente propícia à exploração de questões sociocientíficas. A possibilidade de recorrer a debates, jogos, dramatizações, estudos de caso, atividades de modelação ou outras estratégias participativas cria oportunidades para investigar problemas, confrontar diferentes perspetivas, argumentar e refletir sobre as implicações éticas das decisões. Estes ambientes podem, assim, favorecer não apenas a aprendizagem de conhecimentos científicos, mas também o envolvimento dos participantes e o desenvolvimento do pensamento crítico, da colaboração e da participação ativa (Eshach, 2007; Berg et al., 2021).

Esta flexibilidade assume especial relevância na abordagem de questões bioéticas e geoéticas, frequentemente caracterizadas pela complexidade, pela existência de diferentes perspetivas e pela necessidade de articular conhecimento científico, valores e responsabilidades. Alguns dos constrangimentos associados à exploração destas questões no ensino formal, designadamente a disponibilidade de tempo, as exigências curriculares ou a preparação necessária para gerir temas controversos, podem ser atenuados em contextos não formais, proporcionando maior espaço para a discussão, a deliberação e a exploração de problemas socialmente relevantes (Chen & Xiao, 2021; Nielsen et al., 2020).

A educação não formal não é, contudo, entendida nesta obra como uma alternativa ao ensino formal, nem como um contexto de menor exigência científica ou pedagógica. Pode, antes, funcionar como um laboratório pedagógico, no qual é possível experimentar e aprofundar abordagens educativas participativas e explorar formas de articulação entre ciência, ética e cidadania, algumas das quais poderão, posteriormente, ser adaptadas a contextos escolares (Gross & Rutland, 2017; Paraskeva-Hadjichambi et al., 2020).

Embora concebidos neste contexto, os recursos mantêm um caráter flexível e adaptável, permitindo a sua utilização noutros contextos educativos, incluindo o ensino formal, possibilidade que será retomada posteriormente neste livro.

Capítulo 2. Da Teoria à Prática: Conceção dos recursos educativos

2.1. O contexto do projeto

Os recursos educativos apresentados neste livro foram desenvolvidos no âmbito de um projeto de doutoramento dedicado à promoção da literacia científica, da reflexão ética e da cidadania junto de crianças e jovens. A conceção destes recursos foi precedida por um estudo exploratório realizado junto de professores portugueses de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia (Paz & Vasconcelos, 2026), que procurou compreender de que forma temas de Bioética e Geoética são abordados no ensino das ciências.

Os resultados desse estudo revelaram que os professores reconhecem a relevância educativa destas temáticas e valorizam particularmente o seu contributo para o desenvolvimento de competências como o pensamento crítico, a argumentação e a tomada de decisão. Simultaneamente, identificaram diversos obstáculos à sua implementação, nomeadamente a extensão dos programas curriculares, a falta de tempo e a escassez de formação específica e de recursos educativos adequados.

Foi neste contexto que surgiu a necessidade de desenvolver recursos educativos que permitissem abordar questões bioéticas e geoéticas de forma contextualizada, participativa e adaptada a diferentes públicos. Os recursos educativos integraram um percurso mais amplo de educação para a cidadania, culminando na conceção e apresentação de uma peça de teatro sobre Bioética e Geoética dirigida a outros jovens da instituição. Embora o presente livro se centre nos recursos educativos desenvolvidos ao longo desse percurso, importa reconhecer que estes foram originalmente concebidos como parte de uma experiência educativa orientada para a participação e o envolvimento cívico.

2.2. Seleção dos temas

Partindo dos resultados do referido estudo, dos objetivos do projeto e dos interesses manifestados pelos participantes, foram definidos vários critérios para a seleção dos temas. Foram privilegiadas questões que ocupam um lugar de destaque nos debates científicos e sociais contemporâneos, permitindo aos participantes compreender a relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Em segundo lugar, os temas deveriam possuir potencial para gerar reflexão ética e discussão de dilemas autênticos. A intenção não era fornecer respostas pré-definidas, mas criar oportunidades para que os participantes analisassem

diferentes perspetivas, ponderassem consequências e justificassem as suas posições com base em evidências e valores explicitados. Um terceiro critério relacionou-se com a contextualização das aprendizagens. Sempre que possível, procurou-se aproximar os temas da realidade dos participantes, favorecendo a ligação entre os conteúdos explorados e experiências ou problemas reconhecidos como relevantes para o seu quotidiano. Esta preocupação esteve particularmente presente na seleção do recurso dedicado às cheias na cidade do Porto, concebido a partir de um fenómeno próximo da realidade local dos participantes.

Foram igualmente considerados os interesses e curiosidades manifestados pelos próprios participantes durante as sessões exploratórias iniciais do projeto, procurando favorecer o seu envolvimento nas atividades e na discussão dos temas. Finalmente, todos os temas foram selecionados pelo seu potencial para contribuir para a formação de cidadãos cientificamente informados, eticamente conscientes e socialmente responsáveis. Neste sentido, os recursos procuram articular conhecimento científico, reflexão ética e participação cidadã, em consonância com uma educação em ciências orientada para a cidadania e a sustentabilidade.

A Tabela 1 apresenta uma síntese da organização temática dos recursos educativos e das principais questões neles exploradas.

Tabela 1.
Organização dos recursos educativos apresentados

Módulo temático	Recurso educativo	Principais questões exploradas
Biodiversidade, saúde e intervenção humana	I. Desextinção de espécies	Biodiversidade, intervenção humana, benefícios, riscos e responsabilidade
Direitos humanos e investigação científica	II. Consentimento informado em medicina	Consentimento informado, direitos humanos, justiça e dignidade humana
Ciência, tecnologia e responsabilidade ética	III. Animais na investigação científica	Bem-estar animal, conflito de valores e progresso científico
Recursos naturais e sustentabilidade	IV. Mineração do fundo do mar	Sustentabilidade, transição energética e gestão de recursos naturais
Risco sísmico e responsabilidade	V. Risco sísmico	Gestão do risco, prevenção e responsabilidade coletiva
Alterações climáticas e resiliência comunitária	VI. Fenómenos climáticos extremos	Fenómenos climáticos extremos, vulnerabilidade urbana e resiliência comunitária

Embora os recursos estejam organizados em módulos temáticos, cada proposta foi concebida para poder ser utilizada de forma autónoma, permitindo aos professores e educadores selecionar as atividades mais adequadas aos seus objetivos, contexto educativo e disponibilidade temporal.

2.3. Estratégias educativas utilizadas

A seleção das estratégias utilizadas nos recursos educativos foi orientada por princípios socioconstrutivistas da aprendizagem (Vygotsky, 1978), privilegiando o envolvimento ativo dos participantes e a construção do conhecimento através da interação com os outros. Em vez de assumirem um papel passivo na receção de informação, os participantes foram convidados a investigar problemas, analisar evidências, partilhar e confrontar diferentes perspetivas, construir e discutir argumentos e negociar significados em processos de reflexão e decisão partilhados. A aprendizagem é, assim, entendida como um processo simultaneamente ativo e social, no qual o diálogo, a colaboração e a interação entre os participantes contribuem para a construção de conhecimento e para a reflexão sobre possíveis formas de ação (John-Steiner & Mahn, 1996; Lehtinen et al., 2023; OECD, 2019). As metodologias selecionadas incluíram estratégias como o role-play, a modelação, os jogos educativos, a análise de casos, os debates estruturados e a dramatização. A diversidade metodológica procurou favorecer diferentes formas de participação e mobilizar simultaneamente dimensões cognitivas, sociais e emocionais da aprendizagem (Garner et al., 2018; OECD, 2019).

O role-play e a dramatização permitiram explorar diferentes perspetivas, desenvolver empatia e promover a compreensão da complexidade inerente às questões sociocientíficas, favorecendo simultaneamente o pensamento crítico, a argumentação e a tomada de decisão fundamentada (Verhoeff, 2017; Zeidler & Nichols, 2009; Steube et al., 2024). Os estudos de caso favoreceram a contextualização dos problemas e a aplicação dos conhecimentos científicos a situações reais, constituindo uma abordagem amplamente utilizada no ensino da Geoética e da sustentabilidade (Vasconcelos et al., 2020). Os jogos educativos promoveram motivação, participação e envolvimento ativo dos participantes, contribuindo para a aprendizagem significativa e para o desenvolvimento de competências de cidadania (Koenigstein et al., 2020). As atividades de modelação facilitaram a compreensão de conceitos científicos complexos e das interações entre subsistemas, apoiando processos de mudança conceptual e pensamento sistémico (Gilbert & Justi, 2016; Ke et al., 2021; Bielik et al., 2023). Finalmente, os debates e discussões estruturadas estimularam a argumentação

baseada em evidências, a análise crítica de diferentes perspetivas e a deliberação sobre problemas socialmente relevantes (Sadler, 2004; Högström et al., 2025).

Em conjunto, estas estratégias procuraram criar ambientes de aprendizagem capazes de articular o conhecimento científico, a reflexão ética e a participação cidadã, contribuindo para o desenvolvimento de competências necessárias à tomada de decisões responsáveis em contextos de incerteza e de sustentabilidade (OECD, 2019; OECD, 2025).

2.4. O modelo (Cons)Ciência & Cidadania

A análise do processo de conceção e implementação dos recursos educativos permitiu identificar um conjunto de etapas comuns que, apesar de terem sido aplicadas a temas distintos, estiveram presentes de forma recorrente nas diferentes atividades desenvolvidas. Estas etapas constituem a base do modelo (Cons)Ciência & Cidadania, uma proposta que procura articular conhecimento científico, reflexão ética e participação cidadã na abordagem de questões sociocientíficas contemporâneas.

A proposta apresentada neste livro inspira-se em abordagens centradas nas questões sociocientíficas, na literacia científica para a cidadania e nos princípios da Bioética e da Geoética. Partindo de problemas reais e socialmente relevantes, os participantes são convidados a explorar os conhecimentos científicos necessários para compreender a situação em análise, identificar os valores e responsabilidades envolvidos, discutir diferentes perspetivas, construir argumentos fundamentados e refletir sobre possíveis formas de ação responsável e orientada para a sustentabilidade.

A Figura 2 sintetiza a estrutura concetual que orientou o desenvolvimento dos recursos apresentados neste livro.

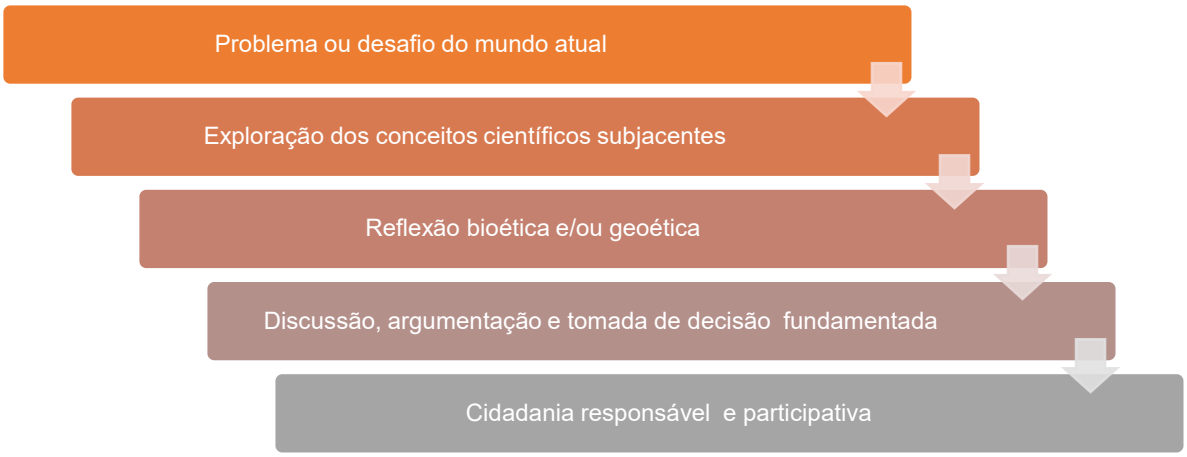


Figura 2.
Representação do modelo (Cons)Ciência & Cidadania

Importa salientar que as etapas apresentadas não devem ser entendidas como uma sequência rígida ou linear. Ao longo das atividades educativas, os participantes podem regressar a momentos anteriores, reformular posições, procurar novas evidências ou aprofundar a análise de determinadas questões. Ainda assim, a sua representação permite explicitar os principais elementos que orientaram a conceção dos recursos educativos apresentados nesta obra e que poderão igualmente apoiar professores e educadores na criação de novas atividades centradas na articulação entre ciência, ética e cidadania.

Tabela 2.
O modelo (Cons)Ciência & Cidadania: etapas, questões orientadoras e objetivos

Etapa	Questão orientadora	Objetivos
Problema ou desafio	O que está em causa? Porque é importante?	Despertar o interesse e contextualizar a aprendizagem
Exploração científica	Qual a ciência por trás desta questão?	Promover a literacia científica e a análise de evidências
Reflexão bioética e/ou geoética	Quais os valores, os direitos e as responsabilidades envolvidos?	Identificar valores e responsabilidades; desenvolver pensamento crítico
Discussão, argumentação e tomada de decisão fundamentada	Que posições podem ser defendidas? Com que fundamentos? Que decisão pode ser tomada perante as evidências e os valores analisados?	Desenvolver a argumentação, a comunicação e o pensamento crítico; promover a tomada de decisão fundamentada.
Cidadania responsável e participativa	Como podemos agir enquanto cidadãos?	Promover uma cidadania responsável e participativa

Embora os recursos educativos apresentados neste livro incidam sobre temas específicos de Bioética e Geoética, o modelo proposto pode ser aplicado a uma grande diversidade de questões sociocientíficas. Professores e educadores poderão utilizá-lo para conceber novas atividades relacionadas com desafios contemporâneos como as alterações climáticas, a inteligência artificial, a conservação da biodiversidade, a utilização de tecnologias emergentes ou a gestão sustentável dos recursos naturais. Deste modo, os recursos educativos apresentados nesta obra não constituem apenas exemplos de atividades didáticas, mas também ilustrações de uma abordagem educativa que procura articular conhecimento científico, reflexão ética e cidadania.

Neste percurso, a cidadania não constitui uma etapa desligada das anteriores, mas a finalidade para a qual converge a articulação entre conhecimento científico, reflexão ética, argumentação e tomada de decisão. O modelo procura, assim, apoiar experiências educativas que contribuam para uma participação informada, responsável e fundamentada perante questões sociocientíficas.

Capítulo 3. Recursos Educativos

Os seis recursos educativos apresentados nesta publicação constituem propostas de exploração de questões sociocientíficas através da articulação entre conhecimento científico, reflexão ética, argumentação e tomada de decisão. Concebidos e implementados originalmente em contexto de educação não formal, procuram proporcionar situações de aprendizagem nas quais os participantes são chamados a compreender problemas atuais, analisar evidências, confrontar diferentes perspetivas e refletir sobre as implicações das decisões humanas.

Os três primeiros recursos centram-se predominantemente em questões de Bioética, relacionadas com a biodiversidade, a saúde, a investigação biomédica e as aplicações da tecnologia à vida. Os três recursos seguintes exploram questões de Geoética, relacionadas com a utilização dos recursos naturais, os riscos geológicos, a vulnerabilidade das populações e a sustentabilidade das interações entre o Homem e o sistema Terra.

Embora organizados nestes dois domínios, os recursos educativos partilham o percurso pedagógico apresentado no capítulo anterior e sintetizado no modelo (Cons)Ciência & Cidadania.

Apesar de cada recurso constituir uma proposta autónoma e adaptável a diferentes públicos-alvo, todos apresentam um conjunto de elementos comuns: i) um título temático; ii) uma breve contextualização do tema e do problema ou desafio a explorar; iii) a identificação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 mobilizados pelo recurso; iv) a explicitação da finalidade e dos objetivos de aprendizagem; v) a indicação dos materiais necessários; vi) a apresentação das atividades propostas, organizadas em etapas e acompanhadas de orientações para a sua implementação; vii) questões, situações ou desafios destinados a promover a pesquisa, a análise de informação, a discussão, a argumentação e a reflexão ética; viii) uma atividade de ampliação, que permite aprofundar ou explorar uma nova dimensão relacionada com o tema central do recurso; ix) um momento final de reflexão, com a participação da Eva, nos recursos de Bioética, ou do Dário, nos recursos de Geoética, acompanhado de uma ideia-chave para recordar; e x) referências e fontes de informação que fundamentam cientificamente os conteúdos e permitem o aprofundamento dos temas. Os seis recursos completos encontram-se disponíveis nos Apêndices 1 (páginas 37 a 62) e 2 (páginas 63 a 89). A implementação de alguns destes recursos em contexto de educação não formal foi também objeto de investigação, nomeadamente dos RE II e V (Paz & Vasconcelos, 2024) e do RE IV (Paz & Vasconcelos, 2025).

3.1. Recursos educativos para a aprendizagem de Bioética

Os avanços científicos e tecnológicos das últimas décadas têm ampliado significativamente a capacidade humana de intervir sobre a vida. A engenharia genética, as biotecnologias, a investigação biomédica e, mais recentemente, a inteligência artificial aplicada à saúde abrem novas possibilidades para a compreensão, prevenção e tratamento de doenças, para a conservação da biodiversidade e para a melhoria da qualidade de vida. Simultaneamente, estas possibilidades colocam questões que não podem ser respondidas apenas através do conhecimento científico: importa refletir sobre os limites da intervenção humana, os benefícios e riscos associados às diferentes opções, os direitos e interesses envolvidos e as responsabilidades decorrentes das decisões tomadas.

É neste espaço de diálogo entre ciência, tecnologia, valores e sociedade que se situam os três recursos educativos de Bioética apresentados nesta publicação. Concebidos originalmente para um contexto de educação não formal, os recursos partem de questões sociocientíficas contemporâneas para promover a compreensão dos conhecimentos científicos necessários à análise dos problemas e, simultaneamente, criar oportunidades de reflexão ética, discussão e tomada de decisão fundamentada. Esta abordagem procura colocar os participantes perante situações em que diferentes conhecimentos, valores, interesses e perspetivas podem entrar em confronto, reconhecendo que muitas das decisões relacionadas com a ciência e a tecnologia não apresentam respostas simples ou universalmente consensuais.

Os três recursos exploram diferentes campos de aplicação da Bioética:

- **Recurso educativo I:** A Bioética decide: desextinção ou não, eis a questão! (Apêndice 1, páginas 37 a 45)

  A possibilidade de recuperar espécies extintas constitui o ponto de partida para refletir sobre os limites da intervenção humana na biodiversidade e sobre os benefícios, riscos e responsabilidades associados ao desenvolvimento científico e tecnológico. Através da pesquisa, da representação de diferentes perspetivas numa conferência e do debate estruturado, os participantes são desafiados a construir argumentos e a tomar uma posição fundamentada sobre a desextinção.

- **Recurso Educativo II:** Uma viagem pela história da Bioética: de Henrietta Lacks aos desafios da investigação biomédica (Apêndice 1, páginas 46 a 53)

  A história de Henrietta Lacks constitui o ponto de partida para explorar a evolução da Bioética e refletir sobre a relação entre investigação científica, direitos humanos e consentimento informado. Através de uma atividade gamificada e de trabalho cooperativo, os participantes percorrem diferentes momentos da história da Bioética e analisam o contributo das células HeLa para o desenvolvimento científico e médico. Numa atividade de ampliação, são desafiados a assumir o papel de membros de um comité de ética e a deliberar sobre a utilização de embriões humanos na investigação biomédica, fundamentando a sua decisão nos princípios bioéticos.

- **Recurso Educativo III:** Bioética em ação: do uso de animais na investigação biomédica à inteligência artificial na medicina (Apêndice 1, páginas 54 a 62)

  A utilização de animais na investigação biomédica constitui o ponto de partida para refletir sobre os benefícios e limites da investigação científica, o bem-estar animal e os conflitos de valores associados à produção de conhecimento. Através do posicionamento num continuum de opiniões, da argumentação e da análise de informação, os participantes são convidados a justificar e reconsiderar as suas posições, alargando posteriormente a reflexão aos desafios bioéticos associados à utilização da inteligência artificial na medicina.

Ao longo destes três recursos são explorados diferentes desafios relacionados com a vida, a saúde, a investigação científica e a relação dos seres humanos com outros seres vivos. Embora os temas sejam distintos, emergem várias questões comuns: Como tomar decisões responsáveis? Como equilibrar benefícios e riscos? Como respeitar a dignidade humana e outras formas de vida? Como promover a justiça perante diferentes interesses e desigualdades?

A Bioética não fornece respostas universais para estas questões. Em vez disso, oferece referenciais e ferramentas que ajudam a analisar problemas complexos, compreender diferentes perspetivas, reconhecer os valores envolvidos e fundamentar decisões.

É neste espaço de diálogo entre conhecimento científico, reflexão ética e tomada de decisão que se encontra o fio condutor dos três recursos: Como devemos utilizar o conhecimento científico de forma responsável?

3.2. Recursos educativos para a aprendizagem de Geoética

As sociedades fazem parte do sistema Terra, um sistema complexo e dinâmico no qual atmosfera, hidrosfera, geosfera, biosfera e criosfera interagem continuamente. As atividades humanas influenciam estas interações e podem provocar alterações com consequências nos diferentes componentes do sistema. Esta visão holística do planeta permite compreender que alterações numa das suas componentes podem produzir consequências noutras e que muitos dos desafios contemporâneos resultam precisamente da complexidade dessas interações (Orion, 2019). A exploração de recursos geológicos, a ocupação do território, as alterações climáticas e a exposição das populações a riscos naturais constituem exemplos de problemas em que o conhecimento científico é essencial, mas não suficiente para orientar as decisões. Estas questões envolvem igualmente valores, interesses, responsabilidades e consequências para as pessoas, as comunidades, o ambiente e as gerações futuras.

É neste contexto de interdependência entre os diferentes componentes do sistema Terra e de interação entre o Homem e o planeta que se situam os três recursos educativos de Geoética apresentados nesta publicação. Concebidos originalmente para um contexto de educação não formal, os recursos partem de problemas reais e socialmente relevantes para promover uma compreensão integrada dos processos do sistema Terra e das suas relações com as atividades humanas, criando simultaneamente oportunidades de reflexão sobre as responsabilidades individuais e coletivas associadas às decisões tomadas. A abordagem geoética permite, deste modo, ultrapassar uma leitura fragmentada dos problemas e considerar as suas dimensões científicas, ambientais, sociais e éticas, bem como as suas implicações para a sustentabilidade.

Os três recursos exploram diferentes campos de aplicação da Geoética:

- **Recurso Educativo IV:** *(Cons)Ciência nas profundezas: como conciliar a exploração mineira submarina com a sustentabilidade dos oceanos?* (Apêndice 2, páginas 63 a 72)

  A possibilidade de explorar os recursos minerais dos fundos oceânicos constitui o ponto de partida para refletir sobre as necessidades de matérias-primas, os potenciais impactos da mineração submarina e as responsabilidades

associadas à utilização sustentável dos recursos do planeta. Através de uma caça ao tesouro, da pesquisa, da representação de diferentes perspetivas num *role-play* e da modelação de possíveis impactos da exploração, os participantes são desafiados a confrontar diferentes interesses e argumentos e a tomar uma posição fundamentada sobre a exploração mineira dos fundos oceânicos.

- **Recurso Educativo V:** *Os sismos e a Geoética: da avaliação dos riscos à proteção das populações* (Apêndice 2, páginas 73 a 79)

  Os sismos e as suas consequências para as populações constituem o ponto de partida para explorar a relação entre conhecimento científico, risco e responsabilidade. Através da construção e utilização de modelos, da análise de diferentes fatores de vulnerabilidade e da discussão de medidas de prevenção e proteção, os participantes são desafiados a compreender que as consequências de um fenómeno natural dependem não apenas das suas características, mas também das decisões humanas relativas à ocupação do território, à construção e à preparação das comunidades.

- **Recurso Educativo VI:** *Desequilíbrios nos ecossistemas urbanos: ação geoética como garantia de maior resiliência das cidades perante eventos climáticos extremos* (Apêndice 2, páginas 80 a 89)

  As cheias ocorridas na cidade do Porto constituem o ponto de partida para analisar a vulnerabilidade dos ecossistemas urbanos perante eventos climáticos extremos e refletir sobre a influência das atividades humanas na sua ocorrência e nos seus impactos. Através da análise de um caso real, de notícias, vídeos e outros documentos, os participantes exploram a interação entre fatores naturais e antrópicos, discutem medidas de mitigação e adaptação e refletem sobre as responsabilidades dos cidadãos e dos decisores na construção de cidades mais resilientes.

Ao longo destes três recursos são explorados desafios relacionados com a utilização dos recursos naturais, os riscos geológicos, as alterações climáticas e a resiliência das comunidades. Embora os temas sejam distintos, emergem várias questões comuns: Como utilizar os recursos do planeta de forma responsável? Como reduzir os riscos para as populações? Como conciliar diferentes necessidades e interesses? Que responsabilidades temos perante as comunidades, o ambiente e as gerações futuras?

A Geoética não fornece respostas universais para estas questões. Em vez disso, oferece referenciais que ajudam a compreender as implicações éticas das interações entre o Homem e o sistema Terra, reconhecendo o planeta através de uma visão holística e integrada, na qual processos naturais, sistemas vivos e sociedades humanas se encontram interligados. Esta perspetiva permite reconhecer diferentes interesses e responsabilidades e fundamentar decisões perante problemas complexos.

É neste espaço de diálogo entre conhecimento científico, reflexão ética e tomada de decisão que se encontra o fio condutor dos três recursos sobre geoética: Como devemos relacionar-nos com o sistema Terra de forma responsável?

Capítulo 4. Do contexto de Educação Não Formal à Educação Formal em Ciências

Os recursos educativos apresentados neste livro foram concebidos e implementados em contextos de educação não formal, pelo que as respetivas fichas técnicas não incluem indicações relativas ao ano de escolaridade, à duração das atividades ou ao enquadramento curricular. Contudo, pelas suas características pedagógicas e pelos temas abordados, considera-se que podem ser adaptados à educação formal. Esta adaptação não altera a conceção original dos recursos, mas procura evidenciar algumas possibilidades para a sua utilização em contexto escolar.

4.1. Integração dos recursos educativos na Educação Formal

A implementação destes recursos na educação formal encontra igualmente suporte nos documentos curriculares portugueses. Em particular, as estratégias propostas promovem o desenvolvimento de diversas áreas de competências previstas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, nomeadamente o pensamento crítico e criativo, o raciocínio e a resolução de problemas, o relacionamento interpessoal, o desenvolvimento pessoal e a autonomia, bem como o saber científico, técnico e tecnológico. A natureza participativa das atividades favorece igualmente competências de comunicação, colaboração, argumentação e tomada de decisão fundamentada, em consonância com uma educação em ciências orientada para a cidadania e a sustentabilidade.

A tabela seguinte apresenta sugestões de integração curricular, incluindo possíveis anos de escolaridade, disciplinas e articulações com as Aprendizagens Essenciais e com a Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania (ENEC). Estas propostas têm um caráter orientador e deverão ser ajustadas pelos professores em função dos objetivos de aprendizagem, das características dos alunos e da organização pedagógica de cada contexto educativo.

Tabela 3.
Sugestões de integração curricular dos recursos educativos na Educação Formal.

RE	Anos sugeridos	Disciplina(s)	Exemplos de Aprendizagens Essenciais (AE) trabalhadas	Domínios ENEC	Estratégias pedagógicas
I	8.º; 10.º; 11.º	CN; BG	8.º CN: analisar impactes da ação humana nos ecossistemas; discutir causas e consequências da alteração dos ecossistemas e opções para a sua conservação. 10.º BG: relacionar diversidade biológica com intervenções antrópicas, incluindo extinção e conservação de espécies.	Desenvolvimento Sustentável;	Role-play; Debate
II	9.º; 11.º; 12.º	CN; BG; Biologia	9.º CN: discutir o contributo da ciência e tecnologia para a evolução do conhecimento genético e das suas aplicações na sociedade. 11.º BG: expressão da informação genética, mutações e construção do conhecimento biológico; mobilização transversal da história e natureza da ciência. 12.º Biologia: engenharia genética, manipulação do ADN e avaliação das potencialidades, limitações e questões bioéticas associadas à informação genética.	Direitos Humanos; Saúde	Escape-room educativo
III	11.º; 12.º	BG; Biologia	Sobretudo AE transversais: pesquisar e sistematizar informação; formular e comunicar opiniões críticas cientificamente fundamentadas em contexto CTSA; analisar situações reais, argumentar e confrontar diferentes pontos de vista.	Saúde; Direitos Humanos	Jogo; discussão em grupo
IV	8.º; 11.º	CN; BG	8.º CN: caracterizar formas de exploração dos recursos naturais; discutir os seus impactes e propor medidas de redução e promoção da sustentabilidade. 11.º BG: interpretar processos de exploração de recursos geológicos, considerando potencialidades, sustentabilidade e impactes nos subsistemas da Terra, e formular juízos críticos sobre a exploração sustentável.	Desenvolvimento sustentável	Role-play; Modelação

V	7.º; 10.º	CN; BG	7.º CN: interpretar sismogramas e cartas de isossistas e o seu papel na identificação do risco sísmico; discutir medidas de proteção de pessoas e bens antes, durante e após um sismo. 10.º BG: caracterizar ondas sísmicas, determinar epicentros e relacionar a Tectónica de Placas, a sismicidade e a prevenção dos riscos geológicos.	Risco e Segurança Rodoviária	Modelação; Simulação
VI	8.º; 12.º	CN; Geologia	8.º CN: discutir causas e consequências das alterações dos ecossistemas e sua relação com o desenvolvimento sustentável; distinguir catástrofes naturais e antrópicas e discutir medidas para diminuir os seus impactes; 12.º Geologia: discutir as relações entre atividades antropogénicas e mudanças ambientais; inferir cenários associados ao aquecimento global.	Desenvolvimento Sustentável; Risco e Segurança Rodoviária	Estudo de caso real;

Nota. Para além das AE específicas indicadas na tabela, todos os recursos foram construídos de forma a mobilizar aprendizagens de natureza transversal, designadamente a pesquisa e sistematização de informação, a análise crítica de problemas atuais, a construção e comunicação de opiniões cientificamente fundamentadas, a argumentação e a articulação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

Num enquadramento mais amplo da Educação em Ciências, estes recursos podem ser entendidos como exemplos de articulação entre conhecimento científico, reflexão ética e tomada de decisão. A Bioética e a Geoética oferecem referenciais complementares para a análise de diferentes desafios científicos, tecnológicos, ambientais e sociais. Como sintetiza a Figura 3, a abordagem de questões relacionadas com a vida, a saúde e a tecnologia, por um lado, e com as interações entre o Homem e o sistema Terra, por outro, pode contribuir para o desenvolvimento de uma cidadania responsável e orientada para a sustentabilidade.

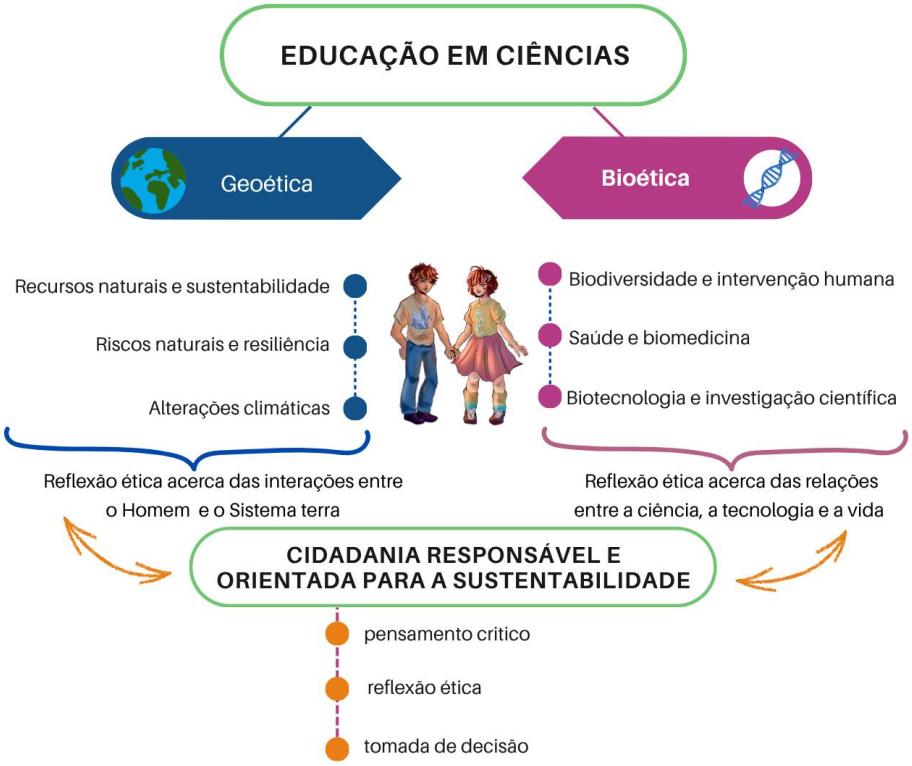


Figura 3.
Contributos da Bioética e da Geoética para uma cidadania responsável e orientada para a sustentabilidade (Adaptado de Paz & Vasconcelos, 2026).

Esta perspetiva integrada reforça o potencial educativo destes recursos e sustenta a sua adaptação a diferentes contextos da educação em ciências.

4.2. Crie o seu próprio recurso educativo

A abordagem aqui proposta não se limita aos seis recursos apresentados, podendo ser aplicada à exploração de outras questões sociocientíficas relevantes. A Tabela 4 procura apoiar professores e educadores na conceção dos seus próprios recursos educativos, através da aplicação das etapas do modelo (Cons)Ciência & Cidadania apresentado no Capítulo 2.

Tabela 4.
Aplicação do modelo “(Cons)Ciência & Cidadania” a novas questões sociocientíficas

Etapa	Questões orientadoras para a conceção do recurso	Exemplo de aplicação
1. Problema ou desafio do mundo atual	Que questão sociocientífica pretendo explorar? É atual e relevante para os participantes? Permite diferentes perspetivas ou possibilidades de decisão? Que situação, notícia, caso ou problema pode servir de ponto de partida?	Deve a edição genética ser utilizada para modificar culturas agrícolas tornando-as mais resistentes às alterações climáticas?
2. Exploração dos conceitos científicos subjacentes	Quais são os conhecimentos científicos necessários para compreender o problema? Quais os conceitos a explorar? Quais fontes, dados, modelos, vídeos ou outras evidências podem apoiar essa compreensão?	Genes, expressão genética, edição genética, seleção, biodiversidade
3. Reflexão bioética e/ou geoética	Quais são os valores, os princípios, os interesses e as responsabilidades envolvidos? Quais são as consequências das diferentes opções? Quem ou o quê pode ser afetado? Quais são as dimensões bioéticas e/ou geoéticas presentes?	Segurança, justiça no acesso, biodiversidade, responsabilidade perante ecossistemas e gerações futuras
4. Discussão, argumentação e tomada de decisão fundamentada	Quais são as perspetivas que devem ser confrontadas? Como promover a argumentação baseada simultaneamente no conhecimento científico e na reflexão ética? Qual(is) a(s) estratégia (s) a utilizar? Quais são as decisões ou posições fundamentadas que serão solicitadas aos participantes?	Agricultores, cientistas, consumidores, empresas, ambientalistas. Ponderação de benefícios, riscos e incertezas;
5. Cidadania responsável e participativa	O que podem os participantes retirar desta reflexão para a sua atuação enquanto cidadãos? Quais as responsabilidades individuais e coletivas identificadas? Existem possibilidades de ação? Como relacionar a decisão com justiça, sustentabilidade e responsabilidade perante os outros e o planeta?	Consumo informado, políticas alimentares, sustentabilidade, responsabilidade individual e coletiva

A Tabela 4 permite estruturar o percurso concetual e educativo do recurso, partindo de uma questão sociocientífica e articulando a compreensão do conhecimento científico com a reflexão bioética e/ou geoética, a argumentação e a tomada de decisão. O exemplo apresentado mobiliza, simultaneamente, dimensões de âmbito bioético e geoético, procurando evidenciar o caráter complementar destes dois referenciais na análise de questões sociocientíficas complexas.

Definido este percurso, importa traduzi-lo numa proposta educativa concretamente aplicável, ajustada às características dos participantes e ao contexto em que será desenvolvida.

Para esse efeito, a planificação deverá explicitar os objetivos da aprendizagem, os destinatários, os materiais necessários, as metodologias e/ou as estratégias educativas a utilizar, bem como a sequência de desenvolvimento da atividade. Deverá ainda prever um momento final de reflexão ou de avaliação, que permita aos participantes integrar o conhecimento científico mobilizado, as diferentes perspetivas consideradas e as implicações éticas das decisões discutidas.

A Tabela 5 constitui uma proposta de apoio a essa planificação, podendo ser adaptada livremente às características de cada recurso e aos diferentes contextos de educação formal ou não formal.

Tabela 5.
Sugestão de ficha de planificação da atividade

Título da atividade	
Questão sociocientífica/problema de partida	
Contexto educativo	☐ Formal ☐ Não formal
Aprendizagens Essenciais mobilizadas (quando aplicável)	
Duração prevista	
Objetivos da aprendizagem	
Dimensão abordada (bioética e/ou geoética)	
Materiais/recursos necessários	
Metodologia/estratégia(s) educativa(s)	
Desenvolvimento da atividade	
Questões orientadoras para a discussão	
Tomada de posição/decisão	
Reflexão final	
Transposição para a ação	
Avaliação das aprendizagens	
Atividade(s) de ampliação	

Considerações finais

Os desafios científicos e tecnológicos do século XXI colocam-nos perante decisões cada vez mais complexas, cujas respostas não dependem exclusivamente do conhecimento científico. Questões relacionadas com a saúde, a biodiversidade, a utilização dos recursos naturais, os riscos naturais ou as alterações climáticas evidenciam que compreender a ciência é uma condição necessária, mas não suficiente. Torna-se igualmente indispensável desenvolver a capacidade de refletir sobre valores, ponderar diferentes perspetivas, antecipar consequências e assumir responsabilidades enquanto cidadãos.

Foi neste enquadramento que este livro reuniu um conjunto de recursos educativos concebidos para apoiar educadores e professores na integração da Bioética e da Geoética em diversos contextos educativos. Embora abordem temas distintos, todos os recursos visam criar oportunidades para que os participantes explorem problemas reais, mobilizem conhecimentos científicos, debatam diferentes pontos de vista e tomem decisões fundamentadas. Mais do que transmitir respostas, pretendem estimular a curiosidade, a reflexão crítica, a argumentação e a participação responsável perante os desafios que marcam a sociedade contemporânea.

A complementaridade entre Bioética e Geoética constitui um dos elementos estruturantes desta obra. Enquanto a Bioética orienta a reflexão sobre questões relacionadas com a vida, a saúde, a biotecnologia e os direitos humanos, a Geoética centra a atenção nas responsabilidades associadas às interações entre o Homem e o sistema Terra, nomeadamente no que respeita à utilização dos recursos naturais, aos riscos geológicos e à sustentabilidade. A articulação destes dois referenciais permite uma abordagem mais abrangente da educação em ciências, favorecendo a compreensão de que muitas decisões exigem simultaneamente conhecimento científico, reflexão ética e compromisso cívico.

Os recursos apresentados não constituem propostas fechadas nem pretendem esgotar as possibilidades de exploração dos temas abordados. A sua natureza flexível permite adaptá-los a diferentes participantes, objetivos e contextos educativos, bem como utilizá-los como ponto de partida para a exploração de novas questões sociocientíficas.

A educação para os desafios do século XXI exige, assim, uma visão que ultrapasse a mera transmissão de conhecimento científico e valorize a formação de pessoas capazes de refletir, compreender perspetivas diversas, tomar decisões responsáveis e contribuir para sociedades mais justas e sustentáveis. Neste contexto, a articulação entre Bioética e Geoética pode contribuir para uma educação em ciências mais humana, ética, solidária e orientada para a sustentabilidade.

Educar para compreender a ciência continua a ser essencial. Contudo, é igualmente importante educar para refletir, dialogar, decidir e agir de forma responsável. Num mundo em

constante transformação, formar cidadãos cientificamente informados, eticamente conscientes e socialmente comprometidos representa um dos maiores desafios e, simultaneamente, uma das missões mais relevantes da educação.

Referências

Anderson, W. (2023). Toward Planetary Health Ethics? Refiguring Bios in Bioethics. *Journal of Bioethical Inquiry*, 20, 695-702. https://doi.org/10.1007/s11673-023-10285-0.

Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.

Berg, T., Achiam, M., Poulsen, K., Sanderhoff, L. B., & Tøttrup, A. P. (2021). The role and value of out-of-school environments in science education for 21st century skills. *Frontiers in Education, 6*, 674541. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.674541

Bielik, T., Krell, M., Zangori, L., & Ben Zvi, A. (2023). Editorial: Investigating complex phenomena: Bridging between systems thinking and modeling in science education. *Frontiers in Education, 8*, 1308241. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1308241

Chen, L., & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review*, *32*, 100377. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100377

Chowning, J. T., Griswold, J. C., Kovarik, D. N., & Collins, L. J. (2012). Fostering critical thinking, reasoning, and argumentation skills through bioethics education. *PloS one*, *7*(5), e36791. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036791

Cooke, C., & Hubbard, A. (2022). Bringing bioethics to the natural sciences classroom: A case study approach. *The American Biology Teacher, 84*(5), 279-283. https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.5.279

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287-312. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3%3C287::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-A

Eshach, H. (2007). Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education. *Journal of Science Education and Technology*, *16*(2), 171-190.

Garner, P. W., Gabitova, N., Gupta, A., & Wood, T. (2018). Innovations in science education: Infusing social emotional principles into early STEM learning. *Cultural Studies of Science Education, 13*(4), 889-903. https://doi.org/10.1007/s11422-017-9826-0

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3

Gross, Z., & Rutland, S. (2017). Experiential learning in informal educational settings. *International Review of Education*, 63, 1-8. https://doi.org/10.1007/s11159-017-9625-6.

Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education, 25*(6), 645-670. https://doi.org/10.1080/09500690305021

Högström, P., Gericke, N., Wallin, J., & Bergman, E. (2025). Teaching socioscientific issues: A systematic review. *Science & Education, 34*, 3079-3122. https://doi.org/10.1007/s11191-024-00542-y

Johnson, M., & Majewska, D. (2022). *Formal, non-formal, and informal learning: What are they, and how can we research them?* Cambridge University Press.

John-Steiner, V., & Mahn, H. (1996). Sociocultural approaches to learning and development: A Vygotskian framework. *Educational Psychologist, 31*, 191-206. https://doi.org/10.1080/00461520.1996.9653266

Ke, L., Zangori, L. A., Sadler, T. D., & Friedrichsen, P. J. (2021). Integrating scientific modeling and socio-scientific reasoning to promote scientific literacy. In T. D. Sadler, L. A. Zangori, & L. Ke (Eds.), *Socioscientific issues-based instruction for scientific literacy development* (pp. 31-54). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4558-4.ch002

Koenigstein, S., Hentschel, L. H., Heel, L. C., & Drinkorn, C. (2020). A game-based education approach for sustainable ocean development. *ICES Journal of Marine Science, 77*(5), 1629-1638. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa035

Koupatsiaris, A. A., & Drinia, H. (2026). Geoethics as a normative foundation for geoheritage, geoconservation, and geoeducation: From geological value toward moral responsibility. *Journal of Geoethics and Social Sciences, 1.* https://doi.org/10.4401/jgsg-106

Lee, L. M. (2017). A bridge back to the future: Public health ethics, bioethics, and environmental ethics. *The American Journal of Bioethics, 17*, 5-12. https://doi.org/10.1080/15265161.2017.1353164

Lehtinen, A., Kostiainen, E., & Näykki, P. (2023). Co-construction of knowledge and socioemotional interaction in pre-service teachers' video-based online collaborative learning. *Teaching and Teacher Education, 133*, 104299. https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104299

Macpherson, C. (2022). Global bioethics: Its past and future. *Global Bioethics, 33*(1), 45-49. https://doi.org/10.1080/11287462.2021.2011009

Mendonça, S., Piovesana, G. F., & Pissolito, V. (2025). Geoethics and sustainability: Addressing challenges in environmental education for achieving the SDGs. *Sustainability, 17*(2), 574. https://doi.org/10.3390/su17020574

Mogk, D. W., Geissman, J. W., & Bruckner, M. Z. (2018). Teaching geoethics across the geoscience curriculum: Why, when, what, how, and where? In L. C. Gundersen (Ed.), *Scientific integrity and ethics in the geosciences* (pp. 175-212). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781119067825.ch13

Neves, M. P., & Osswald, W. (2014). *Bioética simples* (2.ª ed.). Babel.

Nielsen, J. A., Evagorou, M., & Dillon, J. (2020). New perspectives for addressing socioscientific issues in teacher education. In M. Evagorou, J. A. Nielsen, & J. Dillon (Eds.), *Science teacher education for responsible citizenship: Contemporary trends and issues in science education* (pp. 193-199). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40229-7_12

OECD. (2019). *OECD learning compass 2030: A series of concept notes*. OECD Future of Education and Skills 2030. OECD Publishing.

OECD. (2025). *Education for human flourishing: Towards a new curriculum framework*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/6b6a0c3e-en

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

Osborne, J., & Allchin, D. (2024). Science literacy in the twenty-first century: Informed trust and the competent outsider. *International Journal of Science Education, 47*(15-16), 2134-2155. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2331980

Paraskeva-Hadjichambi, D., Goldman, D., Hadjichambis, A. C., Parra, G., Lapin, K., Knippels, M.-C., & Van Dam, F. (2020). Educating for environmental citizenship in non-formal frameworks for secondary level youth. In A. C. Hadjichambis, D. Paraskeva-Hadjichambi, P. Reis, J. Činčera, J. Boeve-de Pauw, N. Gericke, & M.-C. Knippels (Eds.), *Conceptualizing environmental citizenship for 21st century education* (pp. 213-235). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1_14

Paz, M. (2026). *Integração curricular da bio e da geoética no ensino das ciências: Contributos para uma cidadania participativa através da aprendizagem por projetos* [Tese de doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto]. https://sigarra.up.pt/fcup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=785909

Paz, M., & Vasconcelos, C. (2024). Beyond the classroom: Empowering learners in bio and geoethics with engaging non-formal resources. In *Proceedings of the 11th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISCSS 2024* (pp. 159-166). https://doi.org/10.35603/sws.iscss.2024/s08/50

Paz, M., & Vasconcelos, C. (2025). Scientific literacy to address sustainability: A study on deep-sea mining education with adolescents from a social care institution. *Sustainability*, *17*(1), 688. https://doi.org/10.3390/su17010688

Paz, M., & Vasconcelos, C. (2026). Teaching ethics for sustainability: Portuguese science teachers' practices on bioethics and geoethics. In C. Fiorello, S. Galano, A. Salmoiraghi, & E. Tufino (Eds.), *International Scientific Workshop on Challenges of Sustainable Education* (pp. 71-88). Università degli Studi di Trento. https://doi.org/10.15168/11572_473690

Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2021). Geoethics to start up a pedagogical and political path towards future sustainable societies. *Sustainability, 13*(18), 10024. https://doi.org/10.3390/su131810024

Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2026). Geoethics: The role of geoscientists in shaping a responsible future. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, *54*, 333-363. https://doi.org/10.1146/annurev-earth-032524-123956

Potter, V. R. (1971). *Bioethics: Bridge to the future*. Prentice-Hall.

Potter, V. R. (1988). *Global bioethics: Building on the Leopold legacy*. Michigan State University Press.

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

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(5), 513-536. https://doi.org/10.1002/tea.20009

Saunders, K. J., & Rennie, L. J. (2013). A pedagogical model for ethical inquiry into socioscientific issues in science. *Research in Science Education, 43*, 253-274. https://doi.org/10.1007/s11165-011-9248-z

Steube, M., Wilde, M., & Basten, M. (2024). Does role play manipulate students? Persuasive effects of role play on students' attitude and behavior regarding a socioscientific issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(7), 1609-1640. https://doi.org/10.1002/tea.21910

Tudor, S. L. (2013). Formal–non-formal–informal in education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *76*, 821-826. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.04.213

Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation. *Science & Education*, 30, 557-587. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2

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., Schneider-Voß, S., & Peppoloni, S. (Eds.). (2020). *Teaching geoethics: Resources for higher education*. U.Porto Press. https://doi.org/10.24840/978-989-746-254-2

Verhoeff, R. P. (2017). The use of drama in socio-scientific inquiry-based learning. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & J. Lavonen (Eds.), *Cognitive and affective aspects in science education research* (pp. 117-126). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4_9

Vesterinen, V.-M., Tolppanen, S., & Aksela, M. (2016). Toward citizenship science education: What students do to make the world a better place? *International Journal of Science Education, 38*(1), 30-50. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1125035

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman (Eds.). Harvard University Press.

Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education, 21*(2), 49-58. https://doi.org/10.1007/BF03173684

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education, 89*(3), 357-377. https://doi.org/10.1002/sce.20048

Apêndice 1. Recursos Educativos – Módulo de Bioética

Recurso Educativo I

A bioética decide: desextinção ou não, eis a questão!

Resumo

Desde a segunda metade do século XX, a biodiversidade do planeta Terra tem vindo a diminuir de forma acelerada. Estudos indicam que, desde 1970, as populações de muitas espécies de vertebrados diminuíram drasticamente, sobretudo devido à ação humana. A destruição de habitats naturais, a poluição, as alterações climáticas e a exploração excessiva dos recursos naturais colocam cada vez mais espécies em risco de extinção. Perante esta situação, a conservação da biodiversidade tornou-se uma prioridade global. Proteger as espécies que ainda existem e preservar os ecossistemas é essencial para o equilíbrio do sistema Terra e para o bem-estar das sociedades humanas [1, 2, 3].

No entanto, os avanços científicos e tecnológicos das últimas décadas levantaram uma questão nova e controversa: será possível, e correto, trazer de volta espécies que já desapareceram da Terra?

A chamada desextinção de espécies refere-se à utilização de tecnologias como a clonagem, a engenharia genética ou a edição do ADN para recriar organismos semelhantes a espécies extintas. Mas a desextinção não é apenas uma questão científica. Trata-se também de uma questão bioética, pois envolve decisões sobre a vida, a responsabilidade humana, o uso da tecnologia e as consequências das nossas escolhas para o futuro do planeta [4, 5, 6].

Trazer uma espécie extinta de volta pode parecer uma solução inovadora para a perda de biodiversidade, mas levanta questões importantes: Que impactos teria essa espécie nos ecossistemas atuais? Deverão os recursos científicos e financeiros ser usados na desextinção ou na proteção das espécies que ainda existem? Quem decide quais as espécies que merecem ser "trazidas de volta à Terra"? E será legítimo corrigir, através da tecnologia, problemas causados pela própria ação humana?

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas





Finalidade

Estimular a reflexão sobre a complexidade ética, científica e ambiental envolvida na tomada de decisões relacionadas com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e a preservação dos ecossistemas.

Objetivos

- Reconhecer a complexidade e a dificuldade inerentes à tomada de decisões que envolvem o desenvolvimento científico, os ecossistemas e a vida no planeta;
- Compreender o papel da história da ciência na evolução do conhecimento científico e na construção de novas possibilidades tecnológicas;
- Aplicar princípios bioéticos na análise e na tomada de decisões relativas a questões que envolvem o desenvolvimento científico e tecnológico;
- Desenvolver o pensamento sistémico, o pensamento crítico e a capacidade de argumentação fundamentada.

Referencial teórico

1. Bioética

A bioética é um campo de reflexão que surgiu da necessidade de pensar criticamente as consequências éticas do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a vida humana, os outros seres vivos e os ecossistemas. O termo *bioética* foi inicialmente proposto por Fritz Jahr, em 1927, ao defender que o respeito moral deveria abranger todas as formas de vida, humanas e não humanas. Mais tarde, Van Rensselaer Potter aprofundou esta perspetiva ao conceber a bioética como uma "ponte para o futuro", capaz de articular ciência, valores éticos e responsabilidade social num mundo marcado por rápidas transformações tecnológicas.

Tradicionalmente associada à medicina e às ciências da saúde, a bioética expandiu-se progressivamente para além do contexto clínico, passando a incluir questões relacionadas com a biotecnologia, a genética, a experimentação científica, a relação entre humanos e outros seres vivos, a justiça no acesso aos recursos e os impactos das decisões científicas sobre as gerações futuras. Esta evolução conduziu ao desenvolvimento da chamada *bioética global*, que reconhece a interdependência entre saúde humana, ambiente, tecnologia e justiça social [7, 8].

Um dos quadros mais utilizados para orientar a reflexão bioética baseia-se em quatro princípios fundamentais: autonomia, beneficência, não maleficência e justiça (Figura I1). Estes princípios não fornecem respostas automáticas, mas funcionam como ferramentas de análise que ajudam a ponderar decisões complexas, identificar conflitos de valores e justificar escolhas de forma fundamentada. Em muitas situações, os princípios entram em tensão entre si, exigindo deliberação cuidadosa e reconhecimento da incerteza [9].



Figura I1. Os quatro princípios bioéticos fundamentais.

Ao longo deste recurso, estes princípios irão funcionar como ferramentas de análise para apoiar a tomada de decisões sobre as questões apresentadas.

No contexto educativo, a bioética assume um papel particularmente relevante ao permitir que os alunos compreendam que o conhecimento científico não é neutro nem isento de consequências. Questões como a manipulação genética, a desextinção de espécies, o uso de tecnologias emergentes ou a intervenção humana nos ecossistemas ilustram bem a necessidade de integrar a bioética no ensino das ciências, não como um conjunto de regras morais, mas como um espaço de reflexão, diálogo e responsabilidade [10]

Assim, a bioética contribui para formar cidadãos capazes de compreender a complexidade dos problemas científicos contemporâneos, reconhecer limites e riscos, respeitar a diversidade de perspetivas e participar de forma consciente e responsável nas decisões que afetam a vida no planeta.

As áreas de intervenção da bioética são diversas, tal como evidencia a Figura I2.

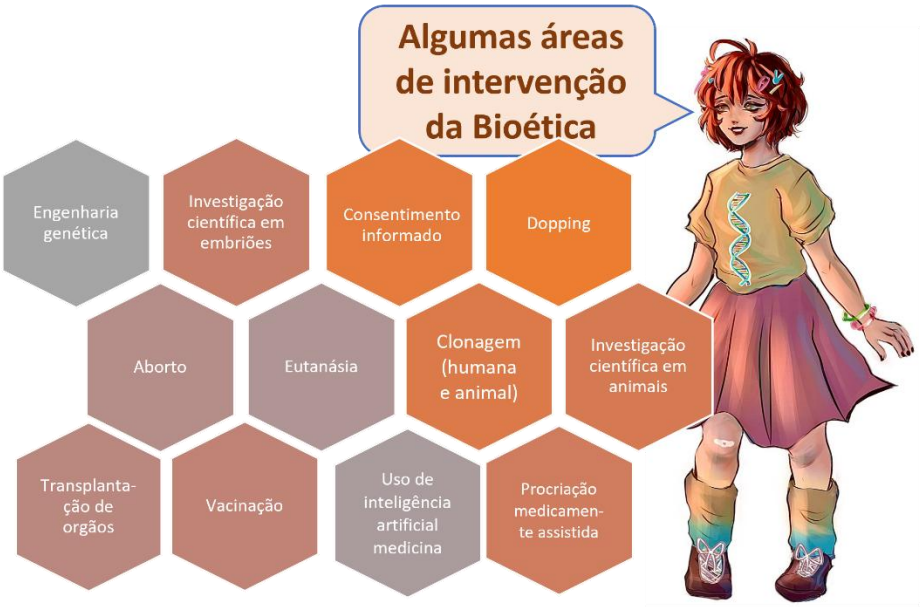


Figura I2. Algumas das muitas áreas de intervenção da Bioética.

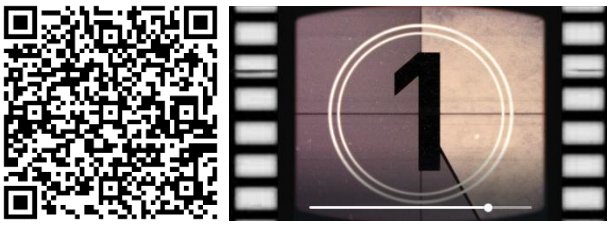
Vamos explorar!

"E se fosse possível trazer de volta ao planeta espécies já extintas?"

Ao longo das últimas décadas, os cientistas têm alertado para a rápida perda de biodiversidade no planeta Terra. Desde 1970, estima-se que as populações de vertebrados tenham diminuído cerca de 70%, sobretudo devido às atividades humanas, como a destruição de habitats, a poluição, a exploração excessiva de recursos naturais e as alterações climáticas. Este cenário levanta questões urgentes sobre a forma como os seres humanos se relacionam com a natureza e sobre as responsabilidades que temos perante outras formas de vida e as gerações futuras.

Atividades

1. Começa por visualizar o vídeo disponível no QR code seguinte, que introduz o tema da desextinção de espécies, uma possibilidade científica ainda em desenvolvimento, mas que já suscita intensos debates éticos, científicos e sociais, disponível no QR code seguinte.



2. Analisa a seguinte notícia fictícia:

"Num futuro não muito distante, o planeta enfrenta desafios ambientais crescentes, com um número cada vez maior de espécies à beira do limiar da extinção. A comunidade mundial vai reunir-se esta semana na Conferência Mundial da Biodiversidade. O objetivo é discutir estratégias de conservação das espécies e, de forma bastante ousada, analisar a possibilidade da desextinção de espécies que há muito deixaram de existir na Terra."

2.1. Preparação da Conferência:

Vocês são especialistas em diferentes áreas científicas e sociais e foram convidados a participar na Conferência Mundial da Biodiversidade. De acordo com o grupo que vos for atribuído (conforme o esquema da Figura I3), realizem uma investigação sobre o tema e preparem argumentos fundamentados para defender a vossa posição durante a conferência. Cada grupo deverá considerar não apenas os aspetos científicos, mas também as implicações éticas, ambientais e sociais da desextinção de espécies.

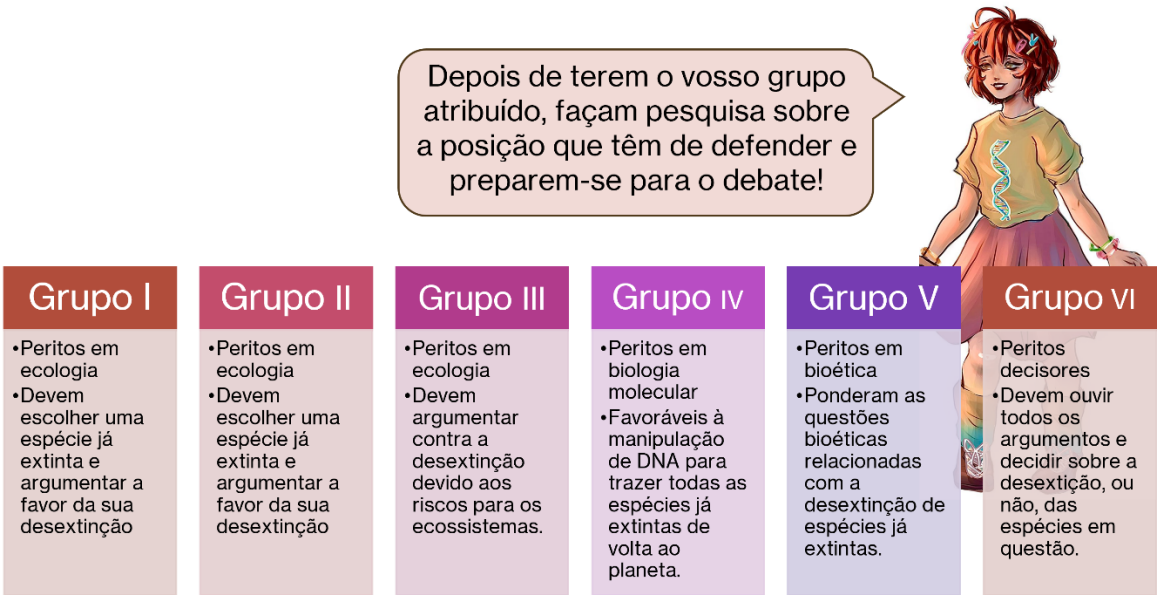


Figura I3. Distribuição dos especialistas da Conferência Mundial da Biodiversidade por grupos.

2.2. Conferência Mundial da Biodiversidade:

Chegou o momento de iniciar a conferência. Cada grupo deverá apresentar a sua posição e responder aos argumentos dos outros participantes.

Não se esqueçam de:

- utilizar argumentos bioéticos;
- reconhecer possíveis conflitos de valores;
- considerar benefícios, riscos e consequências das decisões discutidas.

2.3. Reflexão final e comunicação:

Após o debate, reflitam em conjunto sobre:

- as principais dificuldades encontradas pelo grupo;
- os conflitos de ideias ou valores que surgiram;
- se foi fácil ou difícil chegar a uma posição comum e porquê;
- tomar decisões científicas é apenas uma questão de conhecimento ou envolve também valores, responsabilidade e escolhas éticas?

Preparem uma apresentação, num formato à vossa escolha, e apresentem-na aos restantes grupos.

Atividade de ampliação: Extinção do vírus da Varíola: sim ou não… eis a questão!

A varíola foi uma doença viral grave e altamente contagiosa que marcou profundamente a história da humanidade. Durante milénios, provocou epidemias devastadoras em vários continentes e estima-se que tenha causado mais de 500 milhões de mortes em todo o mundo. Apesar do seu enorme impacto negativo na saúde pública, a varíola esteve também na origem de um dos maiores avanços científicos da história: a descoberta da vacinação. Em 1980, a Organização Mundial da Saúde declarou oficialmente a erradicação da varíola, após um esforço global sem precedentes de cooperação científica e política. Este feito foi amplamente celebrado como uma vitória da ciência ao serviço da humanidade. No entanto, o debate não terminou com a erradicação da doença [12, 13, 14].

Atualmente, existem apenas dois laboratórios no mundo autorizados a conservar amostras do vírus da varíola, exclusivamente para fins de investigação científica. Esta situação levanta um dilema bioético complexo: por um lado, a preservação do vírus pode ser importante para o desenvolvimento de novos conhecimentos científicos, vacinas ou estratégias de resposta a futuras ameaças biológicas; por outro, a elevada taxa de mortalidade da doença suscita sérias preocupações quanto à segurança global, nomeadamente o risco de acidentes laboratoriais ou de uso indevido do vírus [15].

Este debate prolonga-se há mais de 20 anos e envolve cientistas, decisores políticos e organizações internacionais. Como equilibrar o avanço da ciência com a responsabilidade de proteger as populações? Tal como no caso da desextinção de espécies, a decisão sobre o futuro do vírus da varíola envolve ciência, risco, responsabilidade e valores éticos.

Extinção definitiva ou conservação das amostras… eis a questão!

Atividades

1. Começa por visualizar com muita atenção a Grande Reportagem disponibilizada no QR code seguinte: “Extinção do vírus da Varíola: sim ou não? Eis a questão!”



2. Testa o que aprendeste participando num Kahoot preparado para esta atividade.



3. Em grupos de quatro elementos, visualizem novamente o vídeo e observem a Figura I4, que representa as diferentes etapas do método científico.



Figura I4. Diagrama representativo das etapas do método científico.

Estabeleçam uma analogia entre essas etapas e a história da descoberta da vacinação contra a varíola apresentada no vídeo.

4. Em 1999, um grupo de especialistas foi nomeado para aconselhar a Organização Mundial da Saúde sobre a destruição das amostras do vírus da varíola, inicialmente prevista para 2002. Contudo, os peritos recomendaram a sua conservação. Desde então, a questão tem sido discutida em várias assembleias da OMS, sem que tenha sido tomada uma decisão final. Quais poderão ser as razões para esta demora de mais de 20 anos? Para explorar esta questão, organizem-se em três grupos, de acordo com a Figura 5, assumindo diferentes perspetivas no debate.

4.1. Com o apoio do professor, que assumirá o papel de moderador, realizem um debate estruturado e tentem chegar a um consenso coletivo sobre a decisão mais eticamente

responsável: extinguir definitivamente o vírus da varíola ou manter as amostras existentes? Argumentem a vossa decisão com base nos princípios bioéticos estudados e apresentados na Figura I5.



Figura I5. Diferentes grupos e posições que devem assumir no debate.

No final, reflitam em conjunto sobre:

- as dificuldades sentidas na tomada de decisão;
- os conflitos entre valores científicos, éticos e sociais;
- a complexidade dos processos de deliberação em contextos reais.

Antes de terminar…



A Eva convida-te a refletir:

- O que está realmente em causa neste recurso?
- Benefícios versus riscos?
- Direitos individuais versus interesses coletivos?
- Responsabilidade perante outras formas de vida?
- Justiça e equidade?
-

Ideia-chave para recordar:

A Bioética ajuda-nos a refletir não apenas sobre aquilo que a ciência pode fazer, mas também sobre aquilo que devemos fazer.

Referências

[1] Keck, F., Peller, T., Alther, R., Barouillet, C., Blackman, R., Capo, E., Chonova, T., Couton, M., Fehlinger, L., Kirschner, D., Knüsel, M., Muneret, L., Oester, R., Tapolczai, K., Zhang, H., & Altermatt, F. (2025). The global human impact on biodiversity. *Nature*, 641, 395-400. https://doi.org/10.1038/s41586-025-08752-2

[2] Sarrazin, F., & Lecomte, J. (2016). Evolution in the Anthropocene. *Science*, 351, 922-923. https://doi.org/10.1126/science.aad6756

[3] Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, S., Chan, K., Garibaldi, L., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S., Midgley, G., Miloslavich, P., Mólnar, Z., Obura, D., Pfaff, A., … Zayas, C. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366. https://doi.org/10.1126/science.aax3100

[4] Seddon, P., & King, M. (2019). Creating proxies of extinct species: the bioethics of de-extinction. *Emerging topics in life sciences*, *3*(6), 731-735 . https://doi.org/10.1042/etls20190109

[5] Myskja, B., & Gjerris, M. (2025). Playing Jesus to Save Species: A Virtue Ethics Approach to Biotech De-Extinction Projects. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 38. https://doi.org/10.1007/s10806-025-09950-8

[6] Kaebnick, G., Collins, J., Jayaram, A., Tiernan, R., Barnhill, K., Carter, L., Chemhuru, M., Fresia, P., Jennings, B., Meine, C., Ndebele, P., Palmer, C., Preston, C., Redford, K., Rohwer, Y., Sandler, R., Scott, M., Taitingfong, R., & Zoloth, L. (2025). Deliberate extinction by genome modification: An ethical challenge. *Science*, *388*(6748), 707-709 . https://doi.org/10.1126/science.adv4045

[7] Neves, M. C. P., & Osswald, W. (2007). *Bioética simples*. Lisboa: Verbo.

[8] UNESCO (2006). *Universal declaration on bioethics and human rights*. UNESCO publishing. http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180E.pdf

[9] Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.

[10] Cooke, C., & Hubbard, A. (2022). Bringing Bioethics to the Natural Sciences Classroom: A Case Study Approach. *The American Biology Teacher*, *84*, 279-283. https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.5.279

[11] Araújo, J., Gomes, C. C., Jácomo, A., & Pereira, S. M. (2017). Teaching bioethics in high schools. *Health Education Journal*, *76*(4), 507-513. https://doi.org/10.1177%2F0017896917690566

[12] Henderson, D. A. (2009*). Smallpox: the death of a disease: the inside story of eradicating a worldwide killer*. Prometheus Books.

[13] Riedel, S. (2005). Edward Jenner and the history of smallpox and vaccination. In *Baylor University medical center proceedings*, vol. 18, No. 1, pp. 21-25. Taylor & Francis.

[14] Fenner, F. (1993). Smallpox: emergence, global spread, and eradication .*History and philosophy of the life sciences*, 15 3, 397-420.

[15] Meyer H, Ehmann R, Smith GL. Smallpox in the Post-Eradication Era. *Viruses, 24*,12(2):138. http://doi.org/10.3390/v12020138

Recurso Educativo II

Uma viagem pela história da bioética: dos contributos de Henrietta Lacks às potencialidades da utilização da inteligência artificial na medicina atual

Resumo

Apesar do termo Bioética ser relativamente recente, as raízes éticas da prática médica remontam à Antiguidade, com destaque para os contributos de Hipócrates, século V a.C., considerado o Pai da Medicina. A partir dos seus escritos, estabeleceram-se os princípios éticos básicos para a prática médica, incluindo a obrigação de não prejudicar os pacientes e a confidencialidade médica. No entanto, outras questões éticas atualmente relevantes eram, à época, negligenciadas. Eventos históricos importantes à escala global, como a Segunda Guerra Mundial, ou histórias individuais, como a de Henrietta Lacks, desempenharam um papel crucial na consciencialização coletiva sobre a importância de estabelecer padrões éticos rigorosos na experimentação biomédica. Este recurso pretende mostrar como o conceito de bioética evoluiu ao longo dos séculos, evidenciando a ligação ao contexto científico, histórico, social e cultural, culminando na atual perspetiva mais abrangente. Pretende ainda fazer uma homenagem a uma das mulheres mais importantes para a história da ciência e da medicina: Henrietta Lacks.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas





Finalidade

Reconhecer a estreita ligação entre a bioética e os direitos humanos.

Objetivos

- Conhecer os quatro princípios bioéticos fundamentais;
- Compreender que o conceito de bioética sofreu mudanças ao longo do tempo, dependendo do contexto social.
- Reconhecer a ligação entre a bioética e os direitos humanos.
- Desenvolver competências de argumentação e tomada de decisão sobre questões de âmbito sociocientífico, tendo por base os princípios bioéticos.

1. Bioética

A bioética é um campo de reflexão que surgiu da necessidade de pensar criticamente as consequências éticas do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a vida humana, os outros seres vivos e os ecossistemas. O termo *bioética* foi inicialmente proposto por Fritz Jahr, em 1927, ao defender que o respeito moral deveria abranger todas as formas de vida, humanas e não humanas. Mais tarde, Van Rensselaer Potter aprofundou esta perspetiva ao conceber a bioética como uma "ponte para o futuro", capaz de articular ciência, valores éticos e responsabilidade social num mundo marcado por rápidas transformações tecnológicas.

Tradicionalmente associada à medicina e às ciências da saúde, a bioética expandiu-se progressivamente para além do contexto clínico, passando a incluir questões relacionadas com a biotecnologia, a genética, a experimentação científica, a relação entre humanos e outros seres vivos, a justiça no acesso aos recursos e os impactos das decisões científicas sobre as gerações futuras. Esta evolução conduziu ao desenvolvimento da chamada *bioética global*, que reconhece a interdependência entre saúde humana, ambiente, tecnologia e justiça social [1, 2].

Um dos quadros mais utilizados para orientar a reflexão bioética baseia-se em quatro princípios fundamentais: autonomia, beneficência, não maleficência e justiça (Figura II1). Estes princípios não fornecem respostas automáticas, mas funcionam como ferramentas de análise que ajudam a ponderar decisões complexas, identificar conflitos de valores e justificar escolhas de forma fundamentada. Em muitas situações, os princípios entram em tensão entre si, exigindo deliberação cuidadosa e reconhecimento da incerteza [3].



Figura II1. Os quatro princípios bioéticos fundamentais.

Ao longo deste recurso, estes princípios irão funcionar como ferramentas de análise para apoiar a tomada de decisões sobre as questões apresentadas.

No contexto educativo, a bioética assume um papel particularmente relevante ao permitir que os alunos compreendam que o conhecimento científico não é neutro nem isento de consequências. Questões como o desenvolvimento científico e tecnológico aplicado à medicina, os direitos humanos, a manipulação genética, a desextinção de espécies, o uso de tecnologias emergentes ou a intervenção humana nos ecossistemas ilustram bem a necessidade de integrar a bioética no ensino das ciências, não como um conjunto de regras morais, mas como um espaço de reflexão, diálogo e responsabilidade [4,5].

Assim, a bioética contribui para formar cidadãos capazes de compreender a complexidade dos problemas científicos contemporâneos, reconhecer limites e riscos, respeitar a diversidade de perspetivas e participar de forma consciente e responsável nas decisões que afetam a vida no planeta.

As áreas de intervenção da bioética são diversas, tal como evidencia a Figura II2.

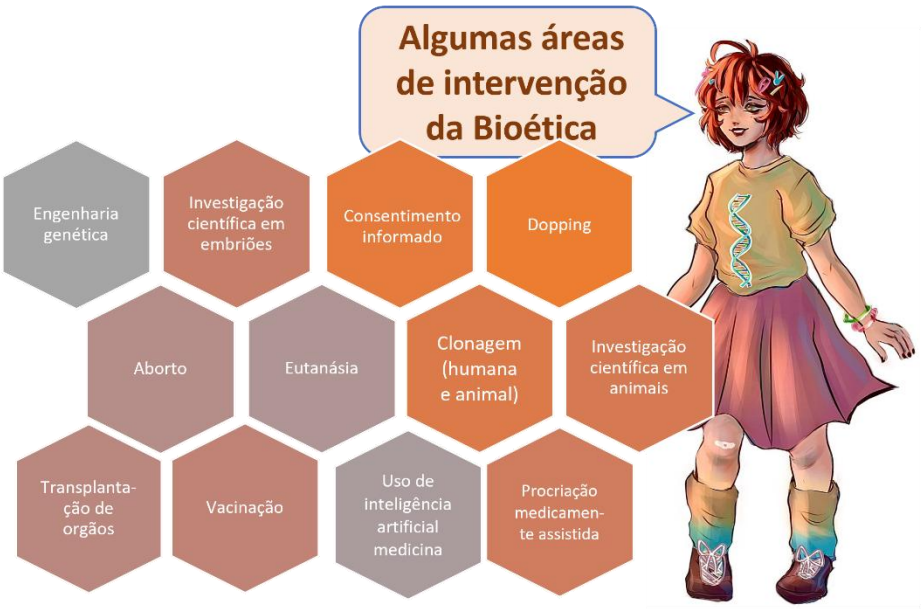


Figura II2. Algumas das muitas áreas de intervenção da Bioética.

1.1 História da bioética

A história da bioética é uma jornada fascinante que se estende desde os antigos princípios hipocráticos até os complexos dilemas éticos do século XXI. Esta área do conhecimento analisa as implicações éticas de avanços na biologia, medicina e tecnologias relacionadas, tendo evoluído significativamente ao longo dos séculos, refletindo mudanças nas crenças sociais, avanços científicos e desafios emergentes.

A bioética tem suas raízes na antiguidade, com o Juramento de Hipócrates estabelecendo princípios fundamentais para a prática médica, incluindo a obrigação de não causar dano, confidencialidade e o compromisso com o bem-estar do paciente. Embora o termo "bioética" não existisse, esses princípios básicos formaram a pedra angular da ética médica por séculos.

Durante o Renascimento, a medicina e a ética estavam profundamente entrelaçadas com a religião. A interpretação dos princípios éticos era frequentemente guiada por visões religiosas sobre a vida, a saúde e a morte. No entanto, este período trouxe consigo um questionamento crescente da autoridade e dos dogmas religiosos, incentivando um exame mais crítico da ética na prática médica. A Revolução Científica e o Iluminismo incentivaram o desenvolvimento da medicina baseada na observação e na experimentação, promovendo avanços significativos. Contudo, esses progressos também geraram novos dilemas éticos, como questões relativas ao consentimento dos pacientes e à investigação em seres humanos.

O século XX foi marcado por avanços médicos sem precedentes, mas também por atrocidades éticas, incluindo as experiências médicas nazistas durante a Segunda Guerra Mundial. Esses eventos levaram à formulação do Código de Nuremberga (1947), estabelecendo o consentimento informado como um princípio ético central investigação em medicina. A subsequente Declaração de Helsínquia (1964) expandiu esses princípios, estabelecendo diretrizes éticas para a investigação científica com seres humanos, a nível global.

A descoberta da estrutura do DNA em 1953, os avanços na genética, a reprodução assistida e outras inovações biomédicas apresentaram novos desafios éticos, catalisando o desenvolvimento da bioética como uma disciplina distinta. Na década de 1970, a bioética emergiu formalmente com a criação de centros de investigação, programas curriculares para o ensino superior e publicações dedicadas ao estudo da ética na ciência e na medicina.

Hoje, a bioética enfrenta questões cada vez mais complexas decorrentes do rápido progresso tecnológico, incluindo a engenharia genética, a biotecnologia, questões de justiça na distribuição de recursos de saúde e a utilização da inteligência artificial na medicina A globalização e a diversidade cultural adicionam camadas de complexidade à aplicação de princípios éticos universais, exigindo um diálogo contínuo e adaptável entre culturas.

O caso

Henrietta Lacks e as células HeLa

Henrietta Lacks foi uma mulher afro-americana cujas células cancerígenas, colhidas sem o seu consentimento em 1951, deram origem à primeira linha de células humanas imortais, conhecidas como HeLa (as duas primeiras letras de cada um dos seus nomes, **He**nrietta **La**cks) Estas células tiveram, e continuam a ter, um enorme impacto no desenvolvimento da ciência, possibilitando inúmeros avanços médicos, incluindo conhecimentos sobre a biologia do cancro, desenvolvimento de vacinas, técnicas de clonagem, desenvolvimento da genética molecular, e muito mais.

Pelo facto de não ter sido informada dos procedimentos médicos a que foi sujeita, a sua história teve igualmente um papel fundamental no desenvolvimento da bioética. A forma como as células foram obtidas e utilizadas sem o conhecimento, ou consentimento, da Henrietta e da sua família levantou questões sobre a ética, o direito à privacidade, o consentimento informado e a justiça racial. Antes do caso de Henrietta Lacks, não havia regulamentações claras sobre o uso de tecidos humanos na

investigação, e o conceito de consentimento informado estava muito menos desenvolvido do que atualmente [6, 7, 8].

Atividades

1. Os alunos devem ser divididos em grupos (cada grupo deve ter dois telemóveis);
2. Para a aventura nascer, o QR code terá de se ler! Os alunos terão de conhecer melhor a história de Henrietta Lacks e a sua ligação à bioética para escapar ileso!
3. Em grupos de dois elementos, respondam às seguintes questões:
    - 3.1 Quando e quem deixou uma compilação de textos, artigos, notas e ensaios filosóficos sobre medicina?
    - 3.2 Qual o nome das células especiais de que nos fala esta atividade? De onde surgiu este nome?
    - 3.3 As células referidas tiveram, e continuam a ter, uma enorme importância para o desenvolvimento da medicina e da ciência. Justifica esta afirmação.
    - 3.4 Quais os quatro princípios bioéticos?
    - 3.5 Elabora um pequeno texto que demonstre a ligação da história de Henrietta Lacks, com a história da bioética e dos direitos humanos.

Atividade de ampliação

O consentimento será suficiente?

1. Analisa o seguinte documento, que apresenta um projeto fictício de investigação para a doença de Parkinson:

> *"Uma equipa de investigadores conseguiu desenvolver uma técnica promissora recorrendo a células-tronco embrionárias humanas. Esta descoberta apresenta um elevado potencial para curar a Doença de Parkinson, uma doença neurodegenerativa progressiva que afeta milhões de pessoas no mundo. A técnica mostrou resultados excecionais em modelos animais, restaurando a função motora e oferecendo uma esperança para a cura ou, pelo menos, para uma significativa melhoria da eficácia dos tratamentos em pacientes que sofrem desta condição debilitante. Os embriões utilizados na pesquisa são excedentes de processos de fertilização in vitro, e seriam descartados caso não fossem utilizados na investigação. Foi obtido o consentimento informado dos casais proprietários dos embriões, para que estes fossem usados na investigação médica."*

2. Lê a informação facultada pela Eva, relativa à Doença de Parkinson [9, 10, 11] e ao desenvolvimento intrauterino [12], apresentada na Figura II3 e II4.



A doença de Parkinson representa uma condição neurodegenerativa e progressiva, cuja prevalência no mundo está a aumentar. Afeta, geralmente, indivíduos mais velhos, com idade superior a 50 anos, embora possa ocorrer em idades mais jovens. Os sintomas incluem tremores (quando os músculos estão em repouso), rigidez muscular, lentidão dos movimentos voluntários e dificuldade em manter o equilíbrio. Em muitas pessoas, o pensamento torna-se comprometido e/ou desenvolve-se demência. Atualmente, não há cura para a doença de Parkinson. Existem, no entanto, tratamentos (medicamentos, cirurgia) eficazes na redução dos sintomas motores.

Figura II3. Alguns dados sobre a Doença de Parkinson.

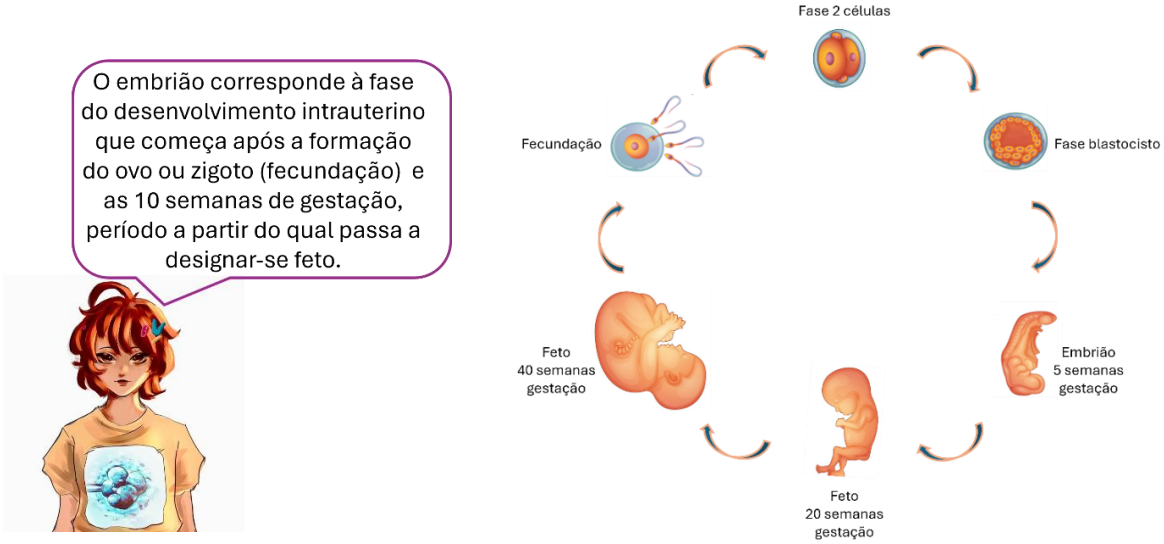


Figura II4. Representação de algumas fases do desenvolvimento intrauterino.

3. Em grupo, de 3 ou 4 elementos,analisem os documentos fornecidos nas Figuras II3 e II4. Cada um dos grupos formados é membro de um comité de ética de um grande laboratório de investigação biomédica. Nessa qualidade, terão de avaliar as propostas de projetos de investigação enviadas pelos investigadores, fornecendo um parecer positivo ou negativo à realização do projeto. Neste caso, o projeto apresentado tem potencial para transformar o tratamento da Doença de Parkinson, mas levanta questões éticas significativas relacionadas com o uso de embriões humanos na investigação.

4. Tendo por base a questão orientadora "Qual deve ser a decisão do comité de ética do laboratório em questão?", cada um dos grupos deve elaborar uma apresentação com a sua posição, justificando

a sua opinião de acordo com os princípios bioéticos e apresentando soluções para ultrapassar eventuais problemas.

5. Após as apresentações de todos os grupos, o grupo-turma discute quais os melhores argumentos apresentados para responder à questão orientadora.

Antes de terminar…



A Eva convida-te a refletir:

E tu? Que valor consideras mais importante quando a ciência utiliza dados, células ou informação que pertence a outras pessoas?

Ideia-chave para recordar:

A ciência e a tecnologia continuarão a evoluir. O desafio será garantir que esse progresso é acompanhado por reflexão ética, respeito pelos direitos humanos e responsabilidade social.

Referências

[1] Neves, M. C. P., & Osswald, W. (2007). *Bioética simples*. Lisboa: Verbo.

[2] UNESCO (2006). *Universal declaration on bioethics and human rights*. UNESCO publishing. http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180E.pdf

[3] Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.

[4] Cooke, C., & Hubbard, A. (2022). Bringing Bioethics to the Natural Sciences Classroom: A Case Study Approach. *The American Biology Teacher*, 84, 279-283. https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.5.279

[5] Araújo, J., Gomes, C. C., Jácomo, A., & Pereira, S. M. (2017). Teaching bioethics in high schools. *Health Education Journal*, *76*(4), 507-513. https://doi.org/10.1177%2F0017896917690566

[6] Beskow, L. M. (2016). Lessons from HeLa cells: the ethics and policy of biospecimens. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, *17*, 395-417. https://doi.org/10.1146/annurev-genom-083115-022536

[7] Lyapun, I. N., Andryukov, B. G., & Bynina, M. P. (2019). HeLa cell culture: Immortal heritage of Henrietta Lacks. *Molecular, Genetics, Microbiology and Virology*,*34*(4), 195-200. https://doi.org/10.3103/S0891416819040050

[8] Stump, J. L. (2014). Henrietta lacks and the HeLa cell: rights of patients and responsibilities of medical researchers. *The History Teacher*, *48*(1), 127-180.

[9] Bloem, B. R., Okun, M. S., & Klein, C. (2021). Parkinson's disease. *The Lancet*, *397*(10291), 2284-2303. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00218-X

[10] Dorsey, E., Sherer, T., Okun, M. S., & Bloem, B. R. (2018). The emerging evidence of the Parkinson pandemic. *Journal of Parkinson's Disease*, *8*(s1), S3-S8. https://doi.org/10.3233/jpd-181474

[11] World Health Organization (2023). Parkinson Disease. Disponível em https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease (consultado em 20 de Novembro de 2025).

[12] Sadler, T. W. (2018). *Langman's medical embryology*. Lippincott Williams & Wilkins.

Recurso Educativo III

Bioética em ação: do uso de animais na investigação biomédica à inteligência artificial na medicina

Resumo

Os avanços científicos e tecnológicos na área da saúde têm contribuído de forma significativa para o diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças. Contudo, estes avanços levantam questões éticas complexas, uma vez que implicam decisões sobre a vida, o sofrimento, o risco e a responsabilidade humana. Historicamente, a investigação biomédica recorreu ao uso de animais como modelo experimental para o desenvolvimento de medicamentos, vacinas e procedimentos médicos. Apesar dos inúmeros benefícios alcançados, esta prática continua a suscitar debate, colocando em tensão a proteção do bem-estar animal, a necessidade de progresso científico e a salvaguarda da saúde humana. Questões como a legitimidade do sofrimento animal, a existência de alternativas experimentais e os limites éticos da experimentação permanecem centrais no debate bioético contemporâneo. Mais recentemente, a introdução da inteligência artificial (IA) na medicina veio acrescentar novos desafios éticos. Atualmente, a medicina recorre a sistemas de IA, quer no apoio ao diagnóstico, quer na análise de exames médicos, ou na definição de tratamentos. Embora estas tecnologias possam aumentar a precisão e a eficiência dos cuidados de saúde, levantam questões relacionadas com a responsabilidade clínica, a transparência das decisões, a proteção de dados pessoais e a confiança nos sistemas tecnológicos. A bioética oferece um enquadramento fundamental para a análise destas questões. Até que ponto é aceitável utilizar animais para beneficiar a saúde humana? Será possível conciliar o progresso científico com o respeito pelo bem-estar animal? Até que ponto é eticamente aceitável delegar decisões médicas a sistemas de inteligência artificial, e quem deve assumir a responsabilidade pelas suas consequências? Estas questões servem de ponto de partida para a atividade, incentivando a participação ativa, o diálogo e a reflexão ética fundamentada.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas





Finalidade

Promover uma reflexão crítica sobre os desafios éticos associados ao desenvolvimento científico e tecnológico na área da saúde, analisando decisões que envolvem a investigação biomédica, o uso de tecnologias emergentes e as suas implicações para a vida, o bem-estar e a responsabilidade humana.

Objetivos

- Compreender o papel da bioética na análise de decisões relacionadas com o uso de animais na investigação biomédica;
- Reconhecer a bioética como um referencial para enquadrar e analisar o uso de tecnologias emergentes na medicina;
- Identificar diferentes perspetivas, valores e interesses associados ao uso de animais na investigação científica e à aplicação da inteligência artificial em contextos clínicos;
- Desenvolver pensamento crítico e capacidade de argumentação, justificando posições de forma fundamentada;
- Participar em processos de deliberação coletiva, respeitando a diversidade de opiniões e pontos de vista;
- Refletir sobre os limites éticos e as responsabilidades associadas ao desenvolvimento científico e tecnológico na área da saúde.

Referencial teórico

2. Bioética

A bioética é um campo de reflexão que surgiu da necessidade de pensar criticamente as consequências éticas do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a vida humana, os outros seres vivos e os ecossistemas. O termo *bioética* foi inicialmente proposto por Fritz Jahr, em 1927, ao defender que o respeito moral deveria abranger todas as formas de vida, humanas e não humanas. Mais tarde, Van Rensselaer Potter aprofundou esta perspetiva ao conceber a bioética como uma "ponte para o futuro", capaz de articular ciência, valores éticos e responsabilidade social num mundo marcado por rápidas transformações tecnológicas.

Tradicionalmente associada à medicina e às ciências da saúde, a bioética expandiu-se progressivamente para além do contexto clínico, passando a incluir questões relacionadas com a biotecnologia, a genética, a experimentação científica, a relação entre humanos e outros seres vivos, a justiça no acesso aos recursos e os impactos das decisões científicas sobre as gerações futuras [1,2]. Esta evolução conduziu ao desenvolvimento da chamada *bioética global*, que reconhece a interdependência entre saúde humana, ambiente, tecnologia e justiça social [7, 8].

Um dos quadros mais utilizados para orientar a reflexão bioética baseia-se em quatro princípios fundamentais: autonomia, beneficência, não maleficência e justiça [3]. Estes princípios não fornecem respostas automáticas, mas funcionam como ferramentas de análise que ajudam a ponderar decisões complexas, identificar conflitos de valores e justificar escolhas de forma fundamentada. Em muitas situações, os princípios entram em tensão entre si, exigindo deliberação cuidadosa e reconhecimento da incerteza [4,5].



Figura III1. Os quatro princípios bioéticos fundamentais.

Ao longo deste recurso, estes princípios irão funcionar como ferramentas de análise para apoiar a tomada de decisões sobre as questões apresentadas.

No contexto educativo, a bioética assume um papel particularmente relevante ao permitir que os alunos compreendam que o conhecimento científico não é neutro nem isento de consequências. Assim, a bioética contribui para formar cidadãos capazes de compreender a complexidade dos problemas científicos contemporâneos, reconhecer limites e riscos, respeitar a diversidade de perspetivas e participar de forma consciente e responsável nas decisões que afetam a vida no planeta [4,5].

As áreas de intervenção da bioética são diversas, tal como evidencia a Figura III2.

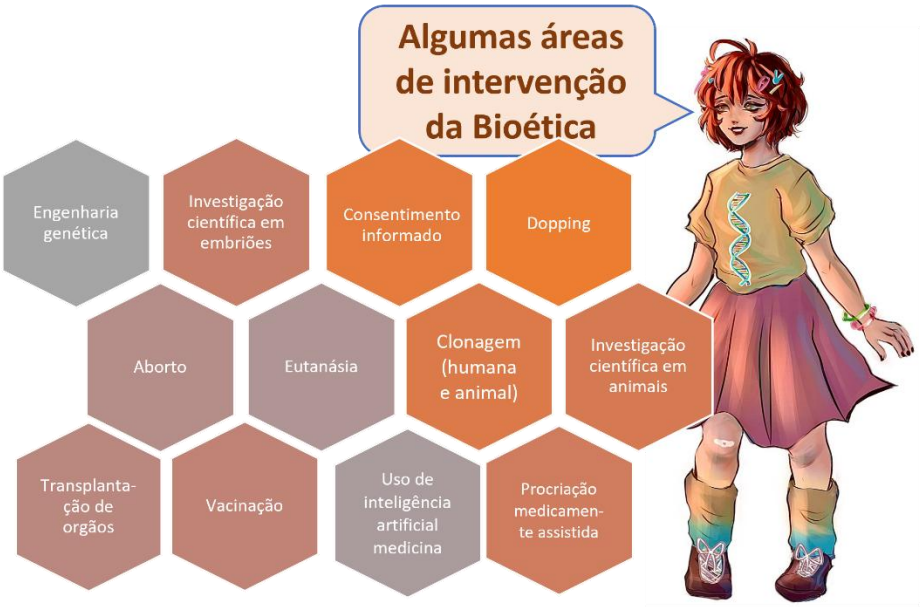


Figura III2. Algumas das muitas áreas de intervenção da Bioética.

2. Animais na investigação científica

O uso de animais na investigação científica tem desempenhado um papel relevante no desenvolvimento da medicina, da farmacologia e do conhecimento biomédico, contribuindo para avanços significativos na prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças. No entanto, esta prática continua a suscitar debate e controvérsia, levantando questões éticas complexas relacionadas com o bem-estar animal, os limites da experimentação científica e a responsabilidade humana perante outras formas de vida [7].

A bioética oferece um enquadramento fundamental para analisar estas questões, ao permitir refletir sobre a relação entre benefícios científicos, sofrimento animal, alternativas disponíveis e valores sociais. Princípios como a redução do número de animais utilizados, a minimização do sofrimento e a procura de métodos alternativos constituem referenciais éticos amplamente reconhecidos, mas cuja aplicação prática envolve decisões difíceis e, muitas vezes, controversas [8].

3. O recurso à inteligência artificial na medicina

A Inteligência Artificial (IA) refere-se a sistemas informáticos capazes de analisar grandes quantidades de dados e apoiar a tomada de decisões. Na medicina, a IA é atualmente utilizada para ajudar no diagnóstico de doenças, na análise de exames médicos e na escolha de tratamentos mais adequados. Estudos mostram que estas tecnologias podem aumentar a rapidez e a precisão dos cuidados de saúde, beneficiando quer os pacientes, quer os médicos [9].

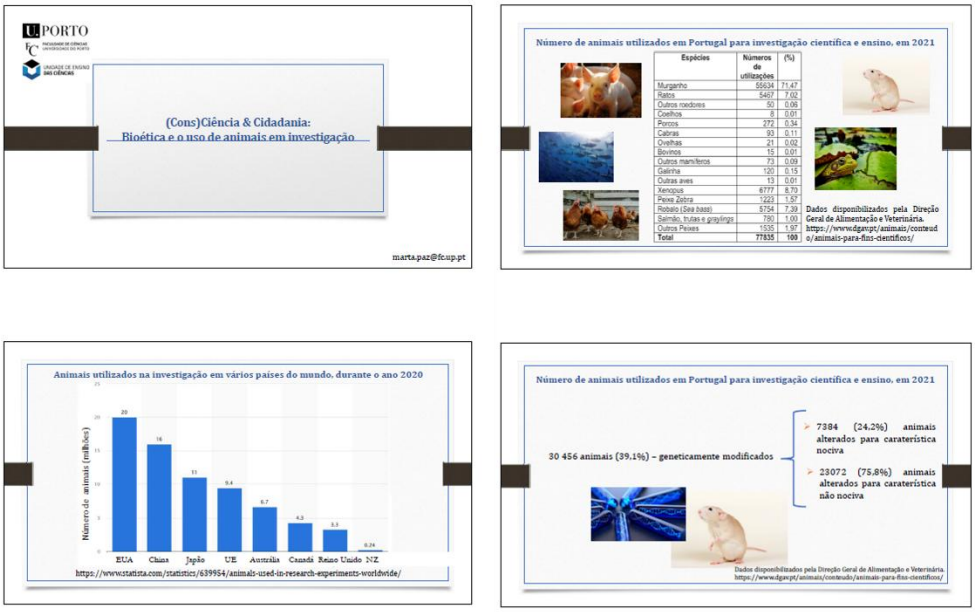
No entanto, o uso da IA na medicina levanta importantes questões éticas. Quando um sistema informático participa numa decisão médica, torna-se necessário questionar quem é responsável por essa decisão: o médico, a instituição de saúde ou a própria tecnologia. Além disso, muitos sistemas

de IA baseiam-se em algoritmos difíceis de compreender, o que pode dificultar a explicação das decisões tomadas [10]. Outra preocupação central está relacionada com a proteção dos dados pessoais dos pacientes. Os sistemas de IA utilizam grandes volumes de informação clínica, o que exige cuidados especiais para garantir a privacidade e evitar utilizações indevidas. Por fim, ainda há o risco de as decisões tomadas não serem as mais corretas, uma vez que os algoritmos podem reproduzir desigualdades já presentes nos dados utilizados para os treinar [11].

Atividade I. Em linha com a bioética: o uso de animais na investigação científica

Procedimento:

1. Os participantes analisam alguns dados sobre o uso de animais na investigação científica (Figura III3);



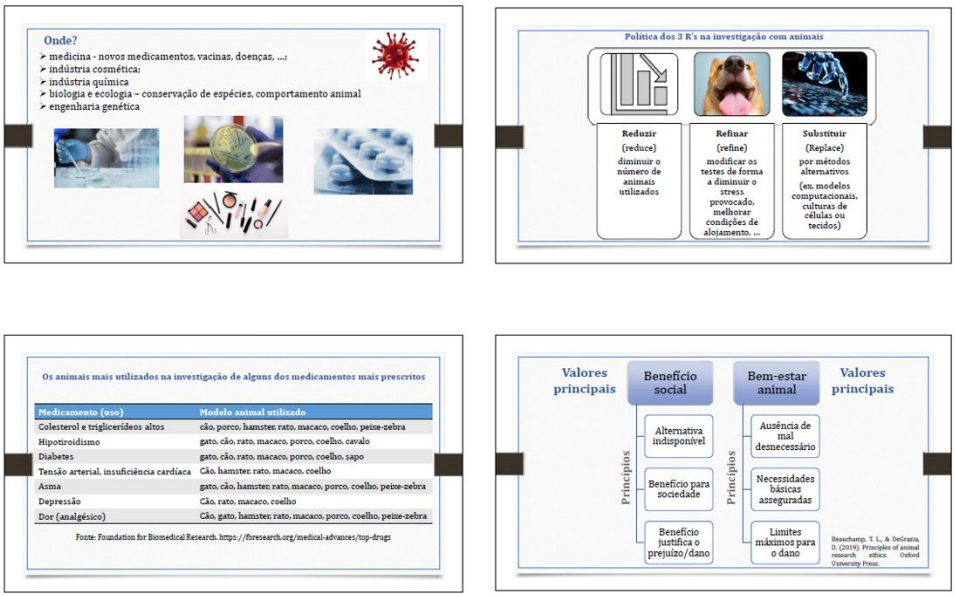


Figura III3. Alguns dados sobre o uso de animais em investigação científica facultados aos participantes.

2. A atividade decorre num espaço amplo, preferencialmente no exterior. Define-se uma linha imaginária ou física, em que uma extremidade corresponde a "Concordo totalmente" e a outra a "Discordo totalmente", representando um *continuum* de posições possíveis;
3. O dinamizador/educador lê uma afirmação relacionada com o uso de animais na investigação biomédica (conforme a lista apresentada na Figura III4);

1. A investigação científica com animais é aceitável se contribuir para a cura de doenças graves em humanos.
2. É melhor usar animais em estudos científicos do que testar novos medicamentos diretamente em humanos.
3. Deveríamos investir mais em métodos alternativos que não envolvam o uso de animais em investigações.
4. Os avanços médicos justificam o uso de animais superiores em investigação, como cães ou primatas.
5. O uso de roedores em investigação é mais aceitável do que o uso de primatas.
6. Todas as experiências com animais são éticas, desde que obedeçam a rigorosas regulamentações e os animais tenham condições de alojamento satisfatórias e não sejam sujeitos a sofrimento e dor.
7. Os benefícios da investigação científica para os humanos não justificam o uso de animais.
8. A investigação científica envolvendo animais é aceitável apenas quando não há alternativas disponíveis.
9. Os direitos dos animais devem ser tão importantes quanto os humanos.
10. O uso de animais em investigações biomédicas é essencial para garantir a segurança de medicamentos e vacinas no ser humano.

Figura III4. Conjunto de afirmações sobre o uso de animais na investigação científica usadas na atividade prática no exterior.

4. Após cada afirmação, os participantes deslocam-se ao longo da "linha", posicionando-se de acordo com o seu grau de concordância ou discordância (é explicitado que não existem respostas certas ou erradas, sendo valorizada a diversidade de posições).

5. Depois de estabilizado o posicionamento, alguns participantes são convidados a explicar as razões da sua escolha (sempre que pertinente, o dinamizador/educador pode relacionar os argumentos apresentados com princípios bioéticos como a beneficência, a não maleficência, a autonomia e a justiça).
6. A dinâmica repetiu-se para cada afirmação, permitindo que os participantes ajustassem ou mantivessem as suas posições depois de ouvirem as justificações dos colegas.

Questões:

No final da atividade, promove-se uma reflexão coletiva orientada por questões como:

1. Foi fácil ou difícil tomar uma posição clara? Porquê?
2. Quais as afirmações que geraram mais dúvidas ou desconforto? Justifiquem.
3. As vossas opiniões mudaram após ouvir os argumentos dos colegas?
4. Reflitam sobre quais os princípios éticos mais fáceis e mais difíceis de ponderar?

Atividade de ampliação

Procedimento:

1. Análise de pequeno documento informativo sobre o uso de IA na medicina, apresentado na Figura III5, em grupos de dois elementos.

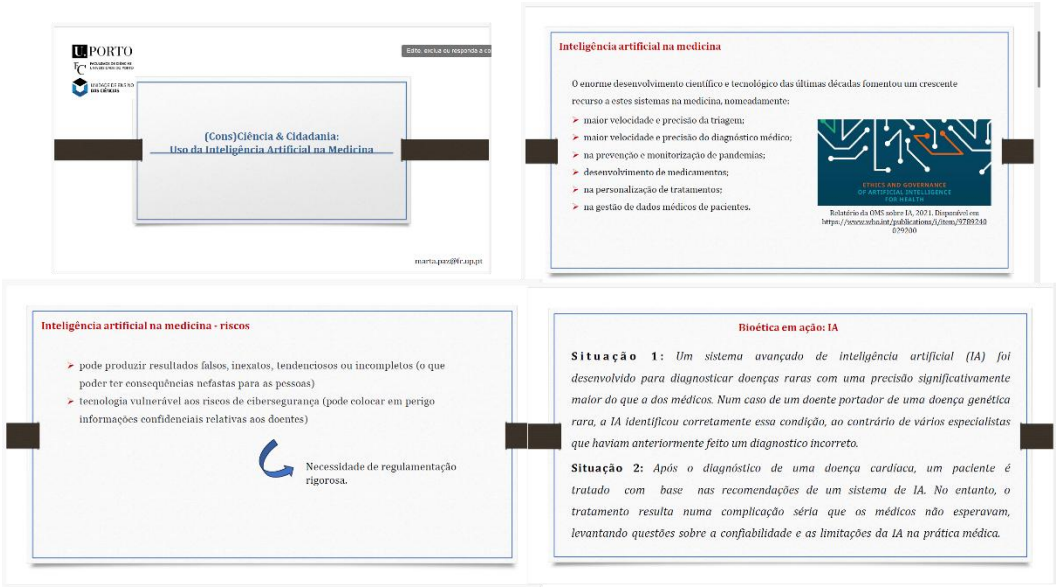


Figura III5. Documentos sobre o uso de IA na medicina disponibilizados aos participantes.

2. Individualmente, os participantes respondem às questões:

2.1. Como vês o uso de IA na medicina? Justifica a tua resposta.

(no caso de participantes mais jovens, podem ser facultadas algumas opções de resposta, como: (i) a IA deve ser amplamente utilizada para melhorar a rapidez e precisão dos diagnósticos médicos; (ii) a IA deve ser usada apenas como uma ferramenta de apoio às

decisões dos médicos; (iii) os riscos de erros e complicações são elevados, pelo que não devemos ficar dependentes da IA; (iv) os pacientes devem sempre ter poder de escolha, decidindo se querem, ou não, ser tratados com o auxílio de IA; outra opção.

2.2. Qual o princípio bioético mais importante para fundamentar a tua posição?

3. Partilha das respostas e discussão das mesmas em grupo alargado, à luz dos princípios bioéticos.

Antes de terminar…

A Eva convida-te a refletir:

- Até que ponto os benefícios da investigação justificam os meios utilizados para os alcançar?
- Como podemos equilibrar a proteção dos animais com a necessidade de desenvolver novos tratamentos médicos
- Quem deve assumir a responsabilidade quando uma decisão médica é apoiada por sistemas de IA?
- Como garantir que as novas tecnologias são utilizadas de forma ética, segura e justa?



Ideia-chave para recordar:

O progresso científico e tecnológico deve ser acompanhado por uma reflexão ética, garantindo que os benefícios da investigação sejam alcançados com responsabilidade e respeito pela vida.

Referências

[1] Neves, M. C. P., & Osswald, W. (2007). *Bioética simples*. Lisboa: Verbo.

[2] UNESCO (2006). *Universal declaration on bioethics and human rights*. UNESCO publishing http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180E.pdf

[3] Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.

[4] Cooke, C., & Hubbard, A. (2022). Bringing Bioethics to the Natural Sciences Classroom: A Case Study Approach. *The American Biology Teacher*, 84, 279-283. https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.5.279

[5] Araújo, J., Gomes, C. C., Jácomo, A., & Pereira, S. M. (2017). Teaching bioethics in high schools. *Health Education Journal*, *76*(4), 507-513. https://doi.org/10.1177%2F0017896917690566

[6] Hubrecht, R., & Carter, E. (2019). The 3Rs and Humane Experimental Technique: Implementing Change *Animals,* 9. https://doi.org/10.3390/ani9100754

[7] Walker, R. (2020). Can We Do without Respect and Justice in Animal Research Ethics?. *The Hastings Center report*, *50*(5), 46-47 . https://doi.org/10.1002/hast.1187

[8] Organização Mundial da Saúde (OMS) (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health* Disponível em https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200

[9] Topol, E. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.

[10] Comissão Europeia (2019). *Orientações éticas para uma IA de confiança*. Disponível em https://digital-strategy.ec.europa.eu/pt/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai

[11] UNESCO (2022). *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence.* Unesco publishing. Disponíve em https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137.locale=en

Apêndice 2. Recursos Educativos – Módulo de Geoética

Recurso Educativo IV

(Cons)Ciência nas profundezas: Como conciliar a exploração mineira submarina com a sustentabilidade dos oceanos?

Resumo

A exploração de minerais nos oceanos está ligada aos desafios globais do mundo atual, como, por exemplo, o enorme crescimento populacional, as alterações nos padrões de consumo e o aumento na procura por recursos naturais. À medida que os depósitos terrestres de minerais se esgotam, ou se tornam economicamente inviáveis devido à exploração intensiva, a atenção relativamente aos minerais existentes nos oceanos cresceu. Para equilibrar as necessidades humanas com a preservação dos ecossistemas marinhos e a sustentabilidade planetária, é fundamental adotar práticas responsáveis, elaborar regulamentações adequadas e realizar esforços para educar as populações para a importância de, coletivamente, reduzir o consumo de minerais, promovendo antes a eficiência do seu uso e a economia circular. Será possível a exploração de recursos dos fundos oceânicos coexistir com a sustentabilidade dos oceanos? Como pode a geoética contribuir para responder a esta questão? Este recurso educativo convida os alunos a refletir criticamente sobre se, e em que condições a exploração mineira dos fundos oceânicos pode ser considerada eticamente aceitável à luz dos princípios da geoética.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas





Finalidade

Reconhecer a importância do oceano para a sustentabilidade da vida no planeta Terra e como a geoética é fundamental para a tomada de decisão relativamente à exploração de recursos minerais do oceano.

Objetivos

- Conhecer os serviços do ecossistema “Oceano”;

- Compreender a relação entre o aumento da população humana, a alteração dos padrões de consumo, a sustentabilidade planetária e a maior necessidade de recursos naturais;
- Prever diferentes tipos de consequências da exploração de minerais no oceano para o ecossistema marinho e para o Homem.
- Argumentar sobre o papel dos geocientistas e da geoética na tomada de decisão relativamente à exploração de recursos naturais do oceano;
- Perceber o impacto das nossas ações individuais para uma gestão sustentável dos recursos naturais e o alcance da sustentabilidade planetária.

Referencial teórico

1. Geoética

A geoética é uma área científica interdisciplinar, que envolve conhecimentos não apenas das geociências, mas também da filosofia, sociologia ou da economia. Na sua área de estudo encontra-se a reflexão sobre a forma como o ser humano interage com o planeta terra [1].

Os geocientistas são profissionais que se ocupam do estudo das ciências da Terra, englobando diversas disciplinas relacionadas com a composição, a estrutura, os processos e os fenómenos que ocorrem no planeta. Assim, estes profissionais podem atuar em diversas áreas, como a geologia, a engenharia, a geofísica, a geoquímica, a meteorologia, a oceanografia, a educação, entre outras. A geoética fornece um alicerce ético, capaz de nortear as atividades dos geocientistas, assegurando que eles desempenham a sua ação de uma forma responsável e sustentável, incorporando na sua tomada de decisão não apenas os aspetos científicos, mas também valores éticos, sociais e culturais [1, 2]. Para além disso, a geoética pode ajudar as pessoas a (re)avaliar e (re)orientar o seu comportamento, ajustando-o para atividades humanas alternativas que possam contribuir para a sustentabilidade planetária [3, 4]. No contexto deste recurso educativo, a geoética é mobilizada não apenas como um campo de reflexão teórica, mas como um referencial ético para a tomada de decisão. Os seus princípios permitem analisar conflitos entre desenvolvimento económico, exploração de recursos naturais e proteção dos ecossistemas marinhos, apoiando decisões informadas, responsáveis e orientadas para a sustentabilidade planetária.

Algumas áreas de intervenção da geoética encontram-se ilustradas na figura IV1.

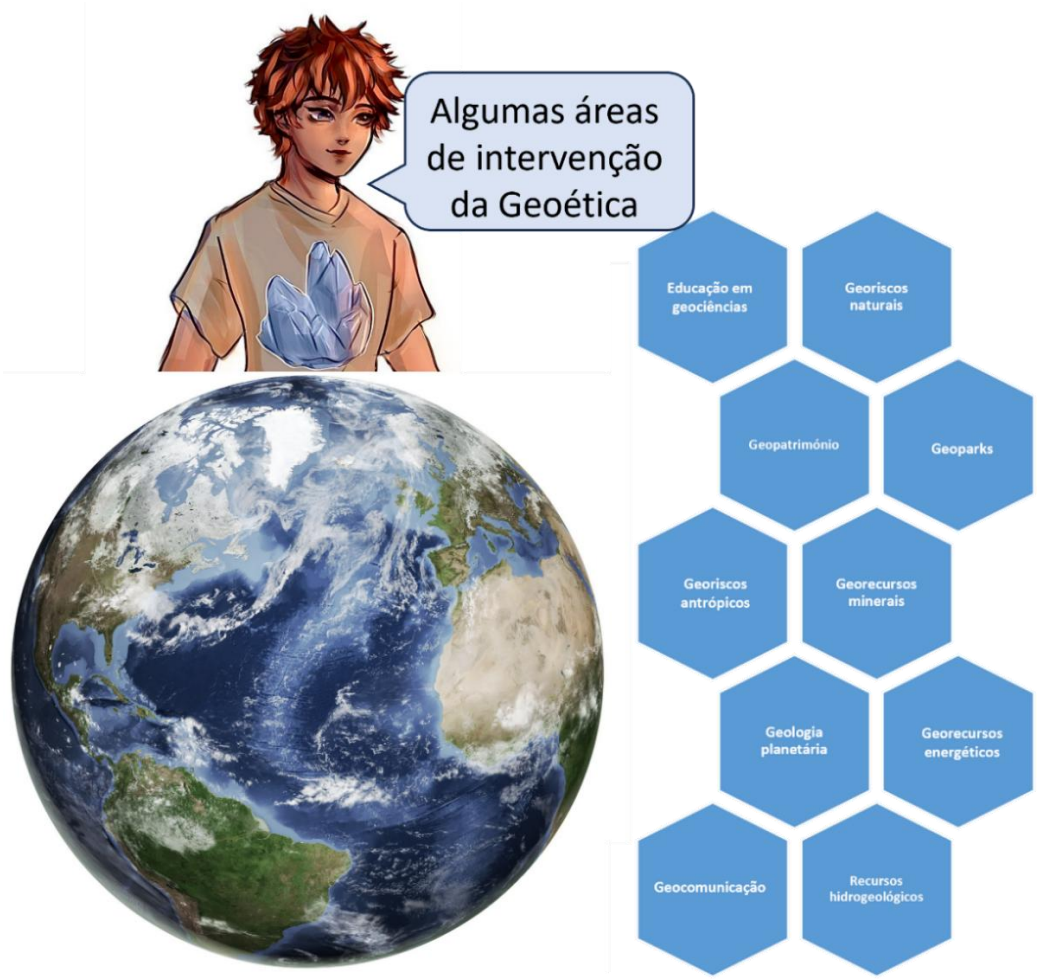


Figura IV1. Áreas de intervenção da geoética.

2. Oceano: Um imenso azul e muito mais

O oceano é o maior ecossistema do planeta (figura IV2). A sua área cobre mais de 70% da superfície da Terra. Apesar do enorme desenvolvimento científico e tecnológico dos nossos dias, o conhecimento sobre o oceano continua a ser muito reduzido, principalmente no que diz respeito às zonas mais profundas [5]. Por este motivo, é essencial continuar a desenvolver a ciência de forma a aumentar o nosso conhecimento e compreensão sobre os oceanos.



Figura IV2. O planeta azul e a biodiversidade dos oceanos.

O enorme crescimento populacional, a alteração nos padrões de consumo humanos e a necessidade de caminharmos no sentido de alcançar a sustentabilidade planetária, promovem um grande aumento na procura de minerais. Este facto, exerce uma grande pressão no setor da mineração, nomeadamente, no que diz respeito a minerais essenciais para a transição energética verde, como o cobre, níquel, cobalto, o lítio, a grafite ou as terras raras [6]. O oceano é rico em minerais diversos e importantes para auxiliar essa transição. Estes recursos minerais encontram-se essencialmente em três locais do oceano: nas fontes hidrotermais (ricas em sulfetos), em crostas de cobalto (ricas em cobalto), e em nódulos polimetálicos (ricos em níquel, cobre, cobalto e manganês)[7]. Estes últimos são atualmente alvo de vários estudos para uma possível exploração em larga escala (figura IV3). A exploração de minerais dos fundos oceânicos é vista como um motor para o desenvolvimento económico do setor marítimo [8]. No entanto, o conhecimento atual sobre o impacto deste tipo de exploração em águas profundas encontra-se, ainda, numa fase muito inicial de desenvolvimento [9,10]. A Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos é um organismo internacional fundado em 1996. Esta organização é responsável por

regulamentar e assegurar a proteção eficaz do ambiente marinho contra os efeitos nocivos que possam advir de atividades relacionadas com os fundos oceânicos, em zonas que se encontram localizadas em águas internacionais, ou seja, fora da jurisdição nacional [8,9,10].



Figura IV3. Nódulos polimetálicos e algumas das suas utilidades.

Perante este cenário, coloca-se uma questão central: será eticamente aceitável explorar recursos minerais dos fundos oceânicos para responder às necessidades humanas, mesmo sem conhecer plenamente os impactos dessa exploração nos ecossistemas marinhos?

Atividade 1 - Caça ao tesouro "Oceano: um imenso azul e muito mais!"

Para relembrar: os serviços dos ecossistemas correspondem aos benefícios que as pessoas obtêm, direta ou indiretamente, desses ecossistemas. Estão divididos em quatro tipos diferentes de serviços: (i) de produção, (ii) de regulação, (iii) de suporte e (iv) culturais, conforme se apresenta na Figura IV4.

Produção	Regulação	Suporte	Culturais
•Bens e produtos extraídos dos ecossistemas. •Aqui podemos incluir, por exemplo, alimentos, água doce, madeira ou fibras (celulose ou o linho), transporte, energia, ..	•Benefícios obtidos do controlo de processos naturais. •Aqui podemos incluir, por exemplo, a regulação do clima, o controlo natural do efeito das cheias ou da erosão, os fenómenos da polinização, a depuração natural da água ou dos solos, ...	•Correspondem aos processos naturais que mantêm todos os outros serviços. •Aqui podemos incluir, por exemplo, a formação do solo (que fornece habitat), os ciclos de matéria, a produção de matéria orgânica pelos produtores (produtividade primária pela fotossíntese), ...	•Benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas. • Aqui podemos incluir, por exemplo, a educação, o turismo, o lazer, ou mesmo os benefícios ao nível espiritual, estético ou científico, ...

Figura IV4. Os quatro tipos de serviços dos ecossistemas.



Procedimento:

- Os jogadores devem ser divididos em equipas de 3/4 elementos, sendo atribuída um símbolo/cor a cada equipa;
- recebem quatro envelopes, inicialmente vazios, cada um com um enigma no exterior. A resolução destes enigmas permite identificar as quatro categorias de serviços dos ecossistemas: Produção, Regulação, Culturais e Suporte;
- devem procurar as pistas previamente escondidas no espaço onde decorre a atividade. Quando participam várias equipas, cada uma apenas pode recolher as pistas identificadas com o símbolo ou a cor que lhe foi atribuída;
- cada pista contém um enigma cuja resolução permite identificar um dos serviços prestados pelos ecossistemas oceânicos. Depois de resolvida, a pista deve ser colocada no envelope correspondente à respetiva categoria de serviços;
- o grupo que apresentar diagrama corretamente preenchido vence o jogo;

Materiais adicionais disponíveis através do link: http://doi.org/10.5281/zenodo.22833005

Atividade 2 – Role play

Procedimento:

- visualize o vídeo Mineração no fundo do mar - a corrida por minerais críticos, disponível através do QR Code.
- forme grupos de 3 a 5 elementos e atribua a cada um deles um papel (CEO/gestor da Metals Company, equipa de geólogos, equipa de biólogos marinhos e oceanógrafos, pescadores, membros da Autoridade Internacional do Fundo Marinho, CEO/gestores de companhias mineiras terrestres);
- os grupos devem rever o vídeo e pesquisar informação adicional sobre o tema (20 minutos);
- durante o debate, os grupos devem defender a sua posição, tentando convencer os membros da Autoridade Internacional do Fundo Marinho a decidir de acordo com a mesma;
- no fim do tempo estipulado pelo professor, o grupo dos representantes da Autoridade Internacional do Fundo Marinho delibera sobre a decisão tomada, tendo em conta os valores geoéticos.

Adaptado de "Deep-sea mining: the race for critical minerals", CBC

Atividade de ampliação

Materiais necessários:

- tina transparente ou aquário;
- areia;
- missangas escuras (de pequena dimensão);
- água;
- diversos organismos marinhos recortados em papel EVA;
- sifão para limpeza de aquários (Figura IV5).



Figura IV5. Dispositivo (sifão) para limpeza de aquários.

Procedimento:

- Monte o dispositivo conforme exemplificado na Figura IV6;
- A mineração do fundo do mar está pronta para começar! Aspire as pedrinhas com auxílio de uma seringa;
- Liberte os pedaços de areia e água novamente para a tina, com auxílio da segunda seringa;
- Registe numa folha as observações que fez relativamente às pedrinhas e às areias.



Figura IV6. Montagem da atividade de modelação

Questões:

1. O que acontece à areia quando as “pedrinhas” são aspiradas?
2. Relacione este acontecimento com aquilo que poderá acontecer na mineração dos nódulos polimetálicos do fundo do mar.
3. Preveja o impacto que a mineração de nódulos polimetálicos do fundo do mar poderá representar para o ecossistema marinho, dando exemplos concretos.
4. Após esta atividade de modelagem, mudou de opinião relativamente à concessão do direito de exploração mineira no fundo do mar a empresas particulares? Justifique.
5. Proponha possíveis soluções para a questão colocada no título deste recurso educativo, justificando com base em evidências científicas e de acordo com os valores geoéticos.

Antes de terminar…

O Dário convida-te a refletir:

- Como podemos conciliar a necessidade de recursos minerais com a proteção dos ecossistemas marinhos?
- Quem deve decidir quando os benefícios económicos entram em conflito com a conservação da natureza?
- Que responsabilidades temos perante os oceanos e as gerações futuras?
- Será a exploração mineira dos fundos oceânicos a única resposta para satisfazer a crescente procura de minerais?



Ideia-chave para recordar:

A reflexão geoética ajuda-nos a compreender que a utilização dos recursos naturais deve ser orientada por conhecimento científico, responsabilidade, sustentabilidade e respeito pelo sistema Terra.

Referências

[1] Bobrowsky, P., Cronin, V.S., Di Capua, G., Kieffer, S.W. & Peppoloni, S. (2018). The emerging field of Geoethics. Em L.C. Gundersen (Ed.), *Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences* (pp. 175-212). John Wiley & Sons.

[2] Vasconcelos, C.; Schneider-Vos, S.; Peppoloni, S. (2020). *Teaching Resources for Higher Education Geoethics.* U.Porto: Porto, Portugal.

[3] Vasconcelos, C. & Orion, N. (2021). Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability. *Sustainability, 13*, 1316. https://doi.org/10.3390/su13031316

[4] Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2020). Geoethics as global ethics to face grand challenges for humanity. In G. Di Capua, P. T. Bobrowsky, S. W. Kieffer, & C. Palinkas (Eds.), *Geoethics: Status and future perspectives* (pp. 13-29). Geological Society of London. https://doi.org/10.1144/SP508-2020-146

[5] Grotzinger, J., & Jordan, T. H. (2020). *Understanding Earth* (8ª Edição). Macmillan.

[6] International Energy Agency (2023), *Critical Minerals Market Review 2023*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023, License: CC BY 4.0

[7] Sharma, R. (Ed.). (2017). *Deep-sea mining: Resource potential, technical and environmental considerations.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52557-0

[8] Van Dover, C. L., Ardron, J. A., Escobar, E., Gianni, M., Gjerde, K. M., Jaeckel, A., Jones, D., Levin, L., Niner, H., Pendleton, L., Smith, C., Thiele, T., Turner, P., Watling, L. & Weaver, P. (2017). Biodiversity loss from deep-sea mining. *Nature Geoscience, 10*(7), 464-465.

[9] Washburn, T. W., Turner, P. J., Durden, J. M., Jones, D. O., Weaver, P., & Van Dover, C. L. (2019). Ecological risk assessment for deep-sea mining. *Ocean & coastal management, 176*, 24-39. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.04.014

[10] International Seabed Authority (2023). *Potential interactions between fishing and mineral resource-related activities in areas beyond national jurisdiction: a spatial analysis.* ISA Technical Study No. 33. International Seabed Authority.

Recurso Educativo V

Os sismos e a geoética: da avaliação dos riscos à proteção das populações

Resumo

Os sismos são fenómenos naturais resultantes da dinâmica interna da Terra. A ocorrência de sismos está associada a regiões da litosfera que exibem maior instabilidade, incluindo as zonas de limites das placas tectónicas e áreas dentro das próprias placas, onde ocorrem falhas ativas. Devido a essa associação, a probabilidade de ocorrência de um sismo não é uniforme em todas as regiões do planeta. Apesar de fazerem parte do funcionamento normal do planeta, os seus impactos podem ser devastadores quando ocorrem em zonas habitadas. A compreensão da propagação das ondas sísmicas, da vulnerabilidade das construções e das opções de mitigação do risco é essencial para reduzir perdas humanas e materiais. Portugal localiza-se próximo de vários limites de placas litosféricas, sendo ainda atravessado por várias falhas ativas. A qualidade das construções e o grau de preparação dos habitantes desempenham um papel fundamental na avaliação do risco sísmico de uma região, bem como na magnitude dos efeitos provocados por um sismo. Quais são os princípios fundamentais da geoética e como se aplicam à sismologia e à redução do risco sísmico? De que forma pode a educação e a consciencialização da população em geral contribuir para comportamentos geoéticos relacionados com o risco sísmico? Através deste recurso educativo, vamos explorar os sismos não apenas do ponto de vista científico, mas também geoético, refletindo sobre como o conhecimento deve orientar decisões responsáveis em matéria de ordenamento do território, construção e proteção das populações.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas



Finalidade

Compreender o papel da geoética na determinação e mitigação do risco sísmico de uma região.

Objetivos

- Compreender que o risco sísmico pode envolver perdas humanas, materiais e económicas, dependentes de fatores naturais e das decisões humanas;

- Desenvolver competências de resolução de problemas e trabalho colaborativo;
- Identificar os valores geoéticos;
- Argumentar sobre o papel da geoética, dos geocientistas e da população em geral na mitigação do risco sísmico e na proteção das populações.

Referencial teórico

1. Sismos

A litosfera é a camada mais externa da parte sólida do nosso planeta. Por ser a camada mais externa, é também a mais fria, o que faz com que tenha um comportamento dominantemente elástico e frágil. Assim sendo, quando submetida a forças (normalmente tectónicas, mas que também podem ter outras origens), a litosfera deforma de forma elástica. Se for atingido o limite de deformação elástica, ocorre uma fratura. A fraturação permite o deslizamento de um bloco rochoso em relação a outro, ao longo de um plano de falha. Um sismo é um evento de fraturação da litosfera, com o subsequente deslizamento de um bloco rochoso em relação ao outro. O hipocentro corresponde assim à zona onde começou a fratura e consequente deslizamento dos blocos.
Os sismos libertam a energia potencial que tinha sido acumulada durante a deformação elástica da litosfera. Parte da energia libertada é utilizada na fracturação das rochas, outra parte perde-se em calor. Há também uma parte da energia libertada que se propagada a partir da falha sob a forma de ondas sísmicas. As ondas sísmicas podem ser detetadas e registadas em aparelhos denominados sismógrafos. Existem dois tipos de ondas sísmicas: as ondas internas (P e S) e as ondas superficiais (de Love e de Rayleigh) [1].

2. Risco sísmico

Para além da compreensão dos mecanismos físicos que originam os sismos, é também importante compreender o conceito de risco sísmico, entendido como o resultado da interação entre a perigosidade natural, a vulnerabilidade das populações e a exposição de pessoas, infraestruturas e bens. Um sismo, enquanto fenómeno natural, não é em si uma catástrofe; torna-se um desastre quando ocorre em contextos socialmente vulneráveis, com construções inadequadas, fraca preparação das populações e ausência de políticas eficazes de prevenção e mitigação. O impacto dos sismos depende tanto das características geofísicas do evento como das decisões humanas relacionadas com o ordenamento do território, a engenharia das construções, a gestão do risco e a proteção civil. Assim, o risco sísmico constitui um conceito profundamente sociocientífico, que exige

uma leitura integrada dos sistemas naturais e sociais, evidenciando a responsabilidade humana na redução dos impactos e na proteção das populações [1].

3. Geoética

A geoética é uma área científica interdisciplinar, que envolve conhecimentos não apenas das geociências, mas também da filosofia, sociologia ou da economia. Na sua área de estudo encontra-se a reflexão sobre a forma como o ser humano interage com o planeta Terra [2].

Os geocientistas são profissionais que se ocupam do estudo das ciências da Terra, englobando diversas disciplinas relacionadas com a composição, a estrutura, os processos e os fenómenos que ocorrem no planeta. Assim, estes profissionais podem atuar em diversas áreas, como a geologia, a engenharia, a geofísica, a geoquímica, a meteorologia, a oceanografia, a educação, entre outras. A geoética fornece um alicerce ético, capaz de nortear as atividades dos geocientistas, assegurando que eles desempenham a sua ação de uma forma responsável e sustentável, incorporando na sua tomada de decisão não apenas os aspetos científicos, mas também valores éticos, sociais e culturais [2,3]. Para além disso, a geoética pode ajudar as pessoas a (re)avaliar e (re)orientar o seu comportamento, ajustando-o para atividades humanas alternativas que possam contribuir para a sustentabilidade planetária [4,5]. Algumas áreas de intervenção da geoética encontram-se ilustradas na figura V1.

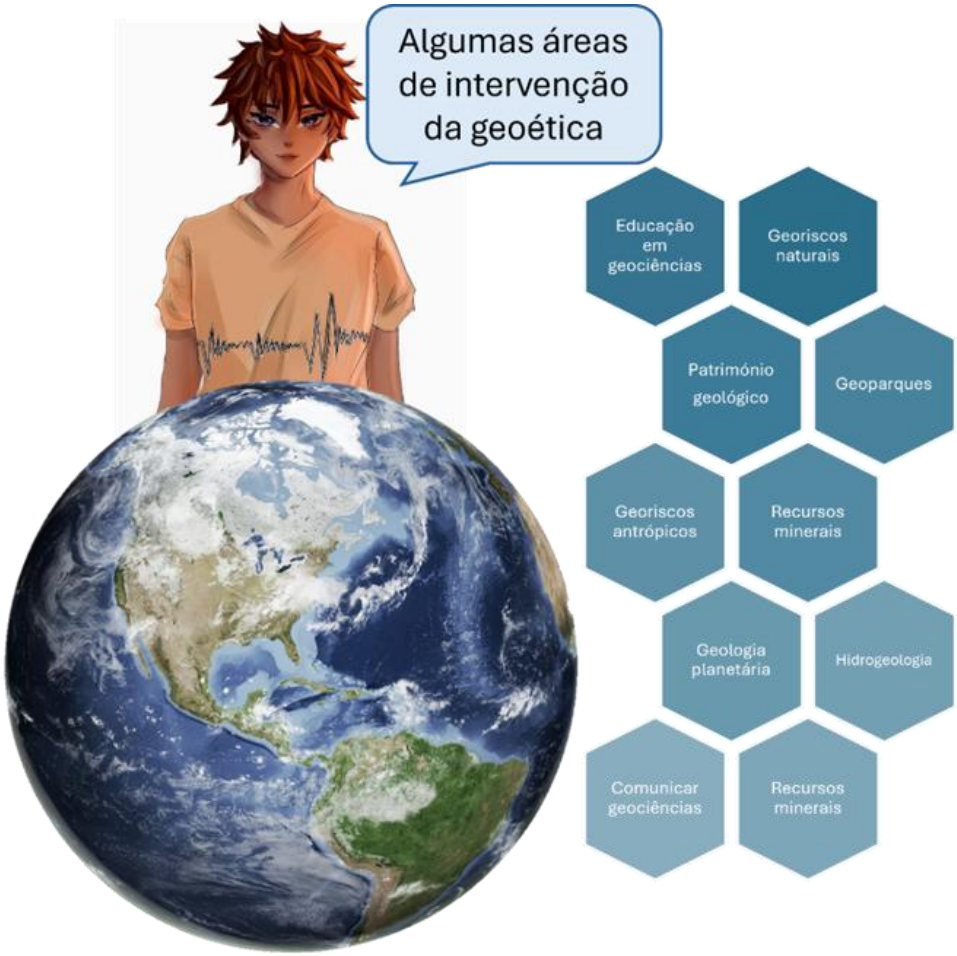


Figura V1. Algumas das áreas de intervenção da geoética.

Atividade 1. Modelação de um sismo e dos seus efeitos em "edifícios"

Procedimento para o educador/professor:

- Instalar a aplicação *Vibrometer*, ou outra semelhante, disponível em: Android: https://goo.gl/zFPkHX e iOS: https://goo.gl/l8CCgi

Materiais necessários para construir a mesa sísmica:

- Base de uma caixa de cartão
- Cartão grosso (do mesmo tamanho da base)
- 2 paus de gelado
- 5 molas pequenas
- Cola ou fita adesiva

Materiais necessários para a construção dos "edifícios":

- Marshmallows
- Tesoura (para cortar os marshmallows, se necessário)
- Palitos

Procedimentos para os participantes na atividade:

1. Construir a mesa sísmica conforme a imagem da Figura V2. A superfície preta deve ser colocada sobre as molas.



Figura V2. Mesa sísmica montada.

2. Em grupos de 3 ou 4 elementos, construam pelo menos dois tipos de “edifícios” com os marshmallows e os palitos (como apresentado no exemplo da Figura V3);



Figura V3. Exemplo de "edifício" construído pelos participantes.

3. Testar os edifícios na mesa sísmica: colocar o telemóvel com a aplicação *Vibrometer* instalada e aberta, movimentar os pauzinhos colados na superfície preta e medir a “intensidade do sismo” provocado, através da aplicação.

4. Cada grupo, deve simular diferentes intensidades de sismo, variando a amplitude e a frequência do movimento.

5. Registar o comportamento das estruturas (estabilidade, colapso parcial ou total) e o tempo que demorou até ao colapso.

Questões:

1. Quais os tipos de edifícios que melhor resistiram à simulação sísmica?
2. Quais os fatores estruturais que parecem influenciar a resistência aos sismos?
3. De que forma o conhecimento científico pode contribuir para reduzir o risco sísmico?

Atividade de ampliação

Nos mesmos grupos, analisem e reflitam, sobre o seguinte:
"Uma cidade localizada numa zona sísmica ativa continua a expandir-se sem alterações significativas às normas de construção, apesar do conhecimento científico disponível."
Tarefas:

- Identificação do problema e dos riscos envolvidos;
- Discussão sobre quem são os principais responsáveis pela tomada de decisão (por exemplo, os cientistas, os geólogos, os engenheiros, os decisores políticos, os cidadãos);
- Utilização dos princípios geoéticos para justificar que decisões deveriam ser tomadas de forma a resolver, ou pelo menos diminuir, o problema identificado.

Reflexão final em grande grupo:

1. Quais foram as principais dificuldades na análise da situação apresentada?
2. O conhecimento científico deve ser ignorado ou valorizado nas decisões diretamente relacionadas com a sociedade?
3. De que forma pode a geoética contribuir para a gestão do risco sísmico numa determinada região?

Para terminar…

O Dário convida-te a refletir:

- Até que ponto os impactos de um sismo dependem apenas da Natureza?
- Que responsabilidades têm os cientistas, os decisores políticos e os cidadãos na redução do risco sísmico?
- Será aceitável ignorar o conhecimento científico quando estão em causa vidas humanas?
- Como pode cada um de nós contribuir para comunidades mais preparadas e resilientes?



Ideia-chave para recordar:

A reflexão geoética ajuda-nos a compreender que conhecer os riscos naturais é essencial, mas agir de forma responsável para proteger as pessoas e o território é uma responsabilidade de todos.

Referências

[1] Grotzinger, J., & Jordan, T. H. (2020). *Understanding Earth* (8ª Edição). Macmillan.

[2] Bobrowsky, P., Cronin, V.S., Di Capua, G., Kieffer, S.W. & Peppoloni, S. (2018). *The emerging field of Geoethics.* Em L.C. Gundersen (Ed.), Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences (pp. 175-212). John Wiley & Sons.

[3] Vasconcelos, C., Schneider-Vos, S., & Peppoloni, S. (2020). *Teaching Resources for Higher Education Geoethics*; U.Porto: Porto, Portugal.

[4] Vasconcelos, C. & Orion, N. (2021). Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability. *Sustainability, 13*, 1316. https://doi.org/10.3390/su13031316

[5] Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2020). Geoethics as global ethics to face grand challenges for humanity. In G. Di Capua, P. T. Bobrowsky, S. W. Kieffer, & C. Palinkas (Eds.), *Geoethics: Status and future perspectives* (pp. 13-29). Geological Society of London. https://doi.org/10.1144/SP508-2020-146

Recurso Educativo VI

Desequilíbrios nos ecossistemas urbanos: Ação geoética como garantia de maior resiliência das cidades perante eventos climáticos extremos

Resumo

As alterações climáticas dizem respeito a mudanças nas temperaturas e nos padrões climáticos a longo prazo. Estas alterações podem ser naturais ou antrópicas, e materializam-se no aquecimento da temperatura média da superfície terrestre, na ocorrência de alterações nos padrões de precipitação e no aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. Uma rede de transportes públicos moderna e eficiente é uma das formas das cidades diminuírem o número de veículos individuais no espaço urbano, promovendo a sustentabilidade. A ampliação da rede de transporte do Metro do Porto é uma obra de grande envergadura da cidade. Em janeiro de 2023, uma precipitação forte, num curto período, originou inundações nunca vistas em algumas zonas da cidade, com vários prejuízos para muitos comerciantes e moradores dos locais afetados. Será que se poderia ter evitado, totalmente, ou em parte, a situação? Que contributo pode a geoética oferecer em situações semelhantes?

Este recurso propõe explorar estas questões a partir de uma perspetiva geoética.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas





Finalidade

Reconhecer o contributo da Geoética para a redução do risco e a mitigação dos danos associados a desastres naturais e antrópicos

Objetivos

- Compreender a ligação entre as ações antrópicas e as alterações climáticas;
- Perceber que os fenómenos climáticos não podem ser evitados, mas os seus efeitos podem ser reduzidos;
- Debater o papel dos geocientistas e da geoética na prevenção e mitigação de desastres naturais e antrópicos.

Referencial teórico

Para relembrar…

Um sistema é definido como um conjunto de diferentes componentes, organizados entre si e em interação uns com os outros. A Terra é um sistema aberto formado por cinco subsistemas em constante interação e que trocam entre si matéria e energia: a atmosfera, a biosfera, a criosfera, a geosfera e a hidrosfera [1].

1. A geoética

A geoética é uma área científica interdisciplinar, que envolve conhecimentos não apenas das geociências, mas também da filosofia, sociologia ou da economia. Na sua área de estudo encontra-se a reflexão sobre a forma como o ser humano interage com o planeta terra [2].

Os geocientistas são profissionais que se ocupam do estudo das ciências da Terra, englobando diversas disciplinas relacionadas com a composição, a estrutura, os processos e os fenómenos que ocorrem no planeta. Assim, estes profissionais podem atuar em diversas áreas, como a geologia, a engenharia, a geofísica, a geoquímica, a meteorologia, a oceanografia, a educação, entre outras. A geoética fornece um alicerce ético, capaz de nortear as atividades dos geocientistas, assegurando que eles desempenham a sua ação de uma forma responsável e sustentável, incorporando na sua tomada de decisão não apenas os aspetos científicos, mas também valores éticos, sociais e culturais [2, 3]. Para além disso, a geoética pode ajudar as pessoas a (re)avaliar e (re)orientar o seu comportamento, ajustando-o para atividades humanas alternativas que possam contribuir para a sustentabilidade planetária [4, 5]. Algumas áreas de intervenção da geoética encontram-se ilustradas na figura VI1.

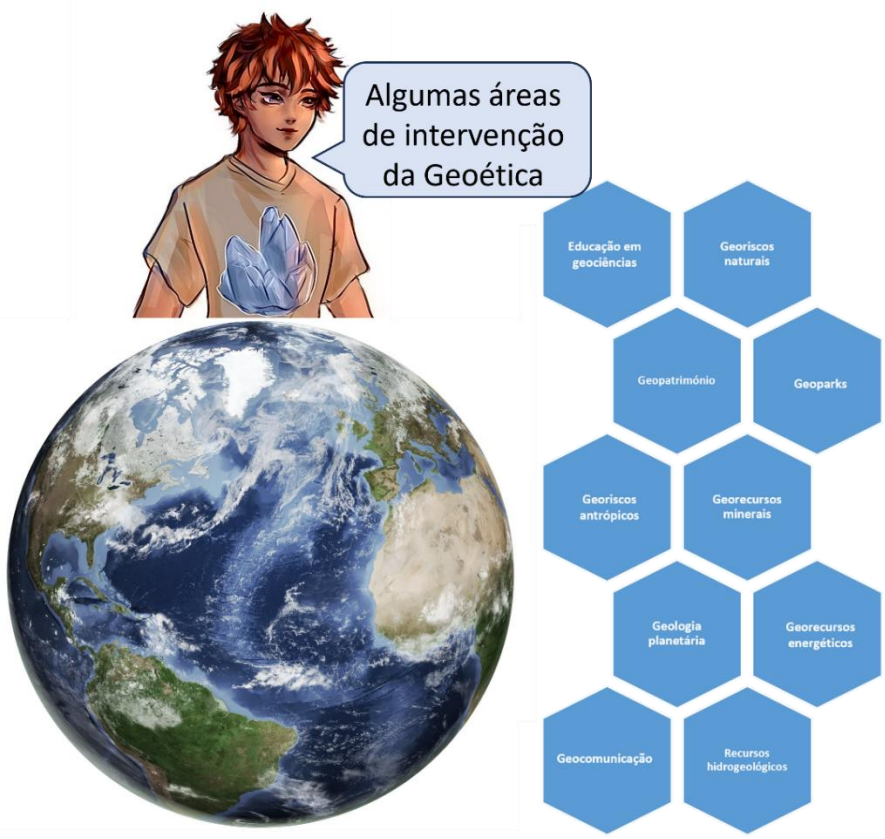


Figura VI1. Áreas de intervenção da geoética.

2. Alterações climáticas

As alterações climáticas são transformações significativas e duradouras nos padrões climáticos da Terra. Estas mudanças incluem o aumento das temperaturas médias globais, a ocorrência de eventos climáticos extremos mais frequentes e intensos, o derretimento das calotes polares e o aumento do nível do mar. A principal causa das alterações climáticas é a atividade humana, em particular, a emissão de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), provenientes da queima de combustíveis fósseis, da desflorestação, de atividades agrícolas intensivas e de outras atividades industriais.

De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) da ONU [6], as alterações climáticas representam uma ameaça real para o planeta, para os ecossistemas e a própria vida humana. Os seus impactes (figura VI2) incluem o aumento da frequência de ondas de calor, secas prolongadas, inundações, degelo, deslocamento de populações (devido ao aumento do nível do mar ou à falta de água/alimentos) e a perda de biodiversidade. Além disso, as alterações climáticas têm efeitos socioeconómicos, afetando a segurança alimentar, a saúde pública e a estabilidade política.



Figura VI2. Alguns efeitos das alterações climáticas.

Os fenómenos climáticos extremos, como precipitações intensas, ondas de calor ou tempestades, fazem parte da dinâmica natural do sistema Terra. No entanto, os seus impactos sobre as populações humanas não dependem apenas da intensidade do fenómeno, mas também das características dos territórios e das sociedades afetadas.

Em geociências, o risco resulta da combinação entre o perigo (fenómeno natural potencialmente danoso), a exposição (pessoas, bens e infraestruturas em zonas suscetíveis) e a vulnerabilidade (condições sociais, económicas, urbanísticas e ambientais). Assim, um mesmo evento climático pode ter consequências muito diferentes consoante o contexto em que ocorre.

Nas cidades, fatores como a impermeabilização dos solos, a ocupação de leitos de cheia e a insuficiência dos sistemas de drenagem aumentam a vulnerabilidade a episódios de precipitação intensa, sobretudo num contexto de alterações climáticas. A geoética destaca que muitos desastres resultam não apenas de fenómenos naturais, mas também de decisões humanas, como o planeamento urbano e a gestão do território, que envolvem responsabilidades éticas face à segurança das populações e à justiça social. Reconhecer o risco como uma construção socioambiental é essencial para promover cidades mais resilientes e sustentáveis.

3. Cidades sustentáveis

As cidades de todo o mundo apresentam diferentes condições e desafios para o desenvolvimento sustentável. Os desafios da sustentabilidade urbana abrangem um amplo espetro de questões ambientais, sociais, económicas e políticas. Questões como o excesso de tráfego automóvel, poluição atmosférica e sonora, enormes quantidades de resíduos sólidos, consumo elevado de energia e outros desafios ligados às alterações climáticas. As questões sociais, como a segregação, aumento de pobreza e crescentes tensões sociais, também fazem parte destes desafios [7].

Para fazer face a estes enormes desafios e mitigar os seus riscos torna-se necessário construir cidades socialmente inclusivas, amigas do ambiente e economicamente

sustentáveis [8]. Assim, é essencial que o poder político adote soluções inovadoras que possam contribuir para a construção de cidades mais sustentáveis. Um desses exemplos é a ampliação da rede de transportes públicos, mais sustentáveis e eficientes que o automóvel particular, a utilização de fontes de energia renováveis e a construção de coberturas verdes ou jardins verticais (Figura VI3).



Figura VI3. Alguns exemplos que promovem a sustentabilidade das cidades.

Vamos jogar?





Apresentação do caso

1. Analisa com atenção os documentos A, B e C disponibilizados.

Documento A

Mau tempo provocou inundações na baixa do Porto

A cidade do Porto foi afetada pelo mau tempo na manhã deste sábado. Registaram-se várias inundações no centro da cidade, sobretudo junto à estação de metro de São Bento. A Câmara do Porto considera que as obras de alargamento do metro poderão ter agravado a situação, mas a empresa já veio descartar qualquer ligação entre as obras e as inundações. De acordo com o vice-presidente da Câmara do Porto, registaram-se 56 ocorrências na cidade. "Tivemos uma tormenta, tivemos uma grande queda de água num curto espaço de tempo", reconheceu Filipe Araújo. Ao início da tarde, a estação de metro de São Bento ficou inundada e teve de ser encerrada, mas foi, entretanto, reaberta. A circulação na linha amarela entre a

estação da Trindade e o Jardim do Morro, em Vila Nova Gaia chegou mesmo a estar interrompida. Na baixa da cidade, a equipa de reportagem da RTP constatou que a situação está praticamente normalizada em várias ruas afetadas pelo mau tempo. Ainda não é possível circular de carro, mas já há acessos pedonais. Nesta altura, os comerciantes estão preocupados com as previsões meteorológicas para a próxima madrugada. Em declarações aos jornalistas, o vice-presidente da Câmara do Porto garantiu que todas as ocorrências estavam, pelas 16h00, "praticamente resolvidas". Filipe Araújo vincou que a autarquia estava "preparada para a intempérie", mas não esperava para o que aconteceu na Rua Mouzinho da Silveira, junto à estação de São Bento e da Ribeira. "O que não estávamos preparados era para aquilo que aconteceu na Rua Mouzinho da Silveira, que de facto é um fenómeno que nunca a cidade o viu neste espaço", salientou, lembrando as obras em curso da Metro do Porto naquela rua que continua cortada. "Estamos perante uma obra a decorrer (...) e que terá certamente provocado algumas alterações, que estamos a estudar com outros peritos, mas isso é normal. Uma obra às vezes pode provocar esse tipo de alterações", declarou.

Sobre as previsões das próximas horas, que apontam para um agravamento do estado do tempo durante a madrugada de domingo, o responsável admitiu que o cenário de inundações poderá repetir-se em caso de novo episódio de chuva intensa. Por sua vez, o porta-voz da Metro do Porto negou qualquer relação entre as obras na linha do metro e as consequências das cheias.

Notícia adaptada da RTP, de 07/01/2023, disponível em https://www.rtp.pt/noticias/pais/mau-tempo-provocou-inundacoes-na-baixa-do-porto_n1458543

Documento B





Faz *scan* do QR Code com o teu telemóvel, para que possas visualizar o vídeo.

Documento C

Relatório avança que obras do Metro do Porto agravaram impacto das cheias de janeiro

Relatório avança que obras do Metro do Porto agravaram impacto das cheias de janeiro. Documento produzido pelo LNEC adianta que trabalhos de alteração da rede de drenagem e as características do estaleiro da empreitada contribuíram para que as inundações escalassem. Teria existido inundação na mesma, mas as obras do Metro do Porto agravaram o impacto que as cheias tiveram no eixo onde estão as ruas Mouzinho da Silveira e das Flores, na Baixa do Porto. Este é o resultado do relatório produzido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), encomendado pela empresa de transportes do Metro do Porto, para apurar a interferência dos trabalhos em curso, naquela zona, quando a água inundou, no início do ano, aqueles arruamentos e entrou dentro de estabelecimentos e outros imóveis, tendo causado prejuízos aos proprietários e arrendatários dos espaços em causa. O documento finalizado em julho, a que o PÚBLICO teve acesso, refere que "Da análise dos resultados, conclui-se que teria existido inundação relevante na zona de interesse, mesmo que não estivessem a decorrer as obras em análise. Verificou-se igualmente que as alterações à rede de drenagem e à superfície urbana alteraram as condições de escoamento, ocorrendo, em alguns locais, agravamento da inundação", lê-se. Da produção do documento resultaram algumas recomendações gerais direcionadas à empresa como esta: "Recomenda-se genericamente que seja melhorada a consideração da circulação da água no espaço urbano e que seja reconhecida a relevância da integração dessa preocupação na atuação diária da Metro do Porto." E, de uma forma sucinta, elenca outras: "que as alterações provisórias efetuadas na rede de drenagem enterrada sejam antecipadamente analisadas com a entidade que gere esta infraestrutura. Sendo necessário efetuar estas alterações, que seja assegurada a capacidade de vazão existente"; "que os materiais depositados ou soltos no estaleiro sejam contidos por forma a evitar o seu arrastamento e a colmatação das sarjetas e sumidouros a jusante, cuja superfície deve encontrar-se desobstruída"; "que em locais com uma ocupação vasta da superfície por fronteiras fixas (p. exemplo, estaleiros), sejam utilizados tapumes que permitam a passagem de água ou sejam efetuados desvios para locais que permitam a acumulação temporária de água em excesso"; "que os acessos às estações de metro sejam sobrelevados em relação à

superfície circundante e que o alinhamento da entrada não coincida com o sentido predominante do escoamento à superfície"…

Notícia adaptada do Jornal Público de dia 30/08/2023. Disponível em https://www.publico.pt/2023/08/30/local/noticia/relatorio-avanca-obras-metro-porto-agravaram-impacto-cheias-janeiro-2061606

Atividade

Após a exploração dos documentos fornecidos, em grupos de 2 elementos, responde às seguintes questões:

1. Relaciona o caso apresentado nos três documentos com o fenómeno das alterações climáticas.
2. O fenómeno ocorrido no dia 7 de janeiro de 2023, na baixa da cidade do Porto, foi um fenómeno natural ou antrópico? Justifica a tua posição.
3. Indica medidas concretas que poderiam ter sido tomadas pela empresa Metro do Porto, de forma a reduzir o risco de ocorrência destas inundações na zona em questão.
4. Analisa as decisões associadas às obras do Metro do Porto à luz dos princípios da Geoética. Que responsabilidades podem ser identificadas? Fundamenta a tua resposta com base nos documentos.
5. A resiliência diz respeito à capacidade de recuperar de adversidades. Tendo este conceito por base, de que forma pode a geoética contribuir para tornar as cidades mais resilientes aos fenómenos climáticos extremos?
6.

Atividade de ampliação



Visualiza com atenção o vídeo: Que perguntas têm as crianças sobre as alterações climáticas?, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=tn4k3FjwJRI ou através do QR Code.

Em grupos de 4 elementos, analisa e explora o conteúdo do vídeo, respondendo, em seguida, às seguintes questões:

1. Quais os subsistemas terrestres referidos no vídeo?
2. Identifica 4 interações entre os subsistemas terrestres abordadas no vídeo.
3. Na entrevista apresentada, a geógrafa, Dra. Ana Monteiro refere que os decisores políticos sabem menos sobre o sistema climático do que um pescador ou um agricultor. Na tua opinião, a que se deve este facto?
4. "Quem decide não somos nós, são os políticos." Concordas com esta afirmação da cientista entrevistada? Por favor, justifica a tua resposta.

5. Na resposta à primeira questão, a Dra. Ana Monteiro termina afirmando: “Estamos a tempo. Temos é de mudar de atitude, não é?”. De que forma pode a geoética contribuir para esta alteração de atitude? Dá dois exemplos concretos.

Antes de terminar…

O Dário convida-te a refletir:



- Até que ponto os impactos dos fenómenos climáticos extremos dependem das decisões que tomamos enquanto sociedade?
- Como podemos construir cidades mais sustentáveis, resilientes e preparadas para os desafios das alterações climáticas?
- Que responsabilidades têm os cidadãos, os cientistas e os decisores políticos na prevenção e mitigação destes riscos?
- De que forma as nossas escolhas do dia a dia podem contribuir para um futuro mais sustentável?

Ideia-chave para recordar:

A reflexão geoética lembra-nos que, embora não possamos impedir a ocorrência de fenómenos naturais, podemos reduzir os seus impactos através de decisões responsáveis, planeamento sustentável e compromisso coletivo com o futuro do planeta.

Referências

[1] Grotzinger, J., & Jordan, T. H. (2020). *Understanding Earth* (8ª Edição). Macmillan.

[2] Bobrowsky, P., Cronin, V.S., Di Capua, G., Kieffer, S.W. & Peppoloni, S. (2018). *The emerging field of Geoethics*. Em L.C. Gundersen (Ed.), Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences (pp. 175-212). John Wiley & Sons.

[3] Vasconcelos, C.; Schneider-Vos, S.; Peppoloni, S. (2020). *Teaching Resources for Higher Education Geoethics*; U.Porto: Porto, Portugal.

[4] Vasconcelos, C. & Orion, N. (2021). Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability. *Sustainability, 13*, 1316. https://doi.org/10.3390/su13031316

[5] Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2020). Geoethics as global ethics to face grand challenges for humanity. In G. Di Capua, P. T. Bobrowsky, S. W. Kieffer, & C. Palinkas (Eds.), *Geoethics: Status and future perspectives* (pp. 13-29). Geological Society of London. https://doi.org/10.1144/SP508-2020-146

[6] IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

[7] Bouzguenda, I., Alalouch, C., & Fava, N. (2019). Towards smart sustainable cities: A review of the role digital citizen participation could play in advancing social sustainability. *Sustainable Cities and Society, 50*, 101627.

[8] Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Foth, M., Sabatini-Marques, J., Da Costa, E., & Ioppolo, G. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. *Sustainable cities and society*, *45*, 348-365.

Ciência, Ética e Cidadania cruzam-se nos grandes desafios do nosso tempo.

Partindo da educação em Bioética e Geoética, esta obra apresenta recursos educativos originais e convida educadores e jovens a explorar questões complexas, a refletir sobre valores e responsabilidades e a participar de forma informada na construção de um futuro mais justo e sustentável.



Esta publicação foi financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia através da bolsa de doutoramento "Integração curricular da bio e da geoética no ensino das ciências: Contributos para uma cidadania participativa através da aprendizagem por projetos" (2021.06518.BD).