InNature

CONJUNTO DE FERRAMENTAS

INOVAÇÃO NAS ESCOLAS
INSPIRADA POR SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

A abordagem do biomimetismo defende que as respostas sustentáveis, para muitos problemas que enfrentamos hoje, já foram desenvolvidas pela natureza, e define que as soluções de muitos problemas podem ser encontradas ao reproduzir os padrões da natureza.

Quais são os objetivos do projeto InNature? Aumentar as competências e a sensibilização relativas ao biomimetismo na comunidade escolar, incluindo alunos, pais, professores e organismos de ensino informal de ciências. Reforçar o princípio da sustentabilidade nas escolas para toda a comunidade escolar, desenvolver novos recursos pedagógicos a utilizar dentro e fora da sala de aula, reforçar as competências CTEAM junto da comunidade escolar, aprender mais sobre sustentabilidade, ter acesso a metodologias de ensino novas e inovadoras para as aplicar nas escolas, aumentar o conhecimento sobre soluções baseadas na natureza. Os objetivos por trás do projeto basearam-se na necessidade de aumentar o interesse e o conhecimento da comunidade escolar sobre o biomimetismo e o desenvolvimento sustentável.

Sobre o projeto InNature

O projeto InNature está relacionado com o biomimetismo, uma abordagem que defende que as respostas sustentáveis, para muitos problemas que enfrentamos hoje, já foram desenvolvidas pela natureza. Esta abordagem define que as soluções de muitos problemas podem ser encontradas ao reproduzir os padrões da natureza. Neste sentido, este projeto pretende aumentar as competências e a sensibilização relativas ao biomimetismo na comunidade escolar, incluindo junto de alunos, pais, professores e organismos de ensino informal de ciências, através do desenvolvimento e implementação de um conjunto de atividades, em sala de aula e relacionadas com esta abordagem, e da realização de eventos, tais como uma feira sobre este tema, a realizar nas escolas.

O InNature foi projetado para desenvolver um conjunto de recursos que serão utilizados e integrados nas escolas, com o objetivo de melhorar a inclusão do biomimetismo nas aulas e nas atividades escolares. Entre os resultados estão:

- **Um catálogo de boas práticas** — Um levantamento de várias boas práticas nos países europeus, relacionadas com o biomimetismo em vários contextos; algumas destas práticas têm o potencial de ser adaptadas ou transferidas para as escolas do ensino primário e do ensino secundário inferior;
- **Conjunto de ferramentas do InNature** — O presente documento, que contém um conjunto de atividades educativas destinadas a ser utilizadas pelos professores durante aulas, *workshops* ou outras atividades escolares, e junto de alunos de várias idades; estas são descritas de forma a poderem ser utilizadas independentemente na sala de aula;
- **Feira InNature** — Um conceito e um programa para organizar a «Feira InNature», um evento escolar com a duração de três dias, que contará com atividades e apresentações para aumentar a curiosidade da comunidade escolar e dos organismos de ensino informal de ciências sobre o tema do biomimetismo. Pilotos de eventos semelhantes foram realizados nas escolas parceiras no decorrer do projeto, para permitir a receção de *feedback* dos grupos-alvo do projeto. O programa pode ser adaptado a várias escolas e atividades, aumentando a probabilidade de ser utilizado em outros momentos, por outros *stakeholders*.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Este projeto foi realizado com o apoio financeiro da Comissão Europeia. A informação contida nesta publicação [comunicação] vincula apenas o autor, e a Comissão não se responsabiliza por qualquer utilização que dela possa ser feita. Projeto n.º 2019-1-PL01-KA201-065655.

CONHEÇA OS PARCEIROS

	INNCREASE (PL)		NEWARK SCHOOL (MT)
	INOVA+ (PT)		VALMIERAS PARGAUJAS SAKUMSKOLA (LV)
	CEEBIOS (FR)		AELPB (PT)
	ELLINOGERMANIKI AGOGI S.A (GR)		SZKOŁA PODSTAWOWA NR 375 (PL)

Sobre o IO2 — Conjunto de ferramentas do InNature

Este conjunto de ferramentas é constituído por materiais de referência, desenvolvidos no âmbito do projeto InNature, com o objetivo de «impulsionar a inovação nas escolas, inspirada por soluções baseadas na natureza». Apresenta uma série de atividades a serem utilizadas em contexto escolar, mas os professores têm a liberdade de adaptar as atividades propostas à sua situação específica e às necessidades específicas do grupo com que irão trabalhar. Recomendamos vivamente que tome iniciativa e que personalize os exercícios sugeridos neste livro, baseando-se na sua própria experiência, conhecimento, imaginação e quaisquer outros recursos e tecnologias disponíveis. Não hesite em aplicar as técnicas de ensino com as quais se sente mais à vontade e que são mais atrativas para os seus alunos. Esperamos que este documento educativo seja uma grande fonte de inspiração e que seja útil para si e para os seus alunos!

O IO2 — Conjunto de ferramentas do InNature está dividido em duas partes:

1. **Secção dos professores**, a qual contém a base teórica dos vários assuntos individuais da área do biomimetismo, bem como cenários de aulas com informação sobre os objetivos, a duração, o nível de dificuldade, a idade dos alunos e o equipamento necessário;
2. **Secção dos alunos**, a qual inclui fichas de trabalho com atividades para os alunos, bem como informação sobre as aulas.

Inclui cinco tópicos:

A. Introdução — A filosofia do biomimetismo
B. Biomimetismo — Exemplos
C. Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos
D. Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo
E. Biomimetismo — Metodologia

ÍNDICE

A. Introdução — A filosofia do biomimetismo	**A1. Tecnologia ou vida?** (9-11, 93-95) **A2. Inspirar-se na natureza, com que finalidade?** (12-14, 96-99) **A3. *Overview effect*** (15-16, 100-103) **A4. Vídeo Nature = Futur ! «Biomimetismo, a vida como modelo»** (17-19, 103-105) **A5. Dos limites planetários ao biomimetismo** (20-22, 106-108)
B. Biomimetismo — Exemplos	**B1. O guarda-rios e o Shinkansen** (23-25, 109-111) **B2. O coral e o cimento** (27-29, 112-114) **B3. Picar como um mosquito** (30-32, 115-118) **B4. Colorido como uma borboleta *morpho*** (33-35, 119-121) **B5. Descobrir e desenhar a anatomia das asas** (36-38, 122-123) **B6. História — O desejo de voar, de Leonardo da Vinci à Airbus** (39-43, 124-126) **B7. Os *winglets* e a aerodinâmica** (44-46, 127-129) **B8. Experiência — Força de levantamento de uma asa de acordo com o seu perfil** (47-49, 130-131) **B9. Brilhar como os olhos de um gato** (50-52, 132-134)
C. Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos	**C1. Como é que a osga se agarra?** (53-54, 135-136) **C2. O *Velcro©* e a bardana** (55-57, 137-138) **C3. Aderência sem cola tóxica** (58-59, 139-140) **C4. Proteção contra o calor e o frio** (60-61, 141-142) **C5. Proteção contra o frio** (62-63, 143) **C6. Proteção contra o calor** (64-65, 144) **C7. O montículo das térmitas — Um modelo de ar condicionado natural** (66-67, 145-147) **C8. Experiência — O montículo das térmitas** (68-69, 148-150) **C9. Observação e natureza — A folha** (70-71, 151-152) **C10. Ampliação da folha e funções da mesma** (72-75, 153-156) **C11. Fotossíntese artificial — Realidade ou ficção?** (76-77, 157-158)
D. Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo	**D1. Árvores/edifícios — Observação e inspiração** (78-80, 159-161) **D2. Células fotovoltaicas orgânicas** (81-83, 162-170) **D3. A cidade do futuro, uma cidade bioinspirada e regenerativa** (84-85, 171-176)
E. Biomimetismo — Metodologia	**E1. Na pele de um biomimetista — Vários passos** (86-88, 176-177) **E2. Na pele de um biomimetista — Ética e sustentabilidade** (89-91, 178-181)

SECÇÃO DOS PROFESSORES

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A1. Biomimetismo — Tecnologia ou vida?

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12-15 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Biomimetismo — Tecnologia ou vida?», pp. 93-95

Objetivos de aprendizagem:

- Chamar a atenção para a nossa ignorância sobre a natureza que nos rodeia, em benefício de um maior conhecimento do mundo tecnológico;
- Testar a nossa capacidade de reconhecer seis espécies comuns de animais ou plantas antes de reconhecer seis marcas internacionais famosas, símbolos do nosso mundo artificial;
- Destacar a genialidade do mundo vivo e as suas conquistas, mas também a nossa falta de conhecimento sobre as espécies comuns que nos rodeiam;
- Refletir nos pontos acima;
- Fazer uma introdução ao biomimetismo.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Esta atividade pretende chamar a atenção para a nossa ignorância sobre a natureza que nos rodeia, em benefício de um maior conhecimento do mundo tecnológico. Ao verificar ou testar a nossa capacidade de reconhecer seis espécies comuns de animais ou plantas antes de reconhecer seis marcas internacionais famosas, símbolos do nosso mundo artificial, podemos destacar a genialidade do mundo vivo, as suas conquistas, mas também a nossa falta de conhecimento sobre as espécies comuns que nos rodeiam.

Esta atividade ajuda-nos a refletir nos limites do modelo social superficial. O surgimento de vida na Terra, bem como da humanidade, foi possível, graças a um equilíbrio natural único. Por se ter dissociado do mundo vivo, o *Homo sapiens* afeta negativamente o equilíbrio do clima e da vida. Com os nossos ecossistemas enfraquecidos, existe uma necessidade urgente de inventar um modelo baseado numa nova relação com a natureza, o qual assente na cooperação e adaptação e não na competição, domínio e exploração.

Assim, precisamos de formar uma aliança com o mundo vivo, sendo esta a condição para o nosso futuro. O mundo vivo reabilita-se a longo prazo e convida-nos a considerar as interdependências entre os seres humanos e as dinâmicas dos ecossistemas e, também, a reexaminar as condições fundamentais para a existência. Observar o mundo vivo permite-nos ter um novo olhar sobre nós mesmos, as

nossas tecnologias e as nossas organizações. Esta nova ligação com a biosfera — intelectual, técnica, filosófica, ética e, até, emocional — irá orientar as nossas trajetórias para uma nova civilização, mais sóbria e cooperativa.

A nossa reconciliação com a natureza orientará decisões políticas e económicas para cenários compatíveis com o mundo vivo, garantindo a nossa própria sobrevivência. Temos a responsabilidade de repensar a nossa relação com a natureza e agarrar esta maravilhosa oportunidade para nos reinventarmos e nos alinharmos com o mundo vivo. Temos o dever de convidar as gerações mais jovens a compreender que a humanidade é parte de um todo complexo do qual depende.

O biomimetismo traz soluções potenciais para os nossos problemas atuais, mas também uma nova imaginação coletiva baseada na reflexão sobre a abundância e a engenhosidade de todas as formas de vida. Destaquemos, então, a nossa interdependência em relação à biodiversidade, para possibilitar a emergência de relações novas e mais capazes com seres vivos não seres humanos. Estas envolverão, particularmente, a partilha justa de recursos e espaço, o respeito e a aceitação de todas as formas de diversidade, e a não redução de seres vivos a qualquer forma de utilitarismo.

Nesta atividade, iremos testar a nossa capacidade de reconhecer seis espécies comuns de animais ou plantas, como mostrado abaixo, antes de tentar reconhecer seis marcas internacionais famosas, símbolos do nosso mundo artificial. Que tarefa achamos ser mais fácil ou mais difícil? Porquê? Desta forma podemos destacar a genialidade do mundo vivo e as suas conquistas, mas também a nossa falta de conhecimento sobre as espécies comuns que nos rodeiam.

Butterfly – Bombyx The bombyx, a moth, detects the pheromones of its female up to 11 km away.	**Black Swift** The black swift, which lives most of its life in flight, peaks at speeds of up to 200 kph.	**Fly - Forcipomyia** This insect beats its wings at almost 1000 b/s (beats per second) thanks not to muscular effort but to a resonance phenomenon of its shell.
Ivy Ivy has the ability to climb and cling to all types of supports. Both thanks to its roots and a form of glue that can support almost a ton per gram of glue. All this without volatile emissions into the air and completely biodegradable.	**Abalone** Abalone is ten times stronger than conventional ceramics: hardness and resistance. However, it has the same composition as chalk: calcium carbonate ($CaCO3$). It is the organisation of these atoms on a microscopic scale that gives it these properties of hardness and strength.	**Sponge - Éponge euplectella** The sponge is capable of making glass in water at room temperature, whereas humans need to heat to over 1000°C to make glass.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
5 min	Apresentar brevemente o foco e os objetivos da aula.
5 min	Apresentar o PowerPoint.
5 min	Distribuir as fichas de trabalho dos alunos. Explicar as tarefas.
15 min	Os alunos trabalham nas suas fichas de trabalho individualmente ou em pequenos grupos de 2 a 4 pessoas.
10 min	Discutir as conclusões principais. Apresentar o biomimetismo e respetivos objetivos.
5 min	Conclusões, resumo e recapitulação dos pontos principais.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Definição de biomimetismo ou biomimética https://en.wikipedia.org/wiki/Biomimetics, Wikipédia

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A2. Inspirar-se na natureza, com que finalidade?

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12-15 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Inspirar-se na natureza, com que finalidade?», pp. 96-99

Objetivos de aprendizagem:

- Definir os conceitos de biomimetismo, biomimética, bioinspiração e biónica;
- Distinguir os vários níveis de inspiração na natureza;
- Questionar e refletir nas finalidades das invenções bioinspiradas e na sustentabilidade das mesmas;
- Compreender as dimensões filosófica, ética e sustentável da biomimética;
- Desenvolver um espírito crítico sobre as invenções inspiradas na natureza e baseadas nos princípios do mundo vivo.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Esta atividade incentiva-nos a questionar a ética das práticas bioinspiradas.

Primeiro, precisamos de definir os conceitos de biomimetismo, biomimética, bioinspiração e biónica.

A natureza inspira-nos, e podemos encontrar a sua inspiração em poemas, literatura, canções, pinturas, obras de arte, bem como em todo os tipos de invenções, tais como, por exemplo, asas de aviões, mãos artificiais, edifícios e muito mais.

Podemos debater estes exemplos e se os mesmos correspondem à bioinspiração, biomimetismo, biomimética ou biónica.

Também podemos questionar e refletir nas finalidades de invenções bioinspiradas e na respetiva sustentabilidade.

Desta forma podemos compreender as dimensões filosófica, ética e sustentável da biomimética e, assim, desenvolver um espírito crítico sobre as invenções inspiradas na natureza e baseadas nos princípios do mundo vivo.

Abaixo encontram-se algumas definições úteis:

Bioinspiração: termo geral para designar abordagens criativas inspiradas no mundo vivo (incluindo música, poesia, etc.).

Biomimética: uma abordagem mais técnica que consiste em observar os modelos relevantes nos organismos vivos que respondem a uma dada função, tentando compreender os seus mecanismos, para poder transpô-los para a área tecnológica.

Biomimetismo: inspirar-se no mundo vivo para inovar de forma sustentável e cumprir as especificações da conceção ecológica (interseção com a conceção ecológica).

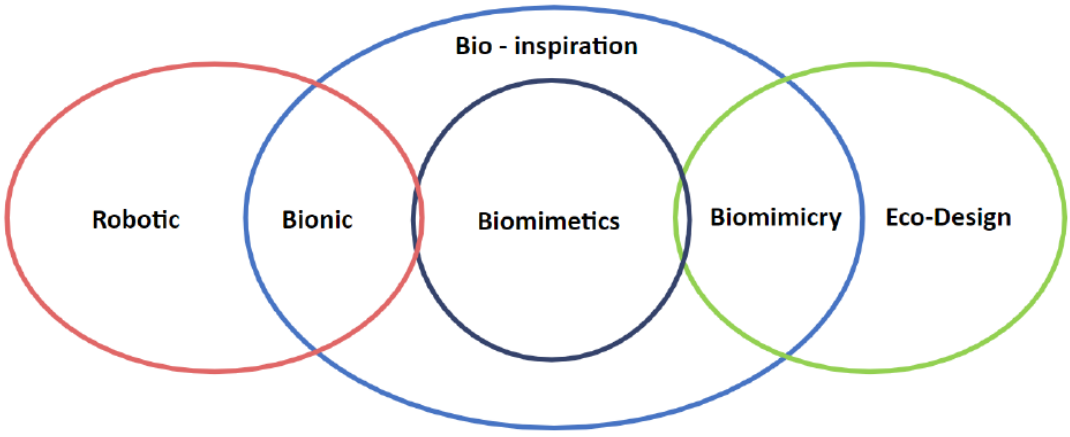
«Biomimetismo», «biomimética», «bioinspiração» e «biónica» são conceitos-padrão, e estas terminologias estão definidas em normas ISO. A abordagem foi definida na norma ISO TC 266 — ISO 18458 com noções relacionadas.

Bioinspiração: uma abordagem criativa baseada na observação de sistemas biológicos.

«Biomimetismo» também pode ser definido como a cooperação interdisciplinar entre a biologia e a tecnologia, ou outras áreas de inovação, com o objetivo de resolver problemas práticos através da análise funcional de sistemas biológicos, da sua abstração em modelos, bem como da transferência e aplicação destes modelos à solução. Inclui igualmente uma filosofia interdisciplinar e abordagens conceptuais, utilizando a natureza como modelo para abordar desafios do desenvolvimento sustentável (social, ambiental e económico).

Biónica: uma disciplina técnica que procura reproduzir, melhorar ou substituir funções biológicas com dispositivos eletrónicos e/ou mecânicos equivalentes.

Todos os termos anteriores estão interligados e inter-relacionados, conforme mostrado no esquema abaixo.



Esta atividade foca-se no estudo de exemplos inspiradores e no questionamento da sua sustentabilidade. Pode pedir aos alunos que estudem estes exemplos em detalhe, que os categorizem em diferentes conceitos, e que questionem e discutam as respetivas fontes de inspiração, finalidade e sustentabilidade.

Prótese de mão	A mão humana
Fuselagem de TGV	O bico de um guarda-rios
Pele de tubarão	Revestimentos antibacterianos
Bambu	Edifícios

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
3 min	Apresentar brevemente o foco e os objetivos da aula.
10 min	Apresentar o PowerPoint. Definir e destacar os vários conceitos e respetivas inter-relações.
2 min	Distribuir as fichas de trabalho dos alunos. Explicar as tarefas.
15 min	Os alunos trabalham nas suas fichas de trabalho individualmente ou em pequenos grupos de 2 a 4 pessoas. Podem escolher estudar e discutir todos ou alguns exemplos.
10 min	Discutir as conclusões principais. A discussão deve focar-se na bioinspiração e na categorização, de acordo com vários conceitos, mas também na finalidade e sustentabilidade.
5 min	Conclusão e resumo.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Definição de biomimetismo ou biomimética https://en.wikipedia.org/wiki/Biomimetics, Wikipédia

Repositório de recursos *online*, https://asknature.org/

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A3. *Overview effect*

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10-18 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Ficha de trabalho dos alunos «Overview effect», pp. 100-103
Computador com ligação à Internet
Vídeo

Objetivos de aprendizagem:

- Descobrir a Terra vista do espaço, no seu todo;
- Compreender e sentir o *overview effect*.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Os astronautas em órbita sentiram um amor profundo pela Terra e compreenderam que todos partilhamos o mesmo lar. Este sentimento chama-se de *overview effect* («efeito de visão geral») e mudou-os para sempre. Utilizando imagens únicas da Terra, capturadas a um milhão de quilómetros de distância pela NASA, a missão da OneHome é levar o *overview effect* a milhões de pessoas. Admirar a Terra a partir do espaço pode mudar-nos. Embora haja uma maior sensibilização ambiental, o que nos separa, infelizmente, parece ser mais forte do que o que nos une. Perguntemo-nos a nós mesmos: e se uma visão isolada do nosso planeta pudesse fazer com que nos apercebêssemos da nossa sorte e desenvolvêssemos um sentimento de unidade? E se uma visão global do nosso planeta pudesse fazer-nos sentir a inter-relação da vida? E se os limites do nosso planeta, de repente, se tornassem óbvios?

O *overview effect*, conforme definido na Wikipédia, a enciclopédia livre, é uma mudança cognitiva na consciência, sentida por alguns astronautas nas suas viagens ao espaço, que ocorre frequentemente quando observam a Terra a partir do espaço exterior. É a experiência de ver em primeira mão a realidade da Terra no espaço, a qual é imediatamente compreendida como uma pequena e frágil bola de vida, «suspensa no vazio», protegida e sustentada por uma atmosfera muito fina. No espaço, as fronteiras nacionais desaparecem, os conflitos que dividem as pessoas tornam-se menos importantes e a necessidade de criar uma sociedade planetária, com uma vontade conjunta de proteger este «ponto azul», torna-se óbvia e imperativa. Estas são as palavras de Michael Collins, astronauta a bordo da Apollo 11: «O que mais me surpreendeu foi que a Terra transmitia um ar de fragilidade. E não sei porquê. Até hoje, não sei. Tive a sensação que é pequena, brilhante e bonita, é a nossa casa e é frágil».

Os astronautas Michael Collins, Ron Garan, Rusty Schweikart, Edgar Mitchell, Tom Jones, Scott Kelly, James Irwin, Mike Massimino, André Kuipers, Chris Hadfield, Sally Ride e Anne McClain indicaram todos ter sentido este efeito. O termo e o conceito foram criados em 1987 por Frank White, que explorou o tema no seu livro The Overview Effect — Space Exploration and Human Evolution (Houghton-Mifflin, 1987). Em 2018, foi criado o projeto Spacebuzz para que «as crianças de todo mundo pudessem também sentir o *overview effect*». Este projeto foi anunciado num comunicado de imprensa, em dezembro de 2020, pelo astronauta André Kuipers no *site* da Agência Espacial Europeia (ESA). O projeto Spacebuzz pretende dar a conhecer às crianças o *overview effect*, utilizando a realidade virtual (RV), para que tenham o mesmo sentimento que os astronautas, ao verem o planeta Terra a partir do espaço. O projeto Spacebuzz foi iniciado pela Overview Effect Foundation, com o apoio da ESA e do Netherlands Space Office.

Nesta atividade, veremos o vídeo da OneHome, com o astronauta francês Jean-François Clervoy, e tentaremos resumir a mensagem do astronauta e as emoções principais que sentiu quando observou a Terra a partir do espaço.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
5 min	Apresentar brevemente o foco e os objetivos da aula.
10 min	Apresentar o PowerPoint. Ver o vídeo «OneHome».
5 min	Distribuir as fichas de trabalho dos alunos. Explicar as tarefas.
15 min	Os alunos trabalham nas suas fichas de trabalho individualmente. Podem expressar e escrever/discutir livremente as suas visões e sentimentos.
5 min	Discutir os pontos principais da mensagem.
5 min	Conclusão e resumo.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Overview effect, https://en.wikipedia.org/wiki/Overview_effect, Wikipédia

Repositório de recursos *online* da OneHome, https://www.onehome.org/

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A4. Nature = Futur ! — Biomimetismo, a vida como modelo

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12-18 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Nature = Futur !» — Biomimetismo, a vida como modelo, pp. 103-105
Computador com ligação à Internet
Vídeo

Objetivos de aprendizagem:

- Compreender o biomimetismo e respetivos princípios, ética e abordagem.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Nesta atividade iremos descobrir, com os especialistas franceses, a abordagem do biomimetismo, a qual nos permite repensar os nossos métodos de produção, conceção e consumo, para responder aos desafios colocados pelas alterações climáticas, pelo colapso da biodiversidade, pelo esgotamento de recursos da Terra e pela poluição. Iremos ver o vídeo «Nature = Futur !» e discutir as mensagens principais do mesmo. A transcrição completa do vídeo é a seguinte:

Quando observamos as paisagens naturais, quando contemplamos a beleza de todos os tipos de organismos vivos, é impossível imaginar os avanços tecnológicos que estes organismos desenvolveram ou o seu funcionamento em ecossistemas perfeitamente equilibrados. Esta abordagem, que estuda o mundo vivo como inspiração, é chamada de biomimetismo. Quais são os objetivos da vontade da humanidade de compreender a natureza dos dias de hoje? E porque procurarmos inspiração no mundo vivo? «Mundo vivo» engloba todas as espécies que vivem na superfície do planeta. Inclui desde bactérias a humanos, até à espécie *Homo sapiens*. As espécies que observamos atualmente são o resultado de quase 4 mil milhões de anos de evolução e, sobre estes 4 mil milhões de anos de evolução, temos de ter consciência de que as tentativas e erros serão selecionados, ou não, pelo processo de seleção natural. E, neste sentido, o facto de ter 4 milhões de anos de investigação e desenvolvimento, torna a biologia do mundo vivo numa reserva de inovações potenciais.

Porque nos inspiramos no mundo vivo atualmente?

Existe atualmente uma conjunção de várias crises, e não é novidade para ninguém citar a crise climática. Existe também a crise de biodiversidade, e eu acrescentaria uma certa crise social, ligada à distribuição da riqueza. A conjunção destas três crises questiona os nossos modos de produção e consumo, e o que seria possivelmente uma solução no século XX, tornou-se num problema no século XXI. O que é interessante é que a natureza e o mundo vivo oferecem respostas a todos os principais desafios que a sociedade enfrenta nos

dias de hoje. Por exemplo, o mundo vivo conta com as energias renováveis desde o início, particularmente com a energia solar. Existem imensas coisas que nós não fazemos, mas que o mundo vivo faz há muito tempo. Utilizar o que é abundante em vez do que é raro. A economia do mundo vivo não se baseia na escassez, porque isso é um beco sem saída, mas sim na abundância. Outro princípio é fabricar sob pressão e à temperatura ambiente. O mundo vivo surpreende na elaboração de materiais complexos e multifuncionais. E as propriedades destes materiais vão da hidrofobia a propriedades óticas extraordinárias, à leveza nas suas estruturas e à resistência mecânica. Por exemplo, existem resíduos nos organismos vivos, mas estes são sempre recursos para outros organismos. A folha, que é um magnífico painel solar fabricado à temperatura e pressão ambientes, com elementos abundantes. Quando murcha, torna-se num recurso que criará húmus. Assim, não nos encontramos numa economia linear, encontramo-nos numa economia circular onde os resíduos se tornam num recurso para outro organismo. É graças aos avanços recentes na ciência que podemos explorar a riqueza do mundo vivo e descobrir as suas proezas. A transposição deste conhecimento para as nossas sociedades humanas poderia transformá-las de forma sustentável e incentivar-nos a melhor preservar a biodiversidade? Imaginemos, por exemplo, que um *designer* se questiona sobre a substituição ou a descoberta de novo adesivo. A forma correta de se questionar, quando pretendemos aplicar o biomimetismo, não é pensar no tipo de cola que existe no mundo vivo, mas sim pensar nas diferentes estratégias de montagem do mundo vivo. E talvez, nesse momento, possamos encontrar outras estratégias para além da cola. Por exemplo, podemos pensar na forma como a osga se agarra ao vidro, a qual não depende de cola. É um sistema físico-químico completamente diferente. Um exemplo é a empresa Tissium, que está a trabalhar na imitação da composição da saliva dos vermes tubícolas, que são capazes de colar pequenos grãos de areia com a sua saliva. E a compreensão dos mecanismos químicos no interior desta saliva levou ao desenvolvimento de colas cirúrgicas inovadoras. O mundo vivo também pode servir para nos permitir conceber, por exemplo, novas cidades sustentáveis baseadas na forma como os organismos trocam materiais, energia e informação.

O biomimetismo é necessariamente uma abordagem multidisciplinar, é necessariamente um diálogo entre a bilogia, no sentido mais amplo, e outras disciplinas. Na gestão, ciência de materiais, ciências de engenharia e arquitetura, precisamos de filósofos, precisamos de artistas, precisamos de várias sensibilidades. O biomimetismo oferece uma oportunidade para repensarmos os nossos sistemas de conceção e as especificações dos vários produtos e serviços que vamos desenvolver, para os tornarmos compatíveis com a biosfera e, consequentemente, sustentáveis. Encontramo-nos realmente numa biodiversidade que nos é indispensável; dependemos dela, nós, espécie humana. Dependemos dela de tantas formas, que os cientistas o descrevem como «serviços dos ecossistemas». O que retiramos da natureza para nos alimentarmos, as nossas fibras, os nossos medicamentos, o que nos permite regular coisas como o clima, o crescimento de florestas, que fixam o carbono. Assim, existe uma enorme relação entre a participação do biomimetismo e da inovação, e a garantia de que não destruímos este tecido de organismos vivos, do qual somos uma componente. O biomimetismo oferece respostas concretas aos desafios do desenvolvimento sustentável, a luta contra o aquecimento global e a proteção da biodiversidade. Aprender com a natureza e reconciliar-se com ela é uma promessa cheia de esperança para uma humanidade consciente das mudanças que tem de realizar.

Os pontos principais do vídeo estão relacionados com as seguintes perguntas:

Quando surgiu a vida na Terra? Que crises nos convidam a repensar os nossos modos de produção e consumo? A economia do mundo vivo baseia-se na abundância ou na escassez? Por que razão é interessante que a natureza produza à temperatura e pressão ambientes? Porque é que o biomimetismo é descrito como uma abordagem multidisciplinar?

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
5 min	Apresentar brevemente o foco e os objetivos da aula.
5 min	Apresentar o PowerPoint. Foco nas perguntas principais.
5 min	Distribuir as fichas de trabalho dos alunos. Explicar que os alunos podem precisar de tirar notas durante o vídeo.
5 min	Ver o vídeo.
10 min	Os alunos trabalham nas suas fichas de trabalho individualmente.
10 min	Discutir os pontos principais da mensagem.
5 min	Conclusão e resumo.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Repositório de recursos *online*, https://asknature.org/

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A5. Dos limites planetários ao biomimetismo

Duração da aula: 60 min ou 2 x 30 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12-15 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Dos limites planetários ao biomimetismo», pp. 106-108

Objetivos de aprendizagem:

- Compreender o conceito de limites planetários;
- Descobrir os nove limites planetários;
- Compreender que é necessário que a humidade funcione de forma diferente, respeitando os limites planetários e voltando a relacionar-se com o mundo vivo;
- Aprender os princípios da vida;
- Relacioná-los com o biomimetismo.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Nesta atividade, vamos apresentar e falar sobre limites planetários. Os limites planetários são os limiares que a humanidade não pode ultrapassar para não comprometer as condições favorece, nas quais tem sido capaz de se desenvolver e viver de forma sustentável num ecossistema seguro, ou seja, evitando alterações repentinas e difíceis de prever no ambiente do planeta.

Selecionaram-se estes nove processos naturais porque, em conjunto, permitem regular a estabilidade da biosfera: alterações climáticas, perda de biodiversidade, rutura dos ciclos biogeoquímicos de nitrogénio e fósforo, alterações no uso do solo, acidificação dos oceanos, utilização global da água, destruição do ozono estratosférico e aumento de aerossóis na atmosfera.

Atualmente, sabemos que não poderemos continuar a consumir ao mesmo ritmo que antes, e existem soluções a serem estudadas para podermos encontrar um equilíbrio com a Terra e as restantes espécies. É claro que não existe uma cura milagrosa. Mas, ao observar os seres vivos e a forma como funcionam na natureza, podemos trabalhar em conjunto para nos inspirarmos deles e criarmos invenções e inovações. Esta abordagem científica é chamada de biomimetismo. Envolve não só a invenção ou o aperfeiçoamento de objetos, materiais ou técnicas, mas também a imaginação de formas novas e mais sustentáveis de viver, consumir e produzir. O objetivo é viver com o restante mundo vivo, uma vez que os seres humanos também fazem parte do ecossistema da Terra.

Os limites planetários da Terra

De acordo com a Wikipédia, a enciclopédia livre, «limites planetários» é um conceito que envolve os processos do sistema da Terra com limites ambientais. Foi proposto em 2009 por um grupo de cientistas do sistema e do ambiente, liderado por Johan Rockström, do Stockholm Resilience Centre, e Will Steffen, da Australian National University.

O grupo quis definir um «espaço de operação seguro para a humanidade» para a comunidade internacional, incluindo governos a todos os níveis, organizações internacionais, sociedades civis, a comunidade científica e o setor privado, como uma condição prévia para o desenvolvimento sustentável. O enquadramento baseia-se nas provas científicas de que as ações humanas, desde a Revolução Industrial, se tornaram na principal causa das alterações ambientais globais.

De acordo com o paradigma, «transgredir um ou mais limites planetários pode ser nefasto, ou mesmo catastrófico, uma vez que ultrapassar esses limites irá desencadear alterações ambientais não lineares e abruptas nos sistemas, da escala continental à escala planetária». Os limites dos processos do sistema da Terra marcam a zona segura do planeta, desde que não sejam ultrapassados. Desde 2009, já se ultrapassaram dois limites, enquanto os restantes estão em perigo iminente de serem ultrapassados.

Numa sociedade sustentável, a natureza não está sujeita a aumentos sistemáticos. E numa sociedade assim, as pessoas não estão sujeitas a condições que reduzem sistematicamente a sua capacidade subsistirem.

O nosso planeta Terra

A Terra forma um todo vasto, um grande ecossistema no qual o ar, a água, os animais e as plantas funcionam naturalmente em harmonia. Por exemplo, num pântano, as plantas são usadas como alimento para os animais. Estas limpam a água que os animais bebem e renovam o ar que os mesmos respiram. Os animais, por outro lado, arejam o solo ao escavar túneis e os seus excrementos são usados como fertilizante pelas plantas. As plantas mortas e as flores murchas constituem o húmus, que enriquece o solo. A água permite o crescimento e o desenvolvimento de novas plantas. Esta também constitui a maior parte da matéria de cada ser vivo.

A vida na Terra surgiu há 3,8 mil milhões de anos e, embora tenha mudado imenso, nada foi capaz de a fazer desaparecer: nem os glaciares que cobrem a terra e os mares, nem as erupções de vulcões gigantes, ou, ainda, o choque de meteoritos!

Mas ao longo dos dois últimos séculos, surgiram desequilíbrios. Os seres humanos esgotaram praticamente as reservas de combustíveis fósseis, tais como o carvão e o petróleo. Ao queimá-los, poluíram o ar e aqueceram a atmosfera. Para produzir alimentos, utilizaram substâncias tóxicas, tais como inseticidas nos campos, ou antibióticos na criação animal.

Atualmente, sabemos que não poderemos continuar a consumir ao mesmo ritmo que antes, e existem soluções a serem estudadas para podermos encontrar um equilíbrio com a Terra e as restantes espécies. É claro que não existe uma cura milagrosa. Mas, ao observar os seres vivos e a forma como funcionam na natureza, podemos trabalhar em conjunto para nos inspirarmos deles e criarmos invenções e inovações.

Esta abordagem científica é chamada de biomimetismo. Envolve não só a invenção ou o aperfeiçoamento de objetos, materiais ou técnicas, mas também a imaginação de formas novas e mais sustentáveis de viver, consumir e produzir. O objetivo é viver com o restante mundo vivo, uma vez que os seres humanos também fazem parte do ecossistema da Terra. Podemos aprender imenso com a Natureza, porque a natureza está em constante inovação em termos de resiliência e diversidade, utilizando constrangimentos como oportunidades. O biomimetismo é a abordagem que pretende inspirar-se no mundo vivo e nos seus princípios, para inventar novas

formas de viver, consumir e produzir, respeitando os limites planetários. **Vamos descobrir os princípios da vida e relacioná-los com o biomimetismo.**

- A natureza funciona em ciclos;
- A natureza otimiza a utilização de recursos e meios;
- A natureza favorece a utilização de recursos locais;
- A natureza utiliza fluxos de energia (principalmente a energia solar);
- A natureza baseia-se em equilíbrios dinâmicos e inter-relacionados.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
5 min	Apresentar brevemente o foco e os objetivos da aula.
15 min	Apresentar o PowerPoint. Focar os conceitos principais (limites planetários, princípios de vida, biomimetismo).
5 min	Discutir com os alunos. Responder a perguntas.
5 min	Distribuir as fichas de trabalho dos alunos. Explicar as tarefas.
15 min	Os alunos trabalham nas suas fichas de trabalho individualmente.
10 min	Discussão geral e recapitulação dos pontos principais.
5 min	Resumo e conclusões.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Limites planetários, https://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_boundaries, Wikipédia

Repositório de recursos *online*, https://asknature.org/

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B1. O guarda-rios e o Shinkansen

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «O guarda-rios e o Shinkansen», pp. 109-111
Plasticina, bacia, água
Cartões com perguntas sobre o tópico «O guarda-rios e o Shinkansen»

Objetivos de aprendizagem:

- Interpretar o conceito de biomimetismo;
- Explicar a influência da natureza na nossa vida;
- Indicar três exemplos de soluções naturais utilizadas no nosso quotidiano;
- Descrever a estrutura da cabeça do guarda-rios;
- Enumerar os elementos que permitem que este pássaro seja um caçador mais eficiente;
- Explicar a forma como o som se move;
- Enumerar elementos que permitem o Shinkansen seja um comboio rápido.

Para professores — Descrição da atividade

Os pássaros são seres que estão muito bem adaptados ao seu estilo de vida e ao ambiente. Um deles é o guarda-rios. O guarda-rios é um pequeno pássaro de cores vivas, encontrado nas regiões tropicais da Terra, tais como a África, a Ásia e a Oceânia. Este pássaro é especialmente interessante no contexto do biomimetismo. Uma equipa de engenheiros inspirou-se no bico deste pássaro para construir a frente do Shinkansen, um comboio muito rápido. Por que razão escolheram este padrão? A construção do bico do pássaro permite-lhe mergulhar sem salpicos nem ondas. A sua forma otimizada permite-lhe caçar com pouca perturbação, devido à resistência aerodinâmica e hidrodinâmica, permitindo-lhe não perder velocidade nem alertar a sua presa ao entrar na água.

O guarda-rios pode aguardar, imóvel e pacientemente, num ramo acima da água, um peixe na corrente do rio. Após ver a sua presa, mergulha na água a velocidades superiores a 40 km/h. Os seus olhos, cobertos por uma membrana transparente e protegidos por um capacete ósseo existente no osso pré-frontal do crânio, permitem que o pássaro mergulhe e veja a sua potencial refeição. As suas penas armazenam ar, o qual facilita a sua ascensão da água, de acordo com o princípio de Arquimedes. Toda a ação — mergulhar na água, apanhar um peixe e vir à superfície — dura apenas dois segundos.

O comboio de alta velocidade japonês Shinkansen liga Osaka e Hakata através de inúmeros túneis. No entanto, nos túneis, o ar é comprimido pelo que a resistência aumenta. Como podemos perder a menor quantidade de energia possível e lutar contra estas mudanças de pressão, que causam inconveniências, em particular, aos passageiros? O primeiro comboio tinha uma forma diferente, que o obrigava a abrandar ao passar em túneis. Se não o fizesse, o tecido dos túneis era afetado. A razão para tal é que o comboio empurrava todo o ar do túnel, o qual, ao sair em grandes massas de ar, gerava um grande estrondo. Os impulsos sonoros poderiam danificar os túneis ou causar o colapso dos mesmos.

Considerando os argumentos descritos acima, os engenheiros decidiram escolher o bico do guarda-rios como padrão. O pássaro mergulha na água, praticamente, sem salpicos. Agora, os comboios com locomotivas de estilo guarda-rios saem dos túneis de forma silenciosa. Mais tarde, ao projetar outras locomotivas de alta velocidade, os engenheiros inspiraram-se no Shinkansen e na cabeça do guarda-rios.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	Apresentar os objetivos da aula. Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano. Encontrar correlações entre o guarda-rios e o Shinkansen.
5 min	Introdução: - Descrever o conceito de biomimetismo. Recomenda-se o *brainstorming*. Perguntas: «O que acham que significa a palavra "biomimetismo"?» «A palavra "biomimetismo" é formada por que duas palavras?» Os alunos formulam sozinhos a definição de biomimetismo. Os alunos procuram alguns exemplos de biomimetismo à sua volta.
3 min	Ver o vídeo: Un splendide martin-pêcheur en slow motion — ZAPPING SAUVAGE.
5 min	Discutir sobre a forma de vida e de obtenção de alimento do guarda-rios. Prestar atenção à estrutura da cabeça do pássaro e à forma como este obtém alimento. Perguntas:

	O que sabem sobre o guarda-rios? Como vivem? Observando o pássaro, descrevam a estrutura do corpo.
12 min	*Distribuir a Atividade 1. Os alunos preparam: plasticina, bacia, água.* Atividade 1: Parte 1: Os alunos constroem a cabeça do pássaro com plasticina. Os alunos formam um cuboide de 7 cm de comprimento, 3 cm de largura e 3 cm de altura, com plasticina. Parte 2: Os alunos lançam os objetos formados para uma bacia com água, preparada previamente. Fazem-no a partir da mesma altura e com a mesma força. A cabeça do pássaro deve ser lançada para a água da mesma forma que o pássaro mergulharia. Semelhantemente, o cuboide deve ser lançado para a água a partir do lado mais largo. *Os alunos observam o comportamento da água ao lançar os objetos. Em seguida, escrevem as suas observações na ficha de trabalho.* Os alunos respondem às perguntas: 1. O que observam quando lançam a cabeça do pássaro para a água? 2. O que observam quando lançam o cuboide para a água? 3. Comparem os efeitos do lançamento dos objetos para água. Como ponto de partida para a discussão, mostre uma apresentação aos alunos. Título da apresentação: *O guarda-rios e o Shinkansen*.
7 min	Iniciar a discussão sobre a correlação entre a estrutura do guarda-rios e o Shinkansen. Perguntas: «Como é que os pássaros se adaptam ao seu ambiente natural? Deem alguns exemplos de ajustes.» «Os engenheiros, que desenharam o perfil do comboio japonês Shinkansen, inspiraram-se num pássaro: o guarda-rios. Por que razão escolheram este motivo biológico?» «Enumerem semelhanças entre a estrutura do guarda-rios e do Shinkansen.» «Que elementos da estrutura do comboio lhe permitem deslocar-se a alta velocidade?»

	«Que elementos permitem que este pássaro seja um caçador mais eficiente?» Dica: nos seus trajetos, o comboio passa por muitos túneis.
5 min	Distribuir a Atividade 2. Atividade 2: «Com base no vídeo seguinte, conseguem desenhar o perfil do guarda-rios e do comboio Shinkansen?»
6 min	Resumo da aula. Atividade 3: Cada um dos alunos retira uma das cartas com perguntas sobre o tópico atual. Se o aluno responder corretamente, nomeia o aluno seguinte, o qual irá retirar uma carta e responder à pergunta.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Un splendide martin-pêcheur en slow motion — ZAPPING SAUVAGE

Holmes Hannah, «Blaze of blue. Kingfishers», National Geographic, 2009

Kruszewicz. A. «Polish birds», Multico 2005

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B2. O coral e o cimento

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «O coral e o cimento», pp. 112-114
Jogo no Wordwall

Objetivos de aprendizagem:

- Promover a compreensão dos alunos sobre o caráter cíclico da natureza — as interações que permitem os ecossistemas existirem e desenvolverem-se;
- Ajudar a compreender a forma como o esqueleto calcário dos corais é formado e qual é o seu papel no biomimetismo;
- Utilizar soluções naturais para resolver problemas do quotidiano.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

O **biomimetismo** traz soluções potenciais para os nossos problemas atuais, mas também uma nova imaginação coletiva, baseada na reflexão sobre a abundância e engenhosidade das formas de vida. Destaquemos, então, a nossa interdependência em relação à biodiversidade, para possibilitar a emergência de relações novas e mais capazes com seres vivos não seres humanos. Estas envolverão, particularmente, a partilha justa de recursos e espaço, o respeito e a aceitação de todas as formas de diversidade, e a não redução de seres vivos a qualquer forma de utilitarismo. Os **corais** vivem em colónias formadas em atóis e recifes de coral, localizados em mares quentes. Constroem esqueletos ao longo da sua vida. Dependendo da espécie, assumem várias formas, cores e consistências. Os corais absorvem carbono e cálcio dissolvido na água do mar e transformam-no em carbonato de cálcio através de uma reação química. O minério produzido chama-se aragonite. O coral forma um **cimento** de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) a partir do dióxido de carbono (CO_2). Os cientistas criaram eco-cimentos, um novo tipo de material que absorve, à medida que seca, o CO_2 contido no ar, e no qual podemos incorporar resíduos (por exemplo, cinza). Estes novos cimentos ajudam a reciclar resíduos e a capturar carbono (os edifícios passam a ser sumidouros de carbono). Uma empresa californiana, a Calera, produz material de construção semelhante ao do esqueleto do coral. O CO_2 utilizado vem de uma central elétrica próxima. Embora a indústria de cimento tradicional seja uma grande emissora de CO_2, a Calera obtém cimento ao capturar as emissões de CO_2 das centrais. O dióxido de carbono deixa de ser o problema e passa a ser a solução. **O cimento (e o ciclo do carbono).** Ao longo da história do nosso planeta, quantidades enormes de carbono foram capturadas em calcário, sedimentos e hidrocarbonetos, através da atividade do mundo vivo; os moluscos e crustáceos utilizam-no para construírem as suas conchas e as árvores transformam-no em material lenhoso. Uma solução para o problema da acumulação e de produção de

resíduos de dióxido de carbono (CO_2) seria imitar a natureza e incorporá-lo nos materiais de construção. Ao imitar o comportamento da natureza, que recicla todos os materiais, podemos até sonhar com cidades totalmente recicláveis.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	Jogo no Wordwall. No início da aula, os alunos recebem um jogo; o objetivo é criarem uma ideia sobre a diversidade das formas dos corais e encontrarem semelhanças com outros objetos (natureza, objetos).
5 min	**Introdução:** Apresentação — O coral e o cimento. Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano.
4 min	**Atividade principal** Pergunta: «Sabem o que são corais e o que os torna especiais?» Ver o vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=IEWJAEkGeNk.
10 min	**Discussão** O que podemos dizer sobre os corais? Qual é a coisa que acham mais interessante e incrível sobre a vossa vida? Observemos o interior de um pólipo para ver como é que ele ajuda a construir um recife. O pólipo absorve o carbono das algas e da água do mar, transforma-o em carbonato de cálcio e utiliza esta substância calcária para construir um esqueleto interno. Este vídeo, que mostra o interior do pólipo durante o processo de construção do esqueleto, irá mudar a vossa compreensão sobre a forma como os corais constroem recifes inteiros.
2 min	*Ver o vídeo:* How Do Corals Build Reefs? | California Academy of Sciences.
8 min	**Ficha de trabalho.** **Atividade 1:** Respondam à pergunta: (pergunta da ficha de trabalho).

	Que problema acham que as pessoas poderiam utilizar para aprender sobre as capacidades de construção dos corais? **Assinalem as respostas apropriadas!** **As pessoas utilizaram a experiência dos corais para:** ___ criar eco-cimentos, um novo tipo de material que absorve o CO_2. ___ criar novos cimentos, ajudando a reciclar resíduos e a capturar carbono (os edifícios passam a ser sumidouros de carbono). ___ produzir material de construção semelhante ao do esqueleto do coral. ___ imitar a natureza e incorporá-la nos materiais de construção.
2 min	Ver o vídeo: Making Cement The Way Coral Does It: Out Of Thin Air.
10 min	**Atividade 2:** Desenhem os locais onde utilizariam este tipo de cimento, quais são as vossas ideias?
2 min	**Conclusão:** Avaliação da aula O que aprenderam de novo? Por que razão é tão importante estudar os processos naturais?

Referências, hiperligações e bibliografia:

How Coral Reefs and Carbon Dioxide Can Change the Future | Think Like a Tree

How Do Corals Build Reefs? | California Academy of Sciences

Coral: What is it?

Biomimicry: Using Nature's Perfect Innovation Systems To Design The Future

Koraļļi — Vikipēdija

Brent Constantz būvē cementu tāpat kā koraļļi — Cits — 2021

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B3. Picar como um mosquito

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Picar como um mosquito», pp. 115-118
Jogo no Wordwall
Vários tipos de agulhas, uma laranja ou uma maçã

Objetivos de aprendizagem:

- Explorar a anatomia de uma picada de mosquito;
- Analisar uma picada de mosquito;
- Compreender o processo da biomimética.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

A probóscide da fêmea é constituída por um aparelho bucal ou estilete (maxila, lábios, hipofaringe) com funções sugadoras, envolvido por um lábio flexível (i) que se dobra para cima no momento da picada. O mosquito pressiona o estilete na epiderme até chegar aos vasos capilares, graças às mandíbulas que perfuram a pele e permitem que o tubo permaneça imóvel durante a recolha de sangue. O estilete delimita dois canais: um (canal salivar) formado pela hipofaringe, através do qual é injetada saliva anticoagulante, e outro (canal alimentar) ao nível do labro, através do qual é recolhido o sangue que, se infetado, contaminará o mosquito. O volume de sangue recolhido varia entre 4 e 10 mm^3 em 1 a 2 minutos. De acordo com o *site* da American Mosquito Control Association, a recolha de sangue média é de 5 milionésimos de litro; o inseto ingere 5 mg de sangue, o que é o dobro da sua própria massa, uma vez que pesa em média 2,5 mg. Se um dia receber uma injeção indolor, será graças à nova microagulha que estará disponível no mercado num futuro próximo. Esta agulha inspira-se nos mosquitos. O motivo? O motivo é que o inseto, provavelmente o menos amado no reino animal, é a fonte de inspiração da nova investigação realizada por cientistas na Ohio State University (OSU).

Uma agulha inspirada na natureza

«A razão pela qual vemos a natureza como uma pista é que a natureza atravessou um longo período de evolução para descobrir os métodos mais simples e eficazes», disse Bharat Bhushan, professor de engenharia mecânica na OSU. «Neste trabalho, o que nos

interessou foi a forma como os mosquitos picam, porque conseguem fazê-lo durante vários minutos sem que sintamos alguma coisa. Pretendíamos utilizá-lo para ver se poderíamos desenvolver uma microagulha indolor.

Analisar a forma como os mosquitos picam

Até agora, não desenvolveram um protótipo desta agulha. O que fizeram foi observar mais de perto os componentes que permitem aos mosquitos picarem pessoas sem que estas sintam desconforto. Os mosquitos utilizam uma combinação de quatro substâncias. Estas incluem a utilização de um agente anestésico baseado em saliva durante o processo de picada, uma agulha com *design* serreado durante o processo de perfuração e uma combinação de partes moles e duras na probóscide, a parte sugadora alongada do inseto. Esta combinação permite ao mosquito perfurar a pele com apenas um terço da força necessária para utilizar uma agulha artificial, enquanto o agente anestésico permite que o mosquito pique sem que o alvo sinta a picada. Com base nesta investigação, Bhushan sugere que seria possível criar uma microagulha com duas agulhas. Uma que injetaria um agente anestésico e outra que recolheria o sangue ou injetaria um medicamento. Esta segunda agulha, que também teria uma extremidade serreada, tal como a probóscide de um mosquito, seria mais flexível e mole nas extremidades e laterais e vibraria após inserida. Este investigador diz que os materiais e a tecnologia que permitirão criar esta agulha já existem.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	**Introdução:** Jogo no Wordwall, no qual os alunos terão de corresponder várias agulhas às imagens relevantes. https://wordwall.net/resource/12582808
5 min	**Apresentar os objetivos da aula.** Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano.
3 min	**Perguntas:** «O que acham da forma como as pessoas imaginam a utilização de agulhas em vários tipos de aplicações?» «Como podem definir este processo em algumas palavras?» Os alunos formulam a definição de biomimetismo/biomimética com as suas próprias palavras.
5 min	**Ver o vídeo:** How Mosquitoes Use Six Needles to Suck Your Blood | Deep Look

15 min	**Discutir a forma de vida do mosquito.** Prestar atenção à estrutura da agulha do mosquito e à forma como este recolhe sangue. **Perguntas:** «O que sabem sobre os mosquitos?» «Como vivem?» «Observando o mosquito, descrevam a estrutura da picada.»
2 min	**«Vejam o vídeo surpreendente de uma picada de mosquito e respondam perguntas!»** Mechanism of a Mosquito Bite
10 min	***Distribuir a Atividade 1.*** 1. Desenhem um mosquito, indicando onde se encontram o lábio e o fascículo! 2. Uma empresa inspirou-se no mosquito para desenvolver agulhas médicas. Na vossa opinião, quais foram as razões dos engenheiros para escolherem este modelo biológico? Como podem estas agulhas ter um melhor desempenho? Mostrar apresentação — Picar como um mosquito. ***Distribuir a Atividade 2.*** **Imaginem que são médicos e que têm de injetar um medicamento ou realizar análises ao sangue. Vamos experimentar!** Os alunos escolhem vários tipos de agulhas, fazem injeções numa maçã ou análises ao sangue numa laranja.
3 min	**Resumo das aulas**. Avaliação da aula — Discussão. O que aprenderam de novo? Por que razão é tão importante investigar os processos da natureza? Como acham que uma picada de mosquito pode melhorar o futuro?

Referências, hiperligações e bibliografia:

Mechanism of a Mosquito Bite

How Mosquitoes Use Six Needles to Suck Your Blood | Deep Look

Mosquito bite helps create the ideal injection needle

Biomimicry: What We Can Learn from Nature

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B4. Colorido como uma borboleta *morpho*

Duração da aula: 1 hora e 5 minutos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 14-16 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Colorido como uma borboleta morpho», pp. 119-121
Microscópios, placas de Petri, sondas, papel de desenho, lápis, livro com imagens das escamas das borboletas, caixa de lápis, papel branco, lanternas

Objetivos de aprendizagem:

- Compreender o conceito de biomimetismo;
- Explicar a estrutura de uma asa de borboleta e porque está coberta de escamas;
- Desenhar as asas de uma borboleta;
- Descrever os padrões das asas das borboletas e imaginar as suas funções;
- Princípio da difração;
- Explicar a forma como a água curva a luz;
- Aprofundar o conceito de curvatura da luz e o funcionamento das microestruturas das asas das borboletas *morpho*;
- Compreender o funcionamento e a eficiência de um painel fotovoltaico.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Morpho é um género de borboleta com 80 espécies conhecidas. O tamanho destas borboletas varia entre 7 e 20 centímetros e estas encontram-se principalmente em regiões tropicais, tais como a América Central e do Sul. As *morphos* adultas alimentam-se exclusivamente do sumo de frutas em apodrecimento. O ciclo de vida estimado da borboleta *morpho* é de, aproximadamente, quatro meses e meio. As borboletas *morpho* são notáveis pela cor extremamente vibrante dos machos da espécie, que é normalmente um azul ou verde metálico.

Fotografia: Cindy Gustafson/Pexels.com

As borboletas *morpho* azuis não utilizam pigmentos para criar a cor azul viva das suas asas. Em vez disso, as suas asas têm uma microestrutura em camadas, a qual faz com que as ondas de luz que chegam à superfície da asa difratem e interfiram umas com as outras, cancelando ondas luminosas de certas cores e intensificando e refletindo outras, tais como as azuis.

Os revestimentos e as cores são limitados pela estética, facilidade de aplicação, função, género e toxicidade. A inovação nas indústrias de vários setores, tais como os setores automóvel, da construção e de bens de consumo, é igualmente limitada pela respetiva química das superfícies. Na indústria, as cores são normalmente produzidas pela inclusão de pigmentos, corantes e aglutinantes potencialmente tóxicos nos revestimentos.

As asas das borboletas têm uma membrana dupla revestida de escamas, que se sobrepõem como as telhas do telhado de uma casa. As bonitas asas iridescentes da *morpho* azul estão estruturadas em cinco níveis. De acordo com Serge Berthier, autor do livro Photonique des Morphos: «Embora seja verdade que as *morphos* sejam principalmente conhecidas pela cor azul viva de origem física, os pigmentos são um elemento fundamental da sua característica cromática». Na verdade, cada escama contribui para um determinado efeito, e qualquer modificação a um certo nível pode influenciar o resultado final: a asa, coberta de pequeninas escamas fixadas na membrana, espalha raios de luz; as escamas, cobertas de estrias paralelas igualmente espaçadas, têm uma estrutura global de cristais fotónicos bidimensionais; as estrias, que consistem em lamelas sobrepostas, formam uma rede de difração por reflexão; as lamelas de quitina, dispostas a uma distância uniforme, criam interferência; as células formadas entre as estrias deixam a luz penetrar nos pigmentos presentes nas camadas mais profundas.

As asas das borboletas inspiraram um novo tipo de célula solar, que consegue recolher a luz de forma duas vezes mais eficiente do que antes e que, um dia, pode vir a melhorar os nossos painéis solares. Os painéis solares são, normalmente, constituídos por células solares espessas e posicionadas em ângulo, para receberem a maior quantidade de luz possível, à medida que o sol se move ao longo do dia. As asas desta borboleta têm uma textura extremamente fina, a qual reflete uma pequena gama de comprimentos de onda específicos, ou seja, uma cor específica. Os especialistas do Fraunhofer ISE aplicam uma textura e revestimento superficial semelhante no verso do vidro de proteção dos módulos fotovoltaicos, utilizando a tecnologia de vácuo. Dependendo da personalização do revestimento, o vidro protetor pode ter um tom vivo de azul, verde ou vermelho. «Cerca de 93% da luz penetra através desta camada e apenas 7% da mesma é refletida para causar o efeito da cor» explica Thomas Kroyer. O Fraunhofer Research Institute, em Freiburg, chama a sua tecnologia de Morpho Colour, como a borboleta *morpho* azul vivo.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
10 min	Ver o vídeo seguinte: Animals Cannot Be Blue | Explorer What Gives the Morpho Butterfly Its Magnificent Blue? | Deep Look
30 min	Explicar a estrutura de uma asa de borboleta e por que motivo está coberta de escamas. Descrever os padrões das asas das borboletas e imaginar as suas funções;
5 min	**Atividade 1** — Discussão: por que razão os animais não podem ser azuis?
15 min	**Atividade 2** — Observar a estrutura da borboleta *morpho* e tentar desenhar as suas asas.
5 min	Qual é a origem da cor azul da borboleta *morpho*? (Garantir que os alunos compreenderam a lição.)

Referências, hiperligações e bibliografia:

What Gives the Morpho Butterfly Its Magnificent Blue? | Deep Look

Nature = Futur ! Un papillon solaire

Blue Morpho Butterfly | Untamed

Structural color of Morpho butterflies: American Journal of Physics: Vol 77, No 11

Butterfly wings inspire a better way to absorb light in solar panels

Solar technology with the beauty of butterfly wings

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B5. Descobrir e desenhar a anatomia das asas

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Descobrir e desenhar a anatomia das asas», pp. 122-123
Penas
Cartões de bingo
Vídeo: The Anatomy of Flight

Objetivos de aprendizagem:

- Interpretar o conceito de biomimetismo;
- Explicar a influência da natureza na nossa vida;
- Indicar três exemplos de soluções naturais utilizadas no nosso quotidiano;
- Explicar a estrutura da pena;
- Descrever os tipos de penas existente no corpo de um pássaro;
- Descrever a anatomia das asas dos pássaros;
- Desenhar a estrutura de uma asa de pássaro.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

As asas dos pássaros são membros anteriores modificados que lhes permitem voar. Similarmente à mão humana, dobram-se em três pontos. Estão cobertas de penas espalhadas de forma adequada e, com a ajuda de músculos cutâneos, funcionam como aviões de carga extensíveis. As asas entram em movimento com a ajuda de músculos peitorais muito fortes e estão fixadas através de uma crista óssea localizada no esterno. As asas dos pássaros são leves, fortes e flexíveis. Têm menos penas do que o corpo e cada pena é muito leve, mas, em conjunto, pesam mais do que o esqueleto. A asa de pássaro está dividida em duas partes maiores, as quais estão divididas em várias partes mais pequenas. As partes mais importantes, em termos de voo, são as rémiges:

- primárias: localizadas na extremidade da asa, permitem a propulsão e a manobrabilidade do pássaro,
- secundárias: localizadas no centro da asa; conferem à asa a forma curva necessária para voar,
- terciárias: parte mais próxima do corpo; reduzem a turbulência do ar,

- polegares: localizadas na frente da asa; permitem estabilizar o voo, em caso de rajadas de vento, e deslizar em segurança a baixas velocidades.

As penas, feitas de queratina, têm uma espinha no centro que se chama «ráquis». Esta parte é oca no centro. As barbas encontram-se nas duas metades da pena. São constituídas por centenas de ramificações chamadas de bárbulas. Uma vez que existem muitos espaços entre estas bárbulas, a pena tem muito ar.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	**Apresentar os objetivos da aula.** Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano.
5 min	**Introdução:** - Descrever o conceito de biomimetismo. Recomenda-se o *brainstorming*. Perguntas: «O que acham que significa a palavra "biomimetismo"?» «A palavra "biomimetismo" é formada por que duas palavras?» Os alunos formulam sozinhos a definição de biomimetismo. Procurar alguns exemplos de biomimetismo na aviação.
15 min	**Mostrar a apresentação «Anatomia de uma asa de pássaro».** Questões abrangidas durante a apresentação: O significado da asa para um pássaro. A estrutura da asa de um pássaro. As formas das asas dos pássaros. A estrutura da pena de um pássaro. Comparar um avião e um pássaro.
3 min	**Atividade principal:**

	Distribuir penas (uma por pessoa). Os alunos tentam desfazê-las com cuidado. Depois, tentam voltar a montá-las. *Os alunos refletem em conclusões.* *Primeiramente, os alunos veem o vídeo:*
7 min	*The Anatomy of Flight* *Distribuir a ficha de trabalho — Atividade 1.* *Os alunos preenchem uma ficha de trabalho — Atividade 1.*
8 min	**Atividade 1:** A. Desenhar uma asa de pássaro, mostrando as rémiges primária, secundária, terciária e polegar. B. Comparar o pássaro e o avião nas várias fases do voo: descolagem, voo, aterragem. Liberdade para desenhar.
5 min	**Resumo:** Utilizar os cartões de bingo para fazer um resumo:

hook	barb	remiges	wing
biomimicry	duck	bone crest	feather
rachis	bird	quill	alula
tertially	primary	eagle	secondary

Referências, hiperligações e bibliografia:

The Anatomy of Flight

Einhard Bezzel, «Birds», Multico Oficyna Wydawnicza 2010 PL

Przemysław Busse «A small zoological dictionary. Birds»' Wiedza Powszechna Publishing House 1990 PL

Bird's wing

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B6. História — O desejo de voar, de Leonardo da Vinci à Airbus

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «História — O desejo de voar, de Leonardo da Vinci à Airbus», pp. 124-126
Vídeo: The history of aviation in 11 incredible objects

Objetivos de aprendizagem:

- Interpretar o conceito de biomimetismo;
- Explicar a influência da natureza na nossa vida;
- Indicar três exemplos de soluções naturais utilizadas no nosso quotidiano;
- Descrever a história da aviação.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

A aeronáutica é um setor que, historicamente, se inspira na natureza. Por este motivo, é fácil de compreender. O ser humano sempre sonhou em voar como um pássaro.

Século XV. Leonardo da Vinci criou a base da aeronáutica. Com a sua mente criativa, onde fervilhavam ideias, e a sua curiosidade insaciável, trabalhou em muitas áreas. A sua sede de inovação e a sua criatividade foram-nos reveladas em todos os manuscritos aos quais temos acesso. A sua busca pela perfeição, na forma como aprendia e compreendia o mundo, levou-o a desenhar muito. As suas reflexões, pensamentos, ideias, projetos com diagramas e desenhos foram registados cuidadosamente em blocos de notas, os quais levava consigo para todo o lado! Durante muito tempo após a sua morte, estes manuscritos estiveram espalhados por todo o mundo. Alguns deles foram perdidos, mas centenas de páginas eventualmente reapareceram algumas centenas de anos após a sua morte.

Leonardo da Vinci estabeleceu a base da aeronáutica. Guiado pela sua curiosidade e personalidade científica, da Vinci estabeleceu a base da aeronáutica. Durante anos viveu fascinado pela possibilidade de voar, o que resultou em inúmeros planos com comentários e explicações detalhados sobre a construção de máquinas voadoras. Um estudo realizado sobre estes documentos mostra que da Vinci foi uma das primeiras pessoas a estabelecer a base da aeronáutica.

O manuscrito de Leonardo da Vinci sobre o estudo do voo dos pássaros. De acordo com a abordagem científica, o estudo iniciou-se com a observação: os pássaros eram o modelo e uma fonte incrível de conhecimento nesta área e, por isso, estudou-os. Através dos manuscritos, compreendemos que da Vinci estudou o batimento das asas e a forma como o pássaro se mantém em equilíbrio e ganha

altitude. Durante as suas observações, considerou o impacto do vento na mudança de direção durante o voo! O seu conhecimento em anatomia e mecânica (o estudo dos movimentos e das forças) apoiou o seu trabalho. Depois, fez desenhos de asas mecânicas e de máquinas voadoras, e elaborou diagramas com notas detalhadas.

No seu manuscrito sobre uma máquina voadora (1488), Leonardo da Vinci descreveu as suas observações e conclusões:

- Força de levantamento: causada pela diferença de pressão entre a parte superior e a parte inferior da asa; é a força que contrabalança o peso para apoio.

- Força resistente: é a força da resistência à penetração no ar quando um corpo está em movimento. Tem de ser compensada pela propulsão.

Da Vinci reparou que o batimento das asas não contribuía para a força de levantamento, mas sim para a propulsão. Compreendeu que estas duas forças eram uma função da superfície do objeto. A forma e a velocidade da circulação do ar em torno do objeto são de extrema importância.

Embora a sua máquina voadora não conseguisse descolar, formulou os princípios fundamentais da aeronáutica. É importante referir que a investigação atual sobre *design* e materiais (tanto de aeronaves como de motores) foca-se na otimização da força de levantamento e na redução da força resistente.

O Avião III de Clément Ader (1897), por exemplo, inspirou-se nas asas dos morcegos.

A bioinspiração continua a ser uma abordagem em desenvolvimento neste setor, melhorando formas, superfícies ou até estruturas materiais de dispositivos. Ao longo dos séculos, os nossos antepassados já imitavam a natureza. Inspiraram-se nas formas existentes na natureza. Entre eles: Leonardo da Vinci (1452-1519) revelou o seu génio não só como cientista extraordinário, mas também como campeão do biomimetismo. O seu lema? «Aprendam com a natureza; é aí que está o nosso futuro». Para desenhar o seu ornitóptero, com o qual esperava que os seres humanos pudessem voar com a força dos seus braços, Leonardo da Vinci observou cuidadosamente o voo de pássaros, morcegos e libélulas. Nada lhe escapou: nem a forma das asas, a função e a disposição das penas, nem a sequência de movimentos para descolar, voar e aterrar. Os vários projetos de máquinas voadoras de Leonardo da Vinci permaneceram na forma de esboços e planos: os materiais de construção que existiam na altura eram demasiado pesados. Nenhum ser humano teria os músculos necessários para fazer voar um protótipo.

Winglets: descoberta do *winglet* em 1974 na NASA

O *winglet* foi desenvolvido no centro de investigação da NASA em Langley (EUA), em 1974, pelo aerodinamista Richard Whitcomb, também conhecido pelo seu trabalho na área do direito e no perfil da asa supercrítica. Whitcomb publicou o seu trabalho sobre *winglets* em 1976.

A Boeing e os primeiros *winglets*

Em 1985, a Boeing anunciou uma nova versão do B-747, o 747-400, que possuía um maior alcance e uma maior capacidade de carga. A asa deste modelo tinha uma maior envergadura e *winglets* instalados. Encontramos os mesmos ganhos em termos de eficiência energética nos modelos da Airbus. A Airbus desenvolveu *winglets* e *sharklets* para os extremos das asas dos seus modelos. Inspirados

diretamente nas extremidades curvas das asas dos velociraptores, os *winglets* aumentaram a força de levantamento das asas do A380 e reduziram a dimensão das asas, mantendo a envergadura das mesmas dentro dos limites permitidos pelos aeroportos dos dias de hoje. Os *sharklets*, mais inspirados nas barbatanas dos tubarões, melhoram a estabilidade e reduzem o consumo de combustível até 3,5%, representando uma redução de CO_2 anual de cerca de 700 toneladas por avião (Airbus, 2012).

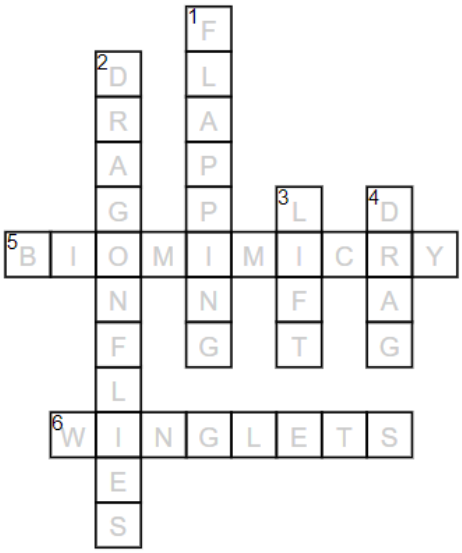
Aviação comercial

Os *winglets* têm sido utilizados em muitos aviões a jato para obter os benefícios de uma proporção mais eficaz: reduzindo a distância para descolar e aterrar em aeroportos secundários, e aumentando a altitude de voo. Não só podem ser instalados em aviões novos, mas também em aviões mais antigos. Os *winglets* têm sido utilizados em aviões comerciais; apenas a Dassault resistiu temporariamente a esta tendência. A Cessna anunciou recentemente uma parceria com a Winglet Technology para testar *winglets* elípticos.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	**Apresentar os objetivos da aula.** Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano.
6 min	**Introdução:** Descrever o conceito de biomimetismo. Recomenda-se o *brainstorming*. **Perguntas:** «O que acham que significa a palavra "biomimetismo"?» «A palavra "biomimetismo" é formada por que duas palavras?» Os alunos formulam sozinhos a definição de biomimetismo. Os alunos procuram alguns exemplos de biomimetismo para chegarem mais rapidamente a conclusões.
10 min	Mostrar a apresentação «O desejo de voar, de Leonardo da Vinci à Airbus» aos alunos. Discutir durante a apresentação.
15 min	**Distribuir a Atividade 1 (ficha de trabalho) aos alunos. Mostrar o vídeo aos alunos:**

	The history of aviation in 11 incredible objects Depois, aplicando o seu conhecimento e a informação do vídeo, os alunos resumem, na forma de um friso cronológico, os eventos principais da aviação.
8 min	**Iniciar uma discussão sobre os resultados da atividade.** Verificar os resultados do trabalho dos alunos. Perguntas que podem ser utilizadas: «Quem foi a primeira pessoa a querer voar? Qual foi o desfecho?» «Quem foi a segunda pessoa a querer voar?» «Qual é a ordem dos eventos na aviação?»
5 min	**Resumo.** *Distribuir as palavras cruzadas — Atividade 2.*



Across
5. The practice of making technological and industrial design copy natural processes
6. Discovered by NASA scientist.

Down
1. Which activity of birds contributes to their propulsion?
2. Which species of animals did Leonardo da Vinci carefully observe ?
3. It is caused by the difference in pressure between the top and the bottom of a wing, is the force counteracting weight for sustentation.
4. It is the force of resistance to penetration into the air when a body is in motion. It must be compensated by propulsion.

Referências, hiperligações e bibliografia:

The history of aviation in 11 incredible objects

https://www.thermal-engineering.org/

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B7. Os *winglets* e a aerodinâmica

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Os winglets e a aerodinâmica», pp. 127-129

Objetivos de aprendizagem:

- Interpretar o conceito de biomimetismo;
- Explicar a influência da natureza na nossa vida;
- Indicar três exemplos de soluções naturais utilizadas no nosso quotidiano;
- Descrever a forma como os pássaros estão adaptados para voar;
- Descrever os fluxos que permitem os aviões permanecerem no ar;
- Explicar a aplicação de *winglets* nas asas dos aviões;
- Comparar a estrutura do corpo dos pássaros com a forma dos aviões em termos de voo.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

***Winglets*: definição**

Winglet — Um *winglet* substancialmente vertical, localizado nos extremos das asas de um avião, reduz o consumo de combustível e aumenta o alcance do voo. Funciona ao reduzir a força resistente da asa induzida pela força de levantamento. Os *winglets* também influenciam grandemente o alongamento efetivo das asas. Podem tornar o voo mais agradável, ajudando a reduzir as vibrações. Ao melhorar o desempenho dos aviões, reduzem o tempo de aceleração dos mesmos e o nível de ruído emitido durante a descolagem e a aterragem. A palavra inglesa continua a ser amplamente utilizada, embora os equivalentes franceses *penne* e *ailerette* tenham sido propostos. Os cientistas da Wroclaw Technical University explicam que os *winglets* se inspiram na vida dos pássaros. Embora os pássaros não dobrem as asas para cima, estendem as penas nas extremidades.

***Winglets*: princípio**

Ultrapassar a gravidade permite voar no ar. A força de levantamento é responsável por ultrapassar a força da gravidade. Mas isto não aconteceria, se não fosse pela estrutura especial das asas. O *design* especial das asas faz com que o ar flua em torno das mesmas em

diferentes comprimentos. O comprimento da parte superior é mais longo do que o da parte inferior. Na extremidade da superfície da asa, o ar que flui sobre as asas, vindo de cima e de baixo, encontra-se simultaneamente. Uma vez que cobre comprimentos diferentes, o fluxo de ar superior é mais rápido e o fluxo de ar inferior é mais lento. A diferença de velocidade entre o ar que flui na superfície superior da asa e o ar que flui na superfície inferior causa diferenças de pressão. Quanto menor for a velocidade, menor é a pressão. Assim, o ar da parte inferior das asas levanta o avião. A diferença de pressão entre as superfícies superior e inferior do avião é chamada de força de levantamento.

Existe apenas um problema: a asa não tem um comprimento infinito. O ar com maior pressão, vindo da parte inferior da asa, enrola-se para cima na extremidade da asa, criando vórtices de ar chamados de vórtices de ponta da asa, os quais se formam no extremo da asa. Assim, a resistência induzida aumenta. Uma forma de contrariar este efeito é alongar a asa. No entanto, uma proporção maior (com a mesma superfície) provoca um aumento nas forças de flexão e na espessura da asa, aumentando, assim, massa da mesma. É necessário aplicar outra solução. Para evitar os vórtices de ponta da asa, é necessária uma maior potência do motor durante o voo ou a instalação de difusores destes vórtices, ou seja, de *winglets*.

Se posicionado corretamente, o *winglet* pode receber alguma da energia do vórtice. Isto aumenta a proporção efetiva da asa e reduz a força resistente induzida pela força de levantamento, sem aumentar a envergadura da asa. Um *winglet* que receba um fluxo de ar oblíquo pode endireitar o fluxo de ar e desenvolver uma força de levantamento lateral para a frente, cancelando a própria força resistente. Verifica-se um ganho de eficiência em alguns pontos percentuais.

Aerodinâmica dos pássaros

Os pássaros são vertebrados cujos ossos constituem até 10% da sua massa corporal. Possuem ossos ocos, o que lhes permite reduzir a sua massa corporal. Estes ossos são fortes, mas muito leves. O bico dos pássaros é uma extensão do seu crânio, o qual, se fosse mais pesado, impedi-los-ia de voar e deterioraria a sua visão. Estas características contribuem para a leveza do seu esqueleto. Os ossos das asas estão adaptados ao voo e são semelhantes ao braço humano. Os músculos dos pássaros constituem até 40% do seu peso e produzem calor para os manter quentes. Os músculos das patas dos pássaros permitem-lhes propulsionarem-se, enquanto os músculos da caixa torácica permitem-lhes bater as asas e manter-se no ar. Os ossos dos pássaros são principalmente ocos, conferindo-lhes leveza e uma melhor capacidade de voo.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	**Apresentar os objetivos da aula.** Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano relacionados com a aviação. Encontrar correlações entre as asas dos pássaros e os *winglets.*

5 min	**Introdução:** - Descrever o conceito de biomimetismo. Recomenda-se o *brainstorming*. Perguntas: «O que acham que significa a palavra "biomimetismo"?» «A palavra "biomimetismo" é formada por que duas palavras?» Os alunos formulam sozinhos a definição de biomimetismo. Os alunos procuram alguns exemplos de biomimetismo à sua volta.
20 min	**Apresentar o tópico mostrando a apresentação «Os *winglets* e asas dos pássaros».** Questões discutidas durante a apresentação: - O que permite os pássaros voar? Discutir a forma como os pássaros estão adaptados para voar; - Descrição das asas dos pássaros; - Descrição da estrutura dos aviões que lhes permite voar; - Explicar a razão pela qual os aviões permanecem no ar; - A redução do consumo de combustível e os *winglets*. Descrever a função dos *winglets*; - Destacar as semelhanças entre a estrutura dos pássaros e as asas dos aviões.
8 min	**Atividade principal:** *Distribuir a Atividade 1 (ficha de trabalho).* A. Descrevam a forma das asas dos velociraptores e das asas dos aviões; B. Pesquisem informação (perguntem ao professor, pesquisem na *Internet*, etc.) para explicarem a razão pela qual os *winglets* aumentam a eficiência do voo de um avião (redução do consumo de combustível em cerca de 4%).
10 min	**Resumo da aula.** Iniciar uma discussão sobre o tópico «Os cientistas imitaram a natureza durante a criação dos aviões? Usaram exemplos existentes na natureza para melhorar o desempenho dos aviões e reduzir os custos de exploração?»

Referências, hiperligações e bibliografia:

https://www.thermal-engineering.org

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B8. Experiência — Força de levantamento de uma asa de acordo com o seu perfil

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Experiência — Força de levantamento de uma asa de acordo com o seu perfil», pp. 130-131
Fio, papel, fita adesiva, secador de cabelo, tripés metálicos

Objetivos de aprendizagem:

- Interpretar o conceito de biomimetismo;
- Explicar a influência da natureza na nossa vida;
- Indicar três exemplos de soluções naturais utilizadas no nosso quotidiano;
- Descrever a forma como os pássaros estão adaptados para voar;
- Descrever os fluxos que permitem os aviões permanecerem no ar;
- Realizar uma experiência para levantar uma folha de papel com as ferramentas especificadas.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Ultrapassar a gravidade permite voar no ar. A força de levantamento é responsável por ultrapassar a força da gravidade. Mas isto não aconteceria, se não fosse pela estrutura especial das asas. O *design* especial das asas faz com que o ar flua em torno delas. O comprimento da parte superior é mais longo do que o da parte inferior. Na extremidade da superfície da asa, o ar que flui sobre as asas, vindo de cima e de baixo, encontra-se simultaneamente. Uma vez que cobre comprimentos diferentes, o fluxo de ar superior é mais rápido e o fluxo de ar inferior é mais lento. A diferença de velocidade entre o ar que flui na superfície superior da asa e o ar que flui na superfície inferior causa diferenças de pressão. Quanto menor for a velocidade, menor é a pressão. Assim, o ar da parte inferior das asas levanta o avião. A diferença de pressão entre as superfícies superior e inferior do avião é chamada de força de levantamento.

Os abutres podem dar-nos algumas aulas de aerodinâmica. As variações da pressão de ar nos extremos das asas dos aviões criam vórtices marginais que afetam o desempenho do voo. Estes vórtices criam fluxos de turbulência, que persistem durante longas distâncias atrás do avião. É particularmente perigoso entrar em vórtices produzidos por um avião jumbo. Por este motivo, os controladores de tráfego aéreo definem um período e uma distância de segurança mínimos e aguardam alguns momentos entre descolagens. Ao observar os abutres durante o voo, vemos que estes abrem as rémiges — as penas maiores na extremidade das asas — da mesma forma que nós abrimos os dedos. Os engenheiros aeronáuticos e os biólogos compreenderam que, ao reduzir a resistência exercida pelos vórtices é possível poupar energia durante o voo, tanto no caso dos aviões quanto no caso dos abutres. É por

este motivo que podemos ver estruturas voltadas para cima, chamadas de *winglets* e inventadas em 1974 por Richard Whitcomb, engenheiro da NASA, nos extremos das asas dos aviões. Normalmente, existe apenas um *winglet* por asa. Se continuarem a inspirar-se na tecnologia de voo dos abutres, as companhias aéreas poderão reduzir ainda mais o seu consumo de energia e o impacto no ambiente.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	**Apresentar os objetivos da aula.** Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano.
7 min	**Introdução:** ***Mostrar a apresentação «Porque voam os pássaros?»*** Questões discutidas durante a apresentação: - O que permite os pássaros voar? - Descrever a forma das asas dos pássaros; - Descrever porque voam os aviões; - Descrever a forma das asas dos aviões; - Comparar as asas dos pássaros com as asas dos aviões.
30 min	**Atividade principal:** Os alunos veem o vídeo: Quand Airbus s'inspire de l'Albatros. *Dividir os alunos em grupos. Distribuir a ficha de trabalho — Atividade 1.* Em seguida, cada grupo deve receber as ferramentas para realizar a experiência: fio, papel, fita-cola, um secador de cabelo e tripés de metal. Iniciar a discussão «Como podemos levantar uma folha de papel com as ferramentas recebidas?». Sozinhos, os alunos propõem a experiência e manipulam as ferramentas para a realizar. Depois, preenchem a ficha de trabalho. Sugestão para os professores: TPE: le vol de l'avion-1ère expérience.
6 min	**Resumo**

	Um dos grupos mostra o resultado das suas experiências.

Referências, hiperligações e bibliografia:

TPE: le vol de l'avion-1ère expérience

https://www.thermal-engineering.org/

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B9. Brilhar como os olhos de um gato

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Brilhar como os olhos de um gato», pp. 132-134
Vídeo: All about Cats Eyes (Are We There Yet: Guide to Roads)

Objetivos de aprendizagem:

- Interpretar o conceito de biomimetismo;
- Explicar a influência da natureza na nossa vida;
- Indicar três exemplos de soluções naturais utilizadas no nosso quotidiano;
- Explicar porque é que os gatos são bons caçadores;
- Descrever a estrutura de um olho de gato;
- Utilizando a estrutura de um olho de gato, encontrar um exemplo de biomimetismo.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Os felinos desenvolveram grandemente a visão noturna. Ao se depararem com uma fonte luminosa, como os faróis de um carro, os seus olhos brilham à noite. Os gatos, como todos os felinos, têm uma membrana que reveste a retina, a *tapetum lucidum*. Como um espelho, esta membrana reflete a luz e deixa-a passar uma segunda vez através da retina. Os olhos dos gatos precisam de luz seis vezes menos do que os olhos seres humanos. A retina, o nervo mais concentrado do olho, possui dois tipos principais de células: os bastonetes e os cones. Os bastonetes permitem que os gatos vejam em condições de pouca luz, tais como durante a noite. Em comparação com o olho humano, o olho dos felinos tem 6-8 vezes mais bastonetes. Adicionalmente, os bastonetes permitem aos gatos sentirem o movimento no escuro de forma superior aos seres humanos. Os felinos possuem um maior número de bastonetes, mas muito poucos cones. Os cones são o fator principal que oferece aos gatos a capacidade de perceber e distinguir as cores. Os olhos dos gatos têm três tipos de cones que conseguem determinar a combinação de vermelho, azul e verde. Os cones absorvem principalmente a luz verde e muito pouca luz azul e vermelha. Os felinos veem o seu ambiente em tons de cinzento, mas detetam muito bem o movimento. Os seres vivos adotaram três estratégias principais para se orientarem, caçarem ou comunicarem durante a noite: maximizar a pouca luz natural presente, produzir a sua própria luz (bioluminescência) ou recorrer a outros sentidos que não utilizam a luz. Já reparou que muitos animais, expostos repentinamente à luz, traem a sua própria presença com olhos que se tornam extremamente brilhantes no escuro? As traças, por outro lado, passam facilmente despercebidas, graças às suas córneas muito pouco refletoras. No escuro, algumas

espécies amplificam a luz que recebem, outras recolhem o máximo de luz possível sem a refletir e outras exploram comprimentos de onda invisíveis para nós. No caso da maioria dos animais noturnos, uma camada refletora especial chamada *tapetum lucidum* («tapete brilhante») funciona como um espelho que reflete a luz que passou através da retina sem ser absorvida. Quando a luz é dirigida para os olhos de um animal com um *tapetum lucidum*, a pupila parece brilhar. Mesmo uma lanterna pode produzir este brilho visível.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	**Introdução:** Apresentar os objetivos da aula. Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano.
5 min	**Introdução:** - Descrever o conceito de biomimetismo. Recomenda-se o *brainstorming*. Perguntas: «O que acham que significa a palavra "biomimetismo"?» «A palavra "biomimetismo" é formada por que duas palavras?» Os alunos formulam sozinhos a definição de biomimetismo. Os alunos procuram alguns exemplos de biomimetismo à sua volta.
3 min	**Atividade principal:** Os alunos descrevem sozinhos o estilo de vida dos gatos.
4 min	Em seguida, os alunos veem o vídeo: All about Cats Eyes (Are We There Yet: Guide to Roads) Concluir com a pergunta «Porque é que os gatos são animais noturnos?».
2 min	*Mostrar a apresentação «Os olhos dos gatos como exemplo de biomimetismo».* Questões discutidas durante a apresentação:
10 min	A estrutura de um olho de gato.

	Os olhos dos gatos como exemplo de biomimetismo.
9 min	Livro de exercícios — Atividade 1. Atividade 1: A. Quais são as três estratégias principais, desenvolvidas pelos seres vivos, para se orientarem, caçarem ou comunicarem durante a noite? B. Os gatos são famosos pela sua boa visão noturna. No que reparas quando os gatos passam em frente aos faróis de um carro? C. Os gatos, como todos os felinos, possuem uma membrana que reveste a retina, a *tapetum lucidum*. Como um espelho, esta membrana reflete a luz e deixa-a passar uma segunda vez através da retina. Os olhos dos gatos precisam de luz seis vezes menos do que os olhos seres humanos. Os felinos possuem um maior número de bastonetes, mas muito poucos cones. Os cones absorvem principalmente a luz verde e muito pouca luz azul e vermelha: os felinos veem o seu ambiente em tons de cinzento, mas detetam muito bem o movimento. Anatomia: representem um olho de gato, com os cones, os bastonetes, o *tapetum* e a pupila. Que objeto foi inspirado nos olhos dos gatos? (Dica: passamos por este objeto na estrada.)
10 min	**Resumo da aula.** Cada aluno pensa em três perguntas relacionadas com o tópico. Depois, faz uma das perguntas a um colega à sua escolha. Se a resposta estiver certa, esse colega faz uma das suas perguntas a outro colega. Se a resposta estiver errada, a primeira pessoa continua a fazer perguntas aos colegas. Ganha o aluno que fizer todas as suas perguntas em primeiro lugar.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Cat Eyes: Anatomy, Function and Vision

Zintegrowana Platforma Edukacyjna

All about Cats Eyes (Are We There Yet: Guide to Roads)

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C1. Como é que a osga se agarra? Inspiração para o ser humano — Homem-Aranha e Gekko de PJ Masks, realidade ou ficção?

Duração da aula: 3 aulas de 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Como é que a osga se agarra? Inspiração para o ser humano — Homem-Aranha e Gekko de PJ Masks, realidade ou ficção?», pp. 135-136
Livros, computadores, tablets

Objetivos de aprendizagem:

- Reconhecer um novo domínio da ciência, a biomimética, o seu potencial e as suas ferramentas para a produção de novos materiais;
- Avaliar o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais para ajudar a reduzir o impacto das atividades humanas no ambiente;
- Reconhecer materiais produzidos a partir da observação de materiais naturais, considerando os aspetos do desenvolvimento destes produtos.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

A osga é um pequeno lagarto quem tem a capacidade é «trepar» paredes (e andar pelo teto) e cuja inteligência fascina biólogos e físicos. Esta aderência foi estudada e, parcialmente, explicada em inúmeros trabalhos. A razão por trás desta capacidade de se agarrar, são as almofadas especializadas que se encontram nos dedos dos repteis, as quais são compostas por sétulas (estruturas semelhantes a cerdas ou pelos), na extremidade das quais existem pequenas estruturas chamadas «espátulas», cada uma delas com menos de um micrómetro de largura. Isto permite a criação de uma força atrativa, chamada «ligação de van der Waals», entre as cerdas aderentes e a superfície. Uma única espátula tem forças moleculares muito fracas, no entanto, quando combinada com centenas de outras espátulas na sétula, a atração torna-se muito forte. Estas forças são tão fortes que não só suportam o peso da osga, como também o peso de seres humanos robustos — as forças de aderência entre os dedos da osga e a superfície podem suportar seres humanos que pesem até 133 kg. No entanto, uma publicação recente mostra que o animal é muito ágil porque as suas patas são gordurosas! As patas adesivas da osga são um passatempo para os especialistas da biomimética, uma disciplina que se inspira na natureza para desenvolver novas ferramentas e materiais. Este é o exemplo de uma transferência de tecnologia da vida selvagem para o laboratório. O estudo

publicado na revista Interface da Royal Society, realizado por uma equipa da University of Akron, em Ohio (EUA), levantou o último véu da cada vez maior compreensão do fenómeno.

Muitos estudos tentaram explicar esta aderência excecional: quebrada e formada até vinte vezes por segundo, a cada passo do reptil. Todos os estudos demonstraram que o segredo, o «truque», reside na floresta de pelos microscópicos, as sétulas, que cobrem a parte inferior das patas. Cada pelo irá, na realidade, interagir à escala nanométrica, suportando uma fração (muito pequena) do peso da osga, graças às ligações de van der Waals, as quais são responsáveis pela atração entre moléculas. A ação combinada de milhões de pelos irá permitir ao animal realizar as suas acrobacias. Adicionalmente, um único dedo é suficiente para a osga permanecer suspensa no teto. A descoberta desta pequena secreção altera profundamente os modelos teóricos da aderência «seca». O princípio, integrado na investigação existente, irá aperfeiçoar o desenvolvimento de materiais biomiméticos, aproximando-os ainda mais dos exemplos encontrados na natureza e aumentando o desempenho dos mesmos.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
Aula 1	**Introdução:** Compreender e descobrir o que é a biomimética ao ver alguns pequenos vídeos.
Aula 2	**Atividade principal:** Fazer a pergunta: «Gostariam de ser o Homem-Aranha?». Ver o vídeo. Realizar uma investigação orientada para que os alunos vejam a forma como a osga consegue trepar paredes, desafiando a gravidade. Pesquisar sobre a forma como a osga pode ser uma inspiração para o ser humano, permitindo-lhe criar novas tecnologias.
Aula 3	**Resumo das aulas:** Os artigos de investigação preparados pelos alunos (com toda a investigação realizada e informação recolhida) serão trabalhados por alunos mais velhos, no âmbito do programa Genially, e serão, posteriormente, apresentados à turma.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Em Pauta — Novidades

Patented Gecko-inspired Technology | Setex Technologies

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C2. O Velcro© e a bardana

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «O Velcro© e a bardana», pp. 137-138
Vídeo: Inventing with Plants!
Luvas de malha, floorball, floorball com Velcro©, lupa, fita de Velcro©, brinquedo colorido, Velcro©, bardana

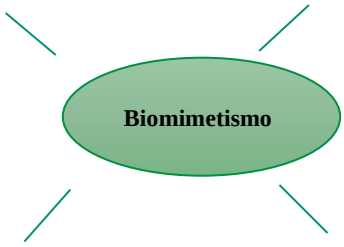
Objetivos de aprendizagem:

- Interpretar o conceito de biomimetismo;
- Explicar a influência da natureza na nossa vida;
- Descrever a estrutura da bardana;
- Estudar a estratégia aplicada pela bardana para aderir ao pelo de cão;
- Explicar o funcionamento do Velcro©;
- Explicar se o Velcro© satisfaz todos os critérios do biomimetismo.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Bardana. Todos conhecem o Velcro©, o sistema de fecho rápido para roupa. A fita de Velcro© é uma invenção do engenheiro suíço George de Mestral. Mas sabia que a sua invenção é uma imitação inteligente da natureza, mais precisamente, dos frutos da bardana? A história remonta a 1941, quando, ao regressar de uma viagem de caça nos Alpes, George de Mestral teve de retirar imensos frutos de bardana que estavam agarrados à sua roupa e ao pelo do seu cão. A bardana (*Arctium lappa*) é uma planta selvagem cujos frutos se agarram ao pelo dos animais, permitindo espalhar as sementes. George de Mestral teve a ideia de observar o fruto da bardana ao microscópio e notou que as extremidades dos espinhos do fruto tinham a forma de um gancho deformável. Estes ganchos formavam-se ao entrar em contacto com pelo e tecidos com anéis e voltavam à forma original quando puxados da superfície de contacto. Esta observação deu-lhe a ideia de criar um tipo de fecho rápido para vestuário. Após vários anos de desenvolvimento, alcançou os resultados desejados com uma fita de algodão suave e uma fita de poliéster com ganchos. Chamou a sua invenção de Velcro©, uma apócope das palavras francesas *velours* («veludo») e *crochet* («gancho»), apresentou um pedido de patente no início dos anos 50 (registo da marca comercial em 1952) e a produção industrial do Velcro© foi iniciada imediatamente!

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	**Apresentar os objetivos da aula.** Compreender o significado da natureza na nossa vida. Utilizar soluções da natureza para resolver problemas do quotidiano. Encontrar correlações entre o Velcro© e a bardana.
4 min	**Introdução:** Ver o vídeo: Inventing with Plants!
7 min	Descrever o conceito de biomimetismo. Recomenda-se o *brainstorming*. ***O professor escreve as ideias num mapa mental.*** Perguntas: «O que acham que significa a palavra "biomimetismo"?» «A palavra "biomimetismo" é formada por que duas palavras?» Os alunos formulam sozinhos a definição de biomimetismo. Os alunos procuram alguns exemplos de biomimetismo à sua volta. 
7 min	**Atividade 1** — Os alunos organizam-se em pares. Realizam uma experiência. O primeiro aluno calça uma luva (malha). O segundo aluno pega em duas bolas. Uma bola tem Velcro© e a outra não. Os alunos posicionam-se a cinco metros de distância um do outro. O primeiro tenta apanhar a bola com uma mão. Os alunos trocam de posição. Depois perguntamos: «Qual das bolas foi mais fácil de apanhar? Porquê?»
7 min	Como ponto de partida introdutório, mostre a apresentação aos alunos. **Título da apresentação: O Velcro© e a bardana.** Perguntas (durante a apresentação): 1. Reconhecem esta planta? 2. Observem as propriedades da bardana. 3. Descrevam a estrutura da bardana.

	4. A que conclusão chegaram? 5. Indiquem alguns exemplos de objetos onde o Velcro© é utilizado. 6. Qual é a função do Velcro© no nosso quotidiano?
12 min	**Atividade 2 —** Pergunta: ***Como funciona o Velcro©?*** Ver o vídeo: How Does Velcro Work? | Design Squad ***Explorar ambos os lados de uma fita de Velcro© com uma lupa. Os alunos completam a primeira tarefa da ficha de trabalho.*** O Velcro© foi inventado por um engenheiro que observou sementes de bardana agarradas ao pelo dos seus cães. Conseguem fazer um desenho ampliado dos dois lados de uma fita de Velcro© e explicar, em algumas palavras, o princípio da aderência?
6 min	**Resumo das aulas. Atividade 3 —** Com um brinquedo colorido, Velcro© e bardana desenvolver um trabalho criativo. Pergunta: O Velcro© foi inspirado na natureza. Acham que esta invenção corresponde bem a uma abordagem de biomimetismo? Para recordar, o biomimetismo é uma abordagem que consiste em encontrar inspiração no mundo vivo para desenvolver novas formas de viver, consumir e produzir, num espírito de sustentabilidade.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Inventing with Plants!

How Does Velcro Work? | Design Squad

Burdock Thistle | Kids Answers

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C3. Aderência sem cola tóxica

Duração da aula: 55 minutos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: todas as idades

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Aderência sem cola tóxica», pp. 139-140
Vídeo do YouTube: Why a Geckos Feet Can Stick to Almost Anything

Objetivos de aprendizagem:

- Que tipo de patas têm as osgas?
- Porque é que as patas das osgas aderem a quase tudo?
- As osgas aderem à pele?
- As osgas sabem nadar?
- Observa exemplos de objetos do quotidiano que envolvem a aderência de duas ou mais superfícies. Estes objetos são recicláveis ou reutilizáveis? Como foram fabricados?

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

As osgas são oficialmente os maiores animais capazes de se agarrarem a paredes lisas. A capacidade do Homem-Aranha de trepar paredes verticais pode ajudar o lançador de teias a apanhar os vilões nos livros de banda desenhada, mas, na vida real, nunca conseguiria fazer este truque. Um novo estudo, realizado pelos zoólogos da University of Cambridge, descobriu que as osgas são os maiores animais capazes de se agarrarem a superfícies verticais lisas — uma capacidade que requer almofadas aderentes cada vez maiores nas patas, em proporção com a superfície corporal total, à medida que os animais crescem. «À medida que os animais crescem, a superfície corporal por volume diminui — uma formiga tem uma grande superfície e pouco volume, ao passo que um elefante tem um grande volume e pouca superfície.» «Isto apresenta um problema para os animais trepadores maiores porque, quando crescem e ficam mais pesados, precisam de um maior poder de aderência, mas têm uma menor superfície corporal disponível para as almofadas aderentes nas patas. Isto implica que existe uma dimensão máxima para os animais trepadores com almofadas aderentes nas patas — e essa dimensão é exatamente a dimensão de uma osga.» As osgas correm nas paredes e aceleram pelos tetos com a ajuda de filas de pelos pequeninos nas suas patas. Estes pelos, chamados de sétulas, geram imensas atrações fracas entre as moléculas das duas superfícies, as quais se ligam para fixar a pata. Adicionalmente, é fácil quebrar e formar as ligações que fixam cada sétula a uma superfície. Assim, ao contrário da cola líquida ou em fita, as patas da osga fixam-se e soltam-se facilmente, uma característica invejada pelos engenheiros mecânicos.

Os investigadores compararam o peso e a dimensão das pegadas de 225 espécies de animais trepadores. Dos animais mais pequenos (ácaros) aos maiores (osgas) que aderem às superfícies, esta variedade de espécies abrange mais de sete ordens de grandeza ao nível do peso — o que, como Labonte indica, é como comparar o peso de uma barata ao peso do Big Ben. Essa enorme diferença de peso é a razão pela qual as almofadas adesivas nos animais pequenos e grandes variam tão grandemente. Os ácaros pequenos, por exemplo, utilizam uma superfície corporal total, para as almofadas aderentes, aproximadamente 200 vezes inferior à das osgas — o Big Ben não oficial do mundo dos animais trepadores com aderência. Os animais maiores seriam capazes de trepar paredes verticais por aderência, se dedicassem uma superfície corporal superior às almofadas aderentes.

Os cientistas recriaram uma forma de aderência semelhante à das osgas utilizando silicones, plásticos, nanotubos de carbono e outros materiais — mas depararam-se com um problema de escala: A aderência diminui quando a dimensão do adesivo excede alguns centímetros quadrados, limitando grandemente as suas aplicações práticas. Mesmo a osga não resolveu este problema. Teoricamente, cada pelo de osga é tão aderente que o animal, que possui cerca de 6,5 milhões de sétulas, deveria ser capaz de suportar um defesa de uma equipa de futebol americano que pese 130 kg. Na realidade, uma osga pode apenas levantar 2 kg com as suas patas dianteiras. O problema da escala vem, em parte, do facto de a carga não estar distribuída uniformemente pelas grandes áreas aderentes, indicam os investigadores da Stanford University em Palo Alto, Califórnia, num estudo recentemente publicado *online*, no *Journal of the Royal Society Interface*. Nas patas das osgas, por exemplo, apenas uma fração das sétulas estão estreitamente em contacto com a superfície, e as mesmas não partilham a carga igualmente entre si. Isto pode dever-se ao facto de que a pele da osga, semelhante a uma fita de borracha, se torna mais rígida para poder esticar-se à medida que lhe é aplicada mais força, sugere a equipa. Quando uma osga corre numa parede, as sétulas são esticadas de forma irregular, o que faz com que seja aplicada mais força numas sétulas do que noutras. Alguns pelos maximizam a sua aderência, enquanto outros são subutilizados ou não aderem de todo à superfície. Assim, a aderência das almofadas das osgas deve aumentar, se os investigadores descobrirem uma forma de distribuir as forças mais uniformemente.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
6 min	**Atividade 1** — Discussão com a turma. Porque é que as osgas aderem a quase tudo?
24 min	**Atividade 2** — Apresentação do PowerPoint.
20 min	**Atividade 3** — Ficha de trabalho + discussão com a turma.
5 min	**Resumo da aula.**

Referências, hiperligações e bibliografia:

Why a Gecko's Feet Can Stick to Almost Anything

New research investigates the physics of sticky gecko feet

Gecko-inspired adhesives allow people to climb walls

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C4. Proteção contra o calor e o frio

Duração da aula: 45 minutos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Proteção contra o calor e o frio», pp. 141-142
Vídeo do YouTube: How Do Animals Survive in the Arctic? ❄ — Animals for Kids — Educational Video

Objetivos de aprendizagem:

- Como é que os ursos-polares se protegem;
- Como é que os ursos-polares controlam a sua temperatura corporal;
- Os animais que conseguem suportar as temperaturas mais frias;
- Os animais que conseguem sobreviver em climas quentes.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Alguns seres vivos podem sucumbir a queimaduras causadas pelo frio e à hipotermia, tais como as pessoas e os animais de estimação. No norte dos Estados Unidos, as caudas sem pelo dos gambás são vítimas comuns da exposição ao frio. De vez em quando, vagas de frio inabituais na Flórida resultam na queda de iguanas das árvores e na morte de manatins, devido ao *stress* causado pelo frio.

Evitar o frio é importante para preservar a vida ou membros do corpo (ou a cauda, no caso do gambá), bem como a oportunidade dos animais se reproduzirem. Estes imperativos biológicos significam que a vida selvagem tem de ser capaz de sentir frio para tentar evitar os efeitos prejudiciais do frio extremo. As espécies animais têm o seu próprio equivalente da desagradável sensação humana de tremer, ou sentir formigueiro, que nos impele a nos aquecermos rapidamente para não sofrermos as consequências. Na verdade, os mecanismos do sistema nervoso para detetar amplitudes térmicas são praticamente os mesmos entre todos os vertebrados.

Durante o inverno, um dos desafios para os animais de sangue quente, ou endotérmicos, nome pelo qual são cientificamente conhecidos, é manter a sua temperatura corporal interna em condições frias. No entanto, é interessante que os limites da sensação térmica podem variar consoante a fisiologia Por exemplo, um animal de sangue frio — ou seja, ectotérmico — como, por exemplo, uma rã, sentirá frio a temperaturas muito mais baixas, em comparação com um rato. Investigações recentes mostram que os mamíferos hibernantes, como o esquilo listrado, não sentem o frio até temperaturas mais baixas do que os animais endotérmicos que não hibernam.

Os ursos-polares (*Ursus maritimus*) não são só um dos animais mais bonitos do mundo. Também são extremamente interessantes a partir de uma perspetiva científica, uma vez que vivem no círculo polar ártico estando, assim, adaptados para sobreviver num dos

climas mais extremos do mundo. Os ursos-polares podem pesar entre 150 kg e 700 kg e medem entre 1,20 m e 1,60 m até aos ombros, embora alguns espécimes sejam muito mais altos. As caudas são, na realidade, bastante curtas. Ao nível do urso-polar, as fêmeas são muito mais pequenas do que os machos, tendo quase metade do seu tamanho. No entanto, quando estão grávidas, tentam armazenar grandes quantidades de gordura, uma vez que é graças a esta gordura que sobrevivem durante a gravidez e nos primeiros meses de vida das crias. Embora os ursos-polares possam caminhar sobre duas patas, são trapalhões, e sentem-se mais confortáveis a caminhar sobre quatro patas, a correr e, especialmente, a nadar. Efetivamente, podem nadar longas distâncias durante o dia, nadando em média 155 km, o que é um feito incrível. São considerados mamíferos marinhos devido à quantidade de tempo que passam na água. De todos os habitats, o seu preferido é o mar gelado do círculo polar ártico, onde existem muitos pequenos arquipélagos. Como mencionado anteriormente, os ursos-polares são carnívoros e têm 42 dentes impressionantes para o provar. Quando estão em terra, é normalmente para caçar. As presas mais comuns incluem as diferentes focas do hemisfério norte, belugas e morsas jovens.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
20 min	**Apresentação do tópico** — Compreender a forma como os animais se adaptam ao e sobrevivem no ambiente. Que animais são estes?
20 min	**Apresentação do tópico** utilizando a apresentação do PowerPoint intitulada «C4. Proteção contra o calor e o frio». Atividade principal — Discussão com a turma. Pergunta 1 — Observando a natureza, que espécies têm a capacidade de se proteger do frio extremo e do calor intenso? Conseguem indicar, pelo menos, três espécies de cada? Pergunta 2 — Como é que o pinguim combate o frio? Pergunta 3 — Que animal consegue sobreviver no frio extremo? Vejam este vídeo e verifiquem a quantas das perguntas acima responderam corretamente. How Do Animals Survive in the Arctic? ❄ — Animals for Kids — Educational Video
5 min	**Resumo das aulas** — Como conseguem os animais proteger-se a si mesmos e sobreviver em condições de calor e frio extremos?

Referências, hiperligações e bibliografia:

How Do Animals Survive in the Arctic? ❄ — Animals for Kids — Educational Video

Adaptation in Animals: Polar Bear, Penguins, Tropical Animals, Video, Q&A

How Do Animals Survive the Cold? Antifreeze and Fur Are Just the Beginning

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C5. Proteção contra o frio

Duração da aula: 90 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Proteção contra o frio», p. 143
Vídeo do YouTube
Computador para investigar e produzir

Objetivos de aprendizagem:

- Aprender sobre o biomimetismo e sobre a forma como os animais inspiram a humanidade para resolver problemas;
- Pesquisar sobre animais que inspiraram a humanidade com as suas características de proteção contra o frio.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

O objetivo é reconhecer a singularidade das características dos animais, que inspiram a construção de muitas das coisas que utilizamos no nosso dia a dia.

Os alunos têm de ser capazes de investigar sobre animais que são uma inspiração para o ser humano, em relação às suas capacidades de se protegerem contra o frio.

Como produto final, será pedida uma apresentação oral, seguida de uma ficha de trabalho com diretrizes sobre o animal investigado pelos alunos.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
15 min	**Visualizar e compreender a mensagem do vídeo:** Biomimicry for Young Children — Animals in Snow.

35 min	**Parte principal:** 1. Dividir a turma em pequenos grupos: – Descobrir a definição de biomimetismo; – Identificar os animais referidos no vídeo; – Identificar a construção que foi inspirada nos animais referidos. 2. Pequena apresentação à turma com as descobertas — Momento de diálogo/discussão sobre a importância da natureza como uma inspiração. 3. Em grupos, realizar uma pesquisa sobre outros animais que se protegem do frio, a forma como o fazem e como inspiraram o ser humano a criar situações semelhantes. 4. Cada grupo apresenta a sua investigação à turma.
40 min	**Resumo:** Biomimetismo — Animais na neve: como lidam com o frio?

Referências, hiperligações e bibliografia:

11 awesome technologies Inspired by animals

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C6. Proteção contra o calor

Duração da aula: 90 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Proteção contra o calor», p. 144
Vídeo do YouTube
Computador para investigar e produzir

Objetivos de aprendizagem:

- Aprender sobre o biomimetismo e sobre a forma como os animais inspiram a humanidade para resolver problemas;
- Pesquisar sobre animais que inspiraram a humanidade com as suas características de proteção contra o frio.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

O objetivo é reconhecer a singularidade das características dos animais, que inspiram a construção de muitas das coisas que utilizamos no nosso dia a dia.

Os alunos têm de ser capazes de investigar sobre animais que são uma inspiração para o ser humano, em relação às suas capacidades de se protegerem contra o frio.

Como produto final, será pedida uma apresentação oral, seguida de uma ficha de trabalho com diretrizes sobre o animal investigado pelos alunos.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
15 min	Visualizar e compreender a mensagem do vídeo: See How Termites Inspired a Building That Can Cool Itself | Decoder.

35 min **40 min**	1. Dividir a turma em pequenos grupos: – Identificar os animais referidos no vídeo; – Identificar a construção que foi inspirada nos animais referidos. 2. Pequena apresentação à turma com as descobertas — Momento de diálogo/discussão sobre a importância da natureza como uma inspiração. 3. Em grupos, realizar uma pesquisa sobre outros animais que se protegem do frio, a forma como o fazem e como inspiraram o ser humano a criar situações semelhantes. 4. Cada grupo apresenta a sua investigação à turma. **Resumo:** Biomimetismo — Animais que nos inspiram para lidar com o calor.

Referências, hiperligações e bibliografia:

11 awesome technologies Inspired by animals

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C7. O montículo das térmitas — Um modelo de ar condicionado natural

Duração da aula: 1 hora e 20 minutos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «O montículo das térmitas — Um modelo de ar condicionado natural», pp. 145-147
Vídeo: See How Termites Inspired a Building That Can Cool Itself | Decoder

Objetivos de aprendizagem:

- Aprender sobre o que se encontra no interior de um montículo de térmitas;
- Aprender sobre como os montículos das térmitas regulam a sua temperatura,
- Observar um edifício inspirado nas térmitas, concebido para se arrefecer sozinho;
- Aprender sobre a forma como as térmitas se mantêm frescas.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Nós, os seres humanos, gostamos de nos felicitar pela nossa engenhosidade. No entanto, as criações passivas da natureza, frequentemente, superam o desempenho das nossas tecnologias, as quais gastam dinheiro e energia. E embora os engenheiros e arquitetos possam melhorar as suas criações ao imitar o mundo natural, a natureza tem sempre algo mais para nos ensinar. Este é certamente o caso das térmitas e do ar condicionado. As térmitas implementam uma estratégia inteligente para lidar com amplitudes térmicas elevadas, e os arquitetos inspiraram-se neste princípio para conceberem o Eastgate Centre no Zimbabué. O resultado foi um edifício 90% autónomo e que consome 35% menos de energia do que outros edifícios do país. A história começa em 1992, quando o arquiteto zimbabuense Mick Pearce foi encarregue da construção do Eastgate Centre, um complexo de escritórios e um centro comercial, formado por dois edifícios, na capital do país, Harare. Pearce, no entanto, quis construir mais do que apenas um novo edifício. Quis eliminar o desenvolvimento das grandes centrais de aquecimento e arrefecimento de 300 000 m^2, normalmente necessárias. Pearce já tinha uma solução em mente. Começou a formulá-la uma noite, ao ver a série de história natural da BBC, Life, na televisão. «Vi David Attenborough a trepar no interior da chaminé de um ninho de térmitas na Nigéria», disse ele, percebendo que a evolução já tinha resolvido o problema. Pearce cresceu no Zimbabué e estava familiarizado com estas chaminés. Estas tinham entre 2 e 10 metros de altura acima dos ninhos de térmitas e eram suficientemente fortes para serem utilizadas por elefantes, que procuravam coçar os flancos. Abaixo das chaminés, as térmitas cultivavam fungos como alimento. Embora as térmitas dependessem da capacidade de armazenamento de calor do solo, para ajudar a manter uma temperatura estável, Pearce percebeu que as térmitas também precisavam de respirar. Que *design* elegante. O ar quente gerado pelo ninho e pela produção de fungos, que tinha maiores

concentrações de dióxido de carbono e metano, saia pela chaminé por convecção. À medida que o ar quente saía, puxava o ar fresco da superfície através de túneis de forragem húmida, adicionando vapor de água ao fluxo. A chaminé, aquecida pelo sol, aquecia o ar que saia, contribuindo também para o ciclo de convecção. «O ninho de térmitas era mais quente do que o exterior, particularmente à noite», disse Pierce numa entrevista. «Existe ar que sai subindo pela chaminé, o que puxa ar para o interior, através dos orifícios de forragem. É assim que respiram.»

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
10 min	Apresentação do tópico. O que nos podem ensinar as térmitas em relação ao arrefecimento de edifícios?
35 min	Ver o vídeo e discutir a forma como as térmitas podem regular a sua temperatura e manterem-se frescas: See How Termites Inspired a Building That Can Cool Itself | Decoder. Pergunta 1 — O futuro do ar condicionado pode encontrar-se nos montículos das térmitas? Pergunta 2 — O ar condicionado nos montículos das térmitas é gerado pelo sol, não pelo vento. Conseguem explicar porquê? Pergunta 3 — Como é que as térmitas regulam a sua temperatura?
30 min	Utilizando as cores certas, desenhem um montículo de térmitas, bem como as correntes naturais de ar quente e de ar frio que explicam o engenhoso princípio de termorregulação aplicado pelas térmitas.
5 min	Resumo das aulas — Os alunos devem ser capazes de explicar de que forma as térmitas se mantêm frescas. Porque é que os montículos das térmitas têm um sistema de ventilação?

Referências, hiperligações e bibliografia:

See How Termites Inspired a Building That Can Cool Itself | Decoder

Termite Mounds Inspire Energy Neutral Buildings

What Termites Can Teach Us about Cooling Our Buildings (Published 2019)

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C8. Experiência — O montículo das térmitas

Duração da aula: 1 hora e 20 minutos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Experiência — O montículo das térmitas», pp. 148-150
Jornal, fita adesiva ou fio, farinha ou mistura de cola, tintas, contas de madeira, rolo de papel de cozinha, tesoura e esponjas
Vídeo do YouTube: Termite mounds in Namibia inspire energy-efficient buildings

Objetivos de aprendizagem:

- Observar a forma como as térmitas constroem o seu ninho;
- Compreender a finalidade dos montículos das térmitas;
- A importância dos montículos das térmitas para outros animais;
- Compreender a forma como os montículos das térmitas se mantêm frescos;
- Observar a forma como as térmitas constroem esta grande estrutura.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

As térmitas vivem em África, na Austrália e na América do Sul. Por vezes, os ninhos têm um diâmetro de 30 metros. A maioria dos ninhos encontra-se em áreas bastante secas. Os montículos das térmitas, normalmente, duram mais tempo do que as colónias em si e, se os túneis interiores do ninho estiverem expostos, trata-se de um montículo vazio. Por vezes, outras colónias da mesma raça ou de raças diferentes ocupam um ninho, após as construtoras originais.

A estrutura do ninho pode ser muito complicada. No interior do montículo existe um extenso sistema de túneis e condutas, os quais servem como sistema de ventilação para o ninho subterrâneo. O montículo é construído acima do ninho subterrâneo. O ninho em si é uma estrutura esférica que consiste em inúmeras câmaras e galerias. Os montículos das térmitas magnéticas são altos, finos e em forma de cunha, e têm, normalmente, uma orientação norte-sul.

Estes insetos, com centímetros de tamanho, constroem estruturas complexas, resistentes e com vários metros de dimensão em todo o mundo. A forma como o fazem intriga os cientistas há muito tempo. Atualmente, investigadores da Harvard John A. Paulson School of Engineering and Applied Sciences e do Department of Organismic and Evolutionary Biology desenvolveram um modelo simples, que mostra a forma como os fatores ambientais externos, tais como as variações da temperatura durante o dia, causam fluxos internos no montículo, o qual movimenta sinais, como as feromonas, desencadeando comportamentos de construção nas térmitas individuais. Estas

alterações mudam o ambiente interno, desencadeando novos comportamentos e dando continuidade ao ciclo. O modelo explica a forma como as diferenças no ambiente levam a várias morfologias de montículos de térmitas na Ásia, Austrália, África e América do Sul. Este novo quadro de referência demonstra a forma como regras simples, que relacionam as condições físicas do ambiente e o comportamento animal, podem dar origem a estruturas complexas na natureza. Ajuda a esclarecer questões mais abrangentes sobre a inteligência de enxame e pode servir como inspiração para conceber projetos de arquitetura humana mais sustentáveis. As alterações no fluxo de transportam, para as térmitas no interior do montículo, odores que contêm informação. Estas nuvens de informação — constituídas por feromonas e gases metabólicos, tais como o dióxido de carbono — dizem às térmitas onde precisam de ajustar o montículo. Se, por exemplo, uma secção do montículo estiver demasiado quente, essa alteração de temperatura irá desencadear uma alteração no fluxo de ar, o qual irá levar sinais sobre a construção às trabalhadoras que se encontram nas proximidades. As térmitas irão seguir os seus sentidos, até chegarem a essa secção, e ajustar o montículo para reduzir a temperatura. Essa alteração na temperatura irá mudar o fluxo de ar e as térmitas irão alterar o seu comportamento.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
10 min	**Introdução** — Qual é o significado do montículo das térmitas? Compreender porque térmitas constroem montículos.
20 min	**Atividade 1** — Observar o PowerPoint intitulado «C8. Experiência — O montículo das térmitas» e, depois, ver o vídeo: Termite mounds in Namibia inspire energy-efficient buildings. Como é que as térmitas vivem num montículo? Todas as térmitas constroem montículos? As térmitas deixam montículos de sujidade? As térmitas mordem os seres humanos? Qual é o aspeto dos ninhos de térmitas?
30 min	**Atividade 2** — Os alunos irão desenhar ou criar um montículo de térmitas.
20 min	**Atividade 3** — Após concluir a Atividade C7, imaginar uma experiência que permita destacar as secas causadas pelo calor e pelo frio. À vossa disposição têm: água, tubos em forma de U, recipientes para colocar água e um corante alimentar solúvel em água. Desenhem a estrutura que forem capazes de construir. (Podem pedir ajuda ao professor!)

Referências, hiperligações e bibliografia:

Termite mounds in Namibia inspire energy-efficient buildings

Termite Mound with Termites | Termites, Insects theme, Crafts

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C9. Observação e natureza — A folha

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Observação e natureza — A folha», pp. 151-152
Material visual — Cartões com folhas de árvore laminadas

Objetivos de aprendizagem:

- Descrever a forma das folhas de árvore e os elementos visíveis da mesma;
- Conhecer as funções principais da folha;
- Saber dizer é possível utilizar a estrutura e as funções de uma folha de árvore como exemplo de biomimetismo;
- Tentar imaginar e desenhar a sua própria ideia sobre a estrutura e a função das folhas.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

LISTA DAS FUNÇÕES DA FOLHA

- Fotossíntese — Permite capturar a energia do sol;
- Hidrofobia — Permite que a água escorra;
- Produção de oxigénio;
- Sombra;
- Controlo da temperatura;
- Proteção contra herbívoros;
- Síntese de aminoácidos;
- Absorção de nutrientes;
- Defesa contra secas (espinheiros, suculentas);
- Armazenamento de água (suculentas);
- Enrolar-se — Plantas suspensas e trepadeiras;
- Flutuar — Plantas aquáticas;
- Organização ideal para uma melhor exposição solar;
- Regulação térmica e hídrica por parte das folhas, as quais se tornam muito pequenas e permitem a permanência de uma camada fina de ar em torno do cato.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
5 min	**Introdução.** Atualizar a experiência do aluno. Aprofundar conceitos — Estrutura da folha, funções, biomimetismo e arquitetura. **Perguntas:** «O que é que os alunos sabem sobre as folhas de árvore?» «Sabem o que é o biomimetismo?» «O que é "arquitetura"?»
10 min	**Apresentação:** «Observação e natureza — A folha». Discutir cada diapositivo. «O que veem nas imagens?» «O que pensam disso?»
15 min	**Atividade 1 —** Os alunos podem ir até ao exterior, ao parque ou à floresta, ou os professores podem distribuir material visual — cartões com folhas de árvore laminadas — e uma ficha de trabalho. Os alunos exploram as folhas das árvores. O que veem os alunos na folha? — Forma, nervuras, etc. Os alunos desenham, na ficha de trabalho, os elementos que veem nas folhas.
10 min	**Atividade 2 —** O professor assume a tarefa de desenhar a sua ideia de biomimetismo, utilizando os elementos que os alunos veem numa folha.
5 min	**Resumo —** O professor compila os trabalhos desenhados pelos alunos. Os trabalhos são apresentados numa exposição. Os alunos observam os trabalhos expostos. Os alunos são capazes de descrever a forma das folhas de árvore e observar os elementos da mesma. Os alunos conseguem dizer o que é o biomimetismo.

Referências, hiperligações e bibliografia:

When Architecture Mimics Nature

PHOTOS: Beautiful Times Eureka Pavilion Mimics the Structure of a Leaf

Biomimicry of Palm Tree Leaves Form and Pattern on Building Form

La Palme Jumeirah à Dubaï, un incontournable selon le site EXPEDIA

Azerbaijan unveils design of Country Pavilion and breaks ground for Expo 2020 Dubai

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C10. Ampliação da folha e funções da mesma

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: escala — fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Ampliação da folha e funções da mesma», pp. 153-156
Caneta, lupa, bússola, projetor, calculadora solar, iluminação solar para exterior

Objetivos de aprendizagem:

- Compreender as muitas funções das folhas de árvores;
- Encontrar características comuns;
- Compreender o conceito — A folha como coletora de energia.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Na morfologia das plantas, a folha é o órgão especializado na fotossíntese em plantas vasculares. Também é onde ocorre a respiração e a transpiração. As folhas podem especializar-se, em particular, para armazenar nutrientes e água.

História da evolução:

As plantas estabeleceram a conquista da terra durante o período Ordovícico Superior (há cerca de 450 milhões de anos), dando origem às primeiras plantas terrestres. Estas começaram a diversificar-se no final do período Silúrico, há cerca de 420 milhões de anos. Em meados do período Devónico (há cerca de 400 milhões de anos), a maioria das características conhecidas das plantas dos nossos dias já estavam presentes, incluindo as raízes, as folhas e alguns tecidos secundários, tais como a madeira. As primeiras sementes apareceram no final do período Devónico (há cerca de 360 mil milhões de anos). Nesta altura, as plantas já tinham alcançado um nível de complexidade que lhes permitia formar florestas de grandes árvores.

Morfologia das plantas:

A folha está inserida nos caules das plantas através dos nós. A figura associada mostra as várias partes da folha: um limbo plano, frequentemente com um pecíolo que liga a folha ao caule, o qual se alarga, por vezes, formando uma estípula. O pecíolo pode ser ausente e, nesse caso, diz-se que a folha é séssil.

Fotossíntese:

Cada planta deve a sua sobrevivência a um fenómeno complexo de trocas com o ar ambiente, com a água no solo e com a energia solar. A folha está no centro de todos os processos químicos vitais. A planta ativa as suas trocas químicas, graças à energia do sol. Para produzir hidratos de carbono, a folha captura CO_2 do ar. A «captura» é realizada através de poros microscópicos, chamados «estomas», que existem, aos milhares, no lado inferior da folha. Os estomas sugam o ar e enviam-no para a seiva. Quando as moléculas de CO_2 entram em contacto com a seiva, dissociam-se naturalmente em moléculas de oxigénio, as quais a planta liberta, retendo as moléculas de carbono. As moléculas de carbono associadas ao hidrogénio da água são transformadas em hidratos de carbono. Estes nutrientes são armazenados no tronco durante o verão para responder melhor às necessidades energéticas relativas ao desenvolvimento de novas folhas na primavera. Alguns destes hidratos de carbono são armazenados na forma de células de madeira no tronco ou caule. Para desempenhar o seu papel, a folha é, geralmente, constituída por um limbo fino, plano e aéreo — o limbo da folha — o qual permite expor uma superfície máxima à luz.

Número hipotético de folhas em árvores grandes:

As macieiras grandes têm entre 50 e 100 000 folhas e as bétulas têm, em média, 200 000 folhas. Um carvalho adulto pode ter 250 000 folhas. Se colocarmos 700 000 carvalhos adultos lado a lado, estas 700 000 folhas cobririam uma superfície de 700 m^2. Alguns olmos adultos podem ter até 5 milhões de folhas.

A filotaxia [do grego antigo φύλλον (*phýllon*), «folha», e τάξις (*táxis*), «ordem»] é a ordem na qual as folhas ou ramos existem no caule de uma planta, ou, por extensão, a ordem dos elementos de um fruto, flor, botão ou capítulo.

Projeto InSitu — A disposição e a orientação dos edifícios baseiam-se nos mesmos princípios organizacionais que as plantas. Tal como as folhas, os apartamentos beneficiam da luz solar direta. Esta disposição foi calculada por um algoritmo biomimético, que permite otimizar a densidade e os ganhos de calor solar do edifício.

Duplo benefício:

Reduz-se o consumo de energia, ao utilizar a energia passiva do sol, e melhora-se a saúde dos utilizadores, ao regular o seu biorritmo. A folhagem das árvores está organizada na forma de estruturas fractais (imagem de canópias do arquiteto japonês).

Síntese de aminoácidos:

Para além da produção de hidratos de carbono, a folha é a ferramenta dedicada à síntese de aminoácidos.

Evapotranspiração:

A folha também é a base da circulação da seiva na planta, através do efeito de evapotranspiração. Quando a luz do dia é intensa, os estomas abrem-se ao máximo para capturar CO_2, mas também para libertar água em abundância. Esta perda de água através da folha cria uma força de sucção, que tem o efeito de fazer subir a seiva desde as raízes. A evapotranspiração permite que a planta absorva do solo os nutrientes de que necessita. Para operar a sua «fábrica química», a planta utiliza a energia da luz solar através do processo complexo da fotossíntese. Este processo baseia-se principalmente nos pigmentos fotossintéticos da clorofila (a cor verde das folhas).

A cor verde da clorofila atua como catalisador de energia na reação que produz os hidratos de carbono. A energia é necessária para quebrar as ligações do dióxido de carbono e da água, por um lado, e criar ligações entre as moléculas de glucose, por outro lado. A fotossíntese transforma, então, a energia solar em energia química.

Produção de oxigénio:

Globalmente, as algas e o fitoplâncton marinho produzem a maior parte do oxigénio, seguidos das florestas. Durante muito tempo, pensou-se que apenas os mares frios e temperados tinham um equilíbrio de oxigénio positivo, mas um estudo de 2009 mostra que os oceanos oligotróficos subtropicais também produzem oxigénio, ainda que esta produção seja sazonal e irregular. Assim, estes oceanos desempenham a função de sumidouros de carbono. No sul do hemisfério norte, a produção de oxigénio é baixa no início do inverno, aumenta até agosto e, depois, reduz no outono. Semelhantemente, acreditou-se durante muito tempo que o oxigénio era produzido apenas em camadas muito superficiais do oceano, embora também exista nanoplâncton fotossintético, geralmente, a viver a maiores profundidades.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
8 min	**Introdução** — Discutir o conceito de biomimetismo com os alunos. Introdução à diversidade das folhas de árvore e das suas muitas funções. Ver o vídeo sobre o processo fotossintético: Photosynthesis | The Dr. Binocs Show | Learn Videos For Kids
15 min	**Atividade 1** — Dividir os alunos em grupos de três elementos. Ir para o exterior e encontrar três tipos diferentes de folhas. Distribuir a ficha de trabalho aos alunos. Explorar características comuns e diferentes. Escrever e preencher uma ficha de trabalho. Discutir os resultados da primeira atividade. Pergunta 1 — Que características comuns conseguem reconhecer? Pergunta 2 — Que características são diferentes?
10 min	**Atividade 2** — Utilizando uma bússola, determinar os lados norte e sul. Investigar a existência de ramos de árvore em cada um dos lados. Investigar e escrever, na ficha de trabalho, as conclusões desta atividade: porque é que existem mais ramos voltados para sul do que para o norte?
10 min	**Atividade 3** — Palavras-chave: construção de casas, painéis solares. Como podem relacionar estas palavras com as folhas das árvores? Desenhem a vossa ideia na ficha de trabalho!

2 min	**Conclusões —** Os alunos concluem que o princípio norte-sul é utilizado na construção de casas. É importante garantir que as janelas estão voltadas para sul para que recebam a maior quantidade de energia solar possível.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Ing dep LV

https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-703388242-piedra-decorativa-con-luz-led-solar-para-jardin-lamparas-_JM EN

Kalkulators Milan, 14 ciparu displejs

An Architect's House That Melds Traditional Japanese and Ukrainian Ethos in a Modern Shell EN

Saules baterijas – mājokļa apgādei ar elektrību. Padomi uzstādīšanā LV

Lapas — Vikipēdija LV

How Does Solar Panels Work? Learn how solar powered system work | Solar panels design, Solar panels, How solar panels work

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C11. Fotossíntese artificial — Realidade ou ficção?

Duração da aula: 2 aulas de 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 13-14 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Fotossíntese artificial — Realidade ou ficção?», p. 157-159
Livros, computadores, tablets

Objetivos de aprendizagem:

- Reconhecer um novo domínio da ciência, a biomimética, o seu potencial e as suas ferramentas para a produção de novos materiais;
- Avaliar o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais para ajudar a reduzir o impacto das atividades humanas no ambiente;
- Reconhecer materiais produzidos a partir da observação de materiais naturais, considerando os aspetos do desenvolvimento destes produtos.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Descobrir o que é a fotossíntese ao ver alguns pequenos vídeos. Fazer a pergunta: «Acham que é possível reproduzir a fotossíntese?» Ver um vídeo. Realizar uma investigação orientada, para que os alunos vejam a forma como é possível realizar uma fotossíntese artificial. Investigar se a fotossíntese artificial pode servir como alternativa de combustíveis limpos. É realidade ou ficção?

Os avanços na fotossíntese artificial têm o potencial de transformar radicalmente a forma como as sociedades convertem e utilizam a energia. O progresso científico na investigação sobre a fotossíntese artificial — que se define como sendo a utilização de tecnologia, nomeadamente, a biologia sintética e a nanotecnologia, para capturar luz, transportar eletrões, decompor a água e armazenar o hidrogénio — tem o potencial de transformar, radicalmente, e para melhor, a forma como as sociedades convertem e utilizam energia. A nova tecnologia tem o potencial, a longo prazo, de transformar o planeta tão radicalmente, tornando-o mais sustentável, uma vez que a fotossíntese artificial desenvolvida (sozinha ou combinada com outras tecnologias) é mais eficiente do que a aplicação de uma solução energética fora da rede e sem carbono em todas as nossas estruturas (isto é, edifícios, estradas, veículos). Em Interface Focus de Sovacool & Gross (2015).

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
Aula 1	**Introdução** — Compreender e descobrir o que é a fotossíntese ao ver alguns pequenos vídeos: Photosynthesis	Photosynthesis in plants	Photosynthesis — Biology basics for children	eLearning. Os alunos preenchem a ficha de trabalho, indicando o que aprenderam sobre a fotossíntese ao ver os vídeos. Discussão sobre a importância da fotossíntese para o nosso planeta/pensamento crítico.
Aula 2	**Atividade principal** — Fazer a pergunta: «Acham que é possível reproduzir a fotossíntese?» e debater. A-LEAF: exploring artificial photosynthesis	Shaping Europe's digital future Artificial Photosynthesis	Adam Hill	TEDxStLawrenceU Ver o vídeo e tirar notas sobre o que os alunos compreenderam ao responder às perguntas: a) Definição de fotossíntese artificial; b) Para que é utilizada? c) É realidade ou ficção? **Resumo das aulas — Sustentabilidade do planeta, fotossíntese artificial como alternativa de energia limpa.**

Referências, hiperligações e bibliografia:

Photosynthesis

Photosynthesis | Photosynthesis in plants | Photosynthesis — Biology basics for children | eLearning

Artificial Photosynthesis | Adam Hill | TEDxStLawrenceU

A-LEAF: exploring artificial photosynthesis | Shaping Europe's digital future

Fotossíntese artificial: um futuro próximo — Brasil

The social acceptance of artificial photosynthesis: towards a conceptual framework | Interface Focus

Tópico: Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo

Título da atividade: D1. Árvores/edifícios — Observação e inspiração

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10-12 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Árvores/edifícios — Observação e inspiração», pp. 159-161
Canetas coloridas (marcadores, lápis, etc.)
Vestuário confortável para uma pequena atividade física

Objetivos de aprendizagem:

- Os alunos conhecem a árvore como parte do ecossistema das florestas;
- Familiarizar-se com a estrutura das árvores;
- Ser capaz de ver a oportunidade para utilizar o conhecimento adquirido na construção de edifícios, ambiente urbano.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

As florestas naturais dão-nos muito mais do que pensamos: ervas, frutos e cogumelos comestíveis, flora e fauna diversa, bem como um abrigo refrescante no calor do verão.

As nossas florestas naturais também desempenham um papel importante no funcionamento do seu ambiente. Protegem as terras agrícolas circundantes da desidratação e dos ventos fortes, contribuem para a preservação das nossas reservas de água doce, e capturam e armazenam dióxido de carbono.

Adicionalmente, são o habitat de muitas mais espécies de plantas e animais do que as florestas cultivadas. São constituídas por árvores de diferentes tamanhos, idades e espécies, e muitas delas estão caídas e mortas, sendo aqui onde muitas espécies especiais se refugiam.

Esta diversidade torna as florestas naturais saudáveis, conseguindo, assim, enfrentar os desafios apresentados pelas alterações climáticas de uma forma muito melhor.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
2 min	(A atividade também pode ser realizada no exterior.) Começar por apresentar os diapositivos 1 e 2 da apresentação. Ao mesmo tempo, os alunos ouvem o som do vídeo: Sons da floresta. • Na floresta, observem a natureza e, particularmente, uma árvore. Pensem em todos os serviços que oferecem aos organismos! Prestem atenção às raízes, ao tronco, à e folhagem. O que é que cada uma delas nos pode oferecer a nós e à natureza?
5 min	**Atividade 1** — Após ouvirem os sons da floresta, os alunos falam sobre o que ouviram. • O que ouviram? O que ouviram mais, para além do canto dos pássaros? Estes sons fizeram-vos pensar em quê? Com o que é que os podem comparar?
10 min	**Atividade 2** — Após as discussões, vão explorar as árvores ou observem o diapositivo 3 da apresentação. • Observemos as raízes, o tronco, a folhagem! Ouçam o ruído das árvores! Vejam que árvores foram escolhidas para serem habitadas! Vejam o que cresce nas árvores. Ao mesmo tempo, discutir também sobre cada órgão da árvore, qual é a sua função e por que razão é necessário. Discussão — O que é que a floresta nos pode oferecer? Como podemos ajudar a preservar o ambiente no qual vivemos? Tirem algumas notas na vossa ficha de trabalho!
8 min	**Atividade 3** — Vamos jogar ao jogo «Construir uma árvore»! Build a Tree — A Sharing Nature Game
15 min	**Atividade 4 — Ver o vídeo:** Using Live Oak Trees as a Blueprint for Surviving Hurricanes | Think Like a Tree. • Pensem e sintam como uma árvore! Desenhem a vossa cidade do futuro!
5 min	**Conclusão** — Cada aluno coloca o seu desenho no local indicado. Novamente, discutir a necessidade de árvores e florestas. Os alunos fazem desenhos, nos quais mostram o que compreenderam ao trabalhar durante esta aula.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Build a Tree — A Sharing Nature Game

Meža skaņas, atslābinošs troksnis: putni širp un dzied, kukaiņi un koki

Using Live Oak Trees as a Blueprint for Surviving Hurricanes | Think Like a Tree

Quel modèle pour une ville vraiment vivante ?

Dreaming of the future cities

Tópico: Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo

Título da atividade: D2. Células fotovoltaicas orgânicas

Duração da aula: Físico-química e Ciências Naturais (150 minutos/3 aulas)

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12-13 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Ficha de trabalho dos alunos «Células fotovoltaicas orgânicas», pp. 162-170
Computador, material de escrita

Objetivos de aprendizagem:

- Identificar o sol como fonte de energia renovável;
- Vantagens e desvantagens da utilização de painéis fotovoltaicos;
- Comparar as folhas das plantas com painéis fotovoltaicos.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

As plantas são aliadas poderosas na luta contra o aquecimento global, uma vez que absorvem grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2), reduzindo o aquecimento global. Adicionalmente, assumem a função essencial de sintetizar praticamente toda a energia utilizada no planeta. A folha da planta é o centro do processo fotossintético. Durante a fotossíntese, os pigmentos da folha capturam a energia solar e convertem-na em energia química, na forma de moléculas de açúcar. O processo fotossintético utiliza a luz para combinar o dióxido de carbono e a água a fim de produzir açúcar e oxigénio. Parte da glicose é utilizada como energia para realizar vários processos vitais. A glicose adicional pode ser combinada para formar grandes moléculas de amido e, posteriormente, ser armazenada nas raízes. Estas moléculas são dissociadas em açúcar e utilizadas quando a planta precisa de mais energia do que a que tem atualmente disponível. As moléculas de carbono ligadas ao hidrogénio da água transformam-se em hidratos de carbono. Estes nutrientes são armazenados no tronco, durante o verão, para responder melhor às necessidades energéticas relativas ao desenvolvimento de novas folhas na primavera. Parte dessa quantidade de hidratos de carbono é armazenada para criar as células do caule ou do tronco. Para desempenhar a sua função, a folha é, geralmente, constituída por um limbo fino, plano e aéreo — o limbo da folha — o qual permite expor uma superfície máxima à luz. A anatomia da folha é altamente especializada para a absorção de luz. A camada externa, ou seja, a epiderme, é normalmente transparente à luz visível e as células individuais são frequentemente convexas. A estrutura convexa das células da epiderme permite-lhes agir como uma lente, redirecionando e focando a luz incidente nos cloroplastos adjacentes às paredes laterais das células do parênquima. Isto é comum nas plantas herbáceas e, especialmente, nas espécies tropicais que crescem em florestas (sub-bosque), onde os níveis de luz são muito baixos. O fluxo de energia capturado na fotossíntese (à escala planetária) é cerca de 100 terawatts, o que é aproximadamente 10 vezes superior ao consumo de energia

mundial (integrado num ano). Isto significa que pouco menos de um milésimo da energia recebida pela terra é capturada na fotossíntese e fornece, praticamente, toda a energia na biosfera. Através da energia solar fotovoltaica, é possível produzir eletricidade ao converter uma parte dos raios solares, utilizando células fotovoltaicas. Os painéis fotovoltaicos podem ser utilizados para finalidades domésticas em pequena escala (por exemplo, nos telhados) ou na produção de energia industrial em grande escala. A fotossíntese artificial é uma área de investigação que tem por objetivo imitar a fotossíntese natural das plantas, para converter dióxido de carbono e água em hidratos de carbono e oxigénio, utilizando a luz solar. As árvores capturam a energia solar e o CO_2 para produzir matéria e emitir O_2. Todos os elementos de que precisa são de origem local.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
Físico-química e Ciências Naturais	**Aula 1:** Introdução: Distribuir as fichas da atividade aos alunos. Fazer perguntas sobre o tema: 1. Em que aspetos é que um painel fotovoltaico se assemelha à folha de uma planta? 2. Quais são as vantagens e desvantagens da utilização de painéis fotovoltaicos? Existem alternativas?
50 min	**Atividade 1** — Ver o vídeo com os alunos: Disadvantages and Advantages of Solar Energy. Os alunos podem responder à Atividade 1 em grupos. Preparam uma apresentação oral com os resultados e análises, e partilham-na com a turma. O professor orienta os alunos no desenvolvimento da atividade e esclarece dúvidas.
100 minutos	**Aulas 2 e 3:** Visita de estudo (20 minutos) para observar as folhas das árvores e fotografar algumas delas, à escolha dos alunos. Os alunos apresentam os seus resultados e análises à turma. Os alunos resolvem a Atividade 2 em grupos. Preparam uma apresentação oral com os resultados e análises, e partilham-na com a turma. O professor orienta os alunos no desenvolvimento da atividade e esclarece dúvidas.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Disadvantages and Advantages of Solar Energy

Artificial Leaf Technology Could One Day Power Our World

Tópico: Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo

Título da atividade: D3. A cidade do futuro, uma cidade bioinspirada e regenerativa

Duração da aula: 45 m

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 14-15 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «A cidade do futuro, uma cidade bioinspirada e regenerativa», pp. 171-176
Vídeo do YouTube: OneHome
Discussão — O que é uma cidade do futuro? Como pode Loureiro ser uma cidade do futuro?

Objetivos de aprendizagem:

- Destacar a importância do nosso planeta;
- Refletir no nosso futuro enquanto planeta, na sobrevivência da humanidade e da biodiversidade;
- Repensar os nossos recursos naturais;
- Preparar os alunos para um projeto de trabalho sobre o tema «A minha cidade do futuro».

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Esta atividade tem por objetivo motivar os alunos para o processo de aprendizagem, em relação à observação do nosso planeta e à importância de mudarmos a nossa atitude em termos das nossas ações quotidianas, de modo a construirmos um futuro melhor, enquanto protegemos o nosso planeta Terra único.

Pretendemos reconhecer a singularidade do planeta Terra na nossa galáxia, bem como as suas características únicas, e alertar os nossos alunos para o que está a acontecer ao planeta pela mão da humanidade.

Os alunos têm de ser capazes de reconhecer os danos que a humanidade está a causar ao planeta, ao explorar os seus recursos naturais e ao danificar a nossa atmosfera, água e terra. Têm de ser capazes de compreender que temos de observar o nosso planeta, a natureza e a biodiversidade, e ver o que podemos fazer melhor para sobreviver e viver em uníssono com a natureza.

Esta atividade serve como introdução/motivação para um projeto sobre o tema «Tornar a minha cidade numa cidade do futuro», que será realizado com um percurso de trabalho diferente, no qual os alunos estudarão e prepararão uma apresentação do seu trabalho.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
10 min	Visualizar e compreender a mensagem do vídeo intitulado «OneHome»: - Os alunos tiram notas sobre o que aprenderam ao visualizar o vídeo.
10 min	Atividade oral — Os alunos partilham a sua opinião sobre os destaques do vídeo.
15 min	Com a aplicação Mentimeter, os alunos têm a oportunidade de partilhar a sua opinião, respondendo à pergunta: «O que é uma cidade do futuro?» Segue-se uma discussão de ideias, a identificação das características principais e a visualização de um vídeo como inspiração para a tarefa seguinte. Is Copenhagen the World's Most Sustainable City?
10 min	Utilizando novamente a aplicação Mentimeter, os alunos respondem à pergunta: «Como pode Loureiro ser uma cidade do futuro?» Segue-se uma discussão e a identificação das características principais. Os alunos dividem-se em grupos e trabalham tendo em conta as diretrizes do projeto «Tornar a minha cidade numa cidade do futuro».

Referências, hiperligações e bibliografia:

This is what the future's sustainable cities could look like

Tópico: Biomimetismo — Metodologia

Título da atividade: E1. Na pele de um biomimetista — Vários passos

Duração da aula: 1 hora e 15 minutos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Na pele de um biomimetista — Vários passos», pp. 176-177
Vídeo do YouTube — Why This Train Is the Envy of the World: The Shinkansen Story
Vídeo do YouTube — The world is poorly designed. But copying nature helps.

Objetivos de aprendizagem:

- Colocar-se na pele de um biomimetista e avançar ao longo de vários passos para resolver problemas, inspirando-se na natureza.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Um biomimetista é alguém que oferece soluções ou caminhos, inspirando-se na natureza.

A biomimética, nome cunhado por Otto Schmitt nos anos 50 para se referir à transferência de ideias e analogias da biologia para a tecnologia, produziu alguns dispositivos e conceitos significativos e bem-sucedidos nos últimos 50 anos, mas continua a ser empírica. Mostramos que a metodologia TRIZ, o sistema de resolução de problemas russo (*Theory of Inventive Problem Solving*, «Teoria da Resolução Inventiva de Problemas»), pode ser adaptada para iluminar e manipular este processo de transferência. As análises realizadas utilizando a TRIZ mostram que a semelhança entre a biologia e a tecnologia, nos princípios ilustrados pelas resoluções de problemas, é de apenas 12% e, embora a tecnologia resolva problemas principalmente com a utilização de energia, a biologia utiliza a informação e a estrutura, dois fatores grandemente ignorados pela tecnologia.

A biomimética não é uma nova forma de adaptar ideias da biologia, mas é atualmente empírica na sua abordagem. Se o objetivo é que a mesma seja desenvolvida com base nos sucessos atuais e que seja capaz de servir a nossa sociedade tecnológica, então precisa de algum tipo de regulação, ou melhor, de um conjunto de princípios comuns. Estes princípios existem na TRIZ, e esta área parece ser a mais prometedora para estabelecer uma metodologia transparente que permita o acesso dos técnicos à biologia, a qual, de outra forma, seria vista como um mundo arcano e complexo. Isto acontece porque, embora a TRIZ tenha sido desenvolvida como uma abordagem de sistemas para a engenharia, a biologia é um sistema em si. Os benefícios que serão adquiridos graças à biomimética, para além da expansão das soluções técnicas do ser humano, não são, no entanto, ainda totalmente óbvios. No entanto, conforme sugerido pelo nosso estudo (e também por muitos outros estudos), se as funções e processos biológicos dependessem menos da

energia, as implicações poderiam ser muito significantes. Se desenvolvida, esta alteração na nossa abordagem à tecnologia e à engenharia poderia ser alcançada.

O comboio-bala Shinkansen viaja em vias-férreas de alta velocidade por todo o Japão, a velocidades de 240-320 km/h, transportando milhões de passageiros todos os anos. No entanto, quando foi inicialmente projetado, as altas velocidades geravam a acumulação de uma onda de pressão na frente do comboio. Ao passar em túneis, a onda causava um grande estrondo na saída, incomodando os residentes mais próximos. Os engenheiros tiveram de encontrar uma forma para que o comboio pudesse viajar de forma mais silenciosa, sem sacrificar a velocidade nem utilizar mais energia. Os engenheiros observaram a natureza para reformular o comboio-bala. Repararam na forma como os guarda-rios são capazes de cortar o ar e mergulhar na água para caçar, praticamente sem salpicos. Então, reformularam a frente do comboio para imitar a forma do bico do guarda-rios. Isto não só ajudou a reduzir o ruído e a eliminar os estrondos nos túneis, mas também permitiu ao comboio viajar 10% mais depressa utilizando 15% menos de eletricidade. O guarda-rios é um pássaro que mergulha na água para caçar. Possui um bico pontiagudo e fino, que lhe permite entrar na água, praticamente, sem salpicos. O diâmetro do bico aumenta progressivamente da extremidade até à cabeça, o que ajuda a reduzir o impacto quando o pássaro entra na água. Em 1941, o engenheiro e inventor suíço George de Mestral ficou intrigado pelos frutos da bardana, que se agarravam constantemente ao pelo do seu cão, quando passavam por estas plantas únicas. O que resultou das caminhadas de rotina de George de Mestral, em 1914, é talvez o exemplo de biomimetismo mais conhecido da história, o Velcro©.

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
10 min	**Apresentação do tópico.** O que é um biomimetista? Como é que um biomimetista resolve problemas? A partir da natureza ou criando um modelo? Consultar a apresentação do PowerPoint intitulada: «E1. Na pele de um biomimetista: vários passos».
20 min	**Ver os vídeos abaixo no YouTube:** Why This Train Is The Envy Of The World: The Shinkansen Story The world is poorly designed. But copying nature helps.
20 min	**Atividade 1** — Mostrar a apresentação e algumas ideias inovadoras que tenham sido inspiradas na natureza. 1. Como é que a tecnologia tem sido influenciada pela natureza? 2. Que invenções são inspiradas na natureza? Enumerem seis. 3. O Velcro© foi inspirado em quê?

20 min	**Atividade 2** — Ilustrar as semelhanças entre o guarda-rios e o Shinkansen.
5 min	**Resumo da aula** — O biomimetista utiliza a natureza como fonte de ideias, inovações inteligentes e formas arquitetónicas incríveis.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Why This Train Is the Envy of the World: The Shinkansen Story

The world is poorly designed. But copying nature helps.

Biomimicry: 9 Ways Engineers Have Been Inspired by Nature

Design Inspired by Nature

(PDF) Innovation inspired by nature: Biomimicry

High Speed Train Inspired by the Kingfisher — Innovation — Ask Nature

Papo de Paisagista — Pergunte à natureza — Casa de Valentina | Árvores e arbustos, Engenheiro biomédico, Protozoários

Teaching #KS3 design?

Tópico: Biomimetismo — Metodologia

Título da atividade: E2. Na pele de um biomimetista — Ética e sustentabilidade

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 12-15 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint sobre o tópico preparado pelo professor
Fichas de trabalho dos alunos «Na pele de um biomimetista — Ética e sustentabilidade», pp. 178-181

Objetivos de aprendizagem:

- Compreender a abordagem do biomimetismo;
- Prestar atenção à ética e sustentabilidade de soluções bioinspiradas.

Para professores — Descrição da atividade/base teórica

Tornar-se num biomimetista significa querer resolver uma questão ou responder a uma necessidade de uma determinada forma: em primeiro lugar, que seja compatível com a Terra e com o restante mundo vivo e, em segundo lugar, que seja inspirada no mundo vivo, tanto ao nível do processo técnico, quanto, principalmente, ao nível do funcionamento. O biomimetista questiona-se sempre sobre o «significado» da sua invenção, bem como sobre a ética e a sustentabilidade da mesma. O primeiro passo importante é perceber o que é a natureza e as características principais dos processos naturais, as quais são expressas como leis, estratégias e princípios da natureza:

- A natureza opera a energia solar;
- A natureza utiliza apenas a energia de que necessita;
- A natureza ajusta a forma ao funcionamento;
- A natureza recicla tudo;
- A natureza recompensa a cooperação;
- A natureza depende da diversidade;
- A natureza exige conhecimento especializado local;
- A natureza reduz os excessos de dentro para fora;
- A natureza explora o poder dos limites.

Assim, uma tarefa fundamental da filosofia do biomimetismo é analisar, compreender e avaliar estas afirmações em termos do seu significado, verdade, coerência e abrangência em relação aos conceitos do biomimetismo.

Neste sentido, é necessário compreender que o conceito de seguir a natureza de forma sustentável pode vir a dominar e a substituir o conceito de proteger a natureza. Por exemplo, se os serviços da natureza (ou seja, a produção de energia solar, o ciclo dos nutrientes, a produção de alimentos, a regulação climática, etc.) puderem ser reproduzidos artificialmente, então, podemos concluir que não existem muitas razões pelas quais devamos proteger a natureza, e o biomimetismo tornar-se-ia «*no melhor aliado para uma fraca sustentabilidade*».

Com base nas preocupações referidas acima, a investigação futura e as gerações futuras têm de responder às perguntas seguintes:

i) Como devemos compreender a complementaridade do biomimetismo na prática e quais são as consequências de uma melhor incorporação, mais harmoniosa, das inovações do biomimetismo nos ecossistemas do planeta Terra?
ii) Como deve natureza ser conceitualizada e integrada em criações biomiméticas concretas?
iii) Qual é o caráter ontológico da complementaridade da tecnologia, se esta não é natural no sentido estrito da palavra?
iv) Em que medida é que a ética do biomimetismo deriva da natureza ou é imposta à natureza?

Considerando estas perguntas e preocupações fundamentais, o objetivo desta atividade é colocarmo-nos na pele de um biomimetista para resolvermos um problema, inspirando-nos na natureza, mas, mais importante, para avaliarmos o conceito de biomimetismo.

Os passos principais a seguir são:

1. Analisar o problema;
2. Expressá-lo com palavras simples;
3. Procurar um modelo na natureza;
4. Identificar as razões pelas quais este modelo aborda o problema;
5. Transpor e avaliar.

Ao seguir estes passos, precisamos de nos focar em garantir a natureza ética e sustentável da invenção. Podemos fazê-lo ao questionar e verificar o maior número de pontos possível da lista abaixo:

- Pode ser utilizado para outra coisa quando já não for necessário?
- Não produz resíduos, ou produz resíduos que possam ser reciclados ou reutilizados?
- Utiliza recursos locais e abundantes e consome energia renovável?
- Cria relações de respeito entre seres humanos e o restante mundo vivo?
- Não degrada o ecossistema da Terra, mas melhora-o?

Pergunta para discussão adicional — Pensam que as considerações acima são importantes, ou não? Porquê?

Atividades da aula:

Duração	Atividade/conteúdo principal
3 min	Apresentar brevemente o foco e os objetivos da aula.
5 min	Apresentar o PowerPoint e os vídeos relacionados com a ética e a sustentabilidade do biomimetismo.
5 min	Apresentar o PowerPoint com um ou mais exemplos de biomimetismo. Estes exemplos podem incluir conceitos de biomimetismo sustentável/viável e controverso.
	Atividades principais:
7 min	**Discussão —** Atividade de perguntas e respostas: O que significam os termos «sustentabilidade» e «ética»? Na vossa opinião, porque é que os conceitos de biomimetismo podem ser prejudiciais à proteção ambiental? (Para conseguir uma versão moderada da atividade, simplificar as perguntas ou dar exemplos específicos.)
7 min	**Atividade 1:** *Paralelamente — Discutir com os alunos/responder a perguntas.* Os alunos trabalham nas suas fichas de trabalho individualmente ou em pequenos grupos de 2 a 3 pessoas, com o objetivo de desconstruir o conceito de biomimetismo. (Ajudar os alunos a desconstruir o problema ou propor um conceito predefinido de biomimetismo para reduzir o nível de dificuldade.)
8 min	**Atividade 2:** *Paralelamente — Discutir com os alunos/responder a perguntas.* Avaliar, em grupo, a ética e sustentabilidade do conceito, em termos das declarações e das perguntas de investigação descritas na base teórica e no modelo. (Para aumentar a dificuldade, fazer perguntas de resposta aberta aos alunos, em vez de lhes fornecer uma lista de itens.)
5 min	**Discussão geral e recapitulação:** Avaliação da aula O que aprenderam de novo?

Referências, hiperligações e bibliografia:

Repositório de recursos *online*, https://asknature.org/

Dicks H. (2015): The Philosophy of Biomimicry, Philos. Technol.

Dicks H. (2017): Environmental Ethics and Biomimetic Ethics: Nature as Object of Ethics and Nature as Source of Ethics, J. Agric. Environm. Ethics

Blok V. and Gremmen B. (2016): Ecological Innovation: Biomimicry as a New Way of Thinking and Acting Ecologically, J. Agric. Environm. Ethics

SECÇÃO DOS ALUNOS

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A1. Biomimetismo — Tecnologia ou vida?

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Fichas de trabalho dos alunos
Apresentação do PowerPoint

Base teórica da atividade:

Esta atividade pretende chamar a atenção para a nossa ignorância sobre a natureza que nos rodeia, em benefício de um maior conhecimento do mundo tecnológico.

O objetivo é testar a nossa capacidade de reconhecer seis espécies comuns de animais ou plantas antes de reconhecer seis marcas internacionais famosas, símbolos do nosso mundo artificial.

Recorde a base teórica desta atividade aos alunos para que consigam realizar esta tarefa sozinhos.

Atividades principais:

1. Observa atentamente as imagens abaixo;
2. Discute sobre o que mostram;
3. Tenta responder às simples perguntas abaixo.

Consegues dizer o nome destas espécies? O que sabes sobre elas?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Consegues dizer o nome destas marcas de carros? O que sabes sobre elas?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Que exercício foi mais fácil: reconhecer as espécies de seres vivos ou as marcas? A que conclusão chegaste?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A2. Inspirar-se na natureza, com que finalidade?

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Fichas de trabalho dos alunos
Apresentação do PowerPoint

Base teórica da atividade:

A natureza inspira-nos: poemas, canções, obras de arte e todos os tipos de invenções, de asas de aviões a mãos artificiais.

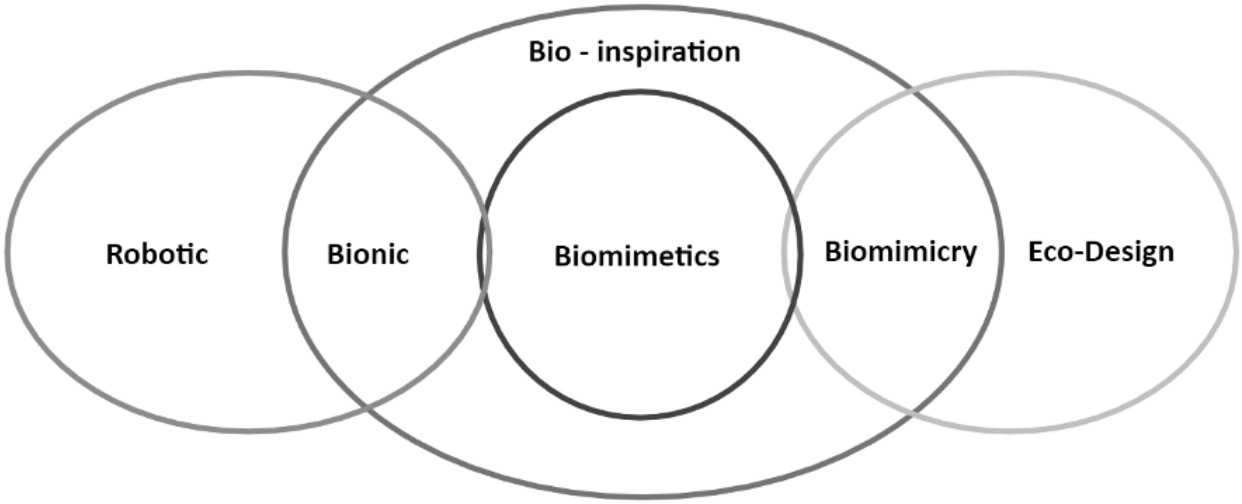
Discute os seguintes exemplos e perguntas.

Correspondem à bioinspiração? Ao biomimetismo? À biomimética? A biónica?

Esta atividade incentiva-nos a questionar a ética das práticas bioinspiradas.

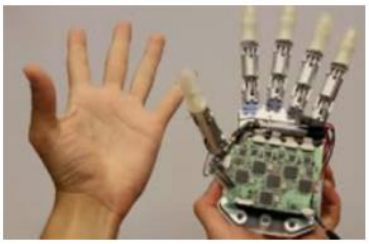
Atividades principais:

1. Observa atentamente as imagens abaixo;
2. Discute sobre o que mostram;
3. Tenta responder às simples perguntas abaixo.



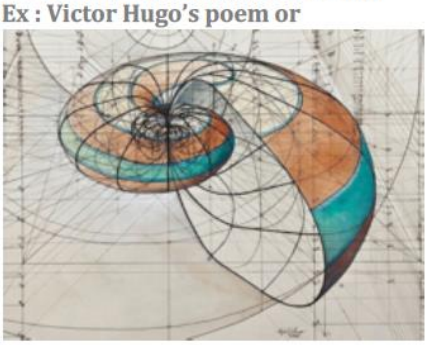
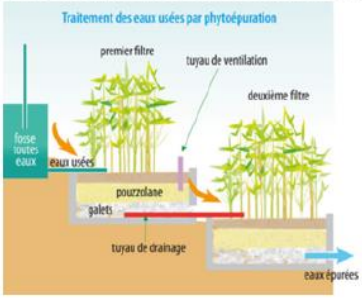
Tenta definir, com as tuas próprias palavras, alguns dos vários termos mostrados acima, por exemplo, bioinspiração, biomimética, biomimetismo, biónica.

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Hand prosthesis 	**Fuselage of a TGV inspired by a kingfisher's beak**
Shark skin / antibacterial coatings Shark skin inspired the development of a special coating on which microbes slide and do not cling. By using it in hospitals to cover floors and walls, much less toxic disinfectants are used. 	**Building in bamboo** Birds build their nests with the materials they find on site: straw, twigs, earth, feathers... A Colombian architect draws on local resources for his constructions: bamboo is an ideal building material. Very resistant, it grows quickly and is available in abundance. It is a material that is both durable and biodegradable.

Discute estes exemplos de inspiração. Envolvem o biomimetismo? A biónica? A bioinspiração?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Work of art : poetry,, music, song **Ex : Victor Hugo's poem or** 	**Pollinating Drone** Drones to pollinate instead of bees: to respond to the hecatomy of bees, precious pollinators, Japanese researchers are manufacturing drones capable of pollinating from flower to flower. (Video) https://www.dailymotion.com/video/x7aeegc
The treatment of waste water by phyto-purification 	**Velcro® / Bardane** The velcro® imitates the many tiny burdock hooks that cling to the hair of animals and thus to the stitches of certain textiles. `

Discute estes exemplos de inspiração. Envolvem o biomimetismo? A biónica? A bioinspiração?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A3. *Overview effect*

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Vídeo
Fichas de trabalho dos alunos
Apresentação do PowerPoint

Base teórica da atividade:

Os astronautas em órbita sentiram um amor profundo pela Terra e compreenderam que todos partilhamos o mesmo lar. Este sentimento chama-se de *overview effect* («efeito de visão geral») e mudou-os para sempre. Utilizando imagens únicas da Terra, capturadas a um milhão de quilómetros de distância pela NASA, a missão da OneHome é levar o *overview effect* a milhões de pessoas. Admirar a Terra a partir do espaço pode mudar-nos. Embora haja uma maior sensibilização ambiental, o que nos separa, infelizmente, parece ser mais forte do que o que nos une. E se uma visão isolada do nosso planeta pudesse fazer com que nos apercebêssemos da nossa sorte e desenvolvêssemos um sentimento de unidade? E se uma visão global do nosso planeta pudesse fazer-nos sentir a inter-relação da vida? E se os limites do nosso planeta, de repente, se tornassem óbvios?

Atividades principais:

1. Vê o vídeo da OneHome com Jean-François Clervoy, um astronauta francês;
2. Discute a sua mensagem principal;
3. Tenta responder às simples perguntas abaixo.

Vê o vídeo da OneHome com o astronauta francês Jean-François Clervoy. Consegues resumir a sua mensagem? Que emoções sentiu ele ao observar a Terra a partir do espaço?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Qual é a nome desta fotografia? Em que ano foi tirada? Quem a tirou?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A4. Nature = Futur ! — Biomimetismo, a vida como modelo

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Vídeo
Fichas de trabalho dos alunos
Apresentação do PowerPoint

Base teórica da atividade:

Descobrir, com os especialistas, a abordagem do biomimetismo, a qual nos permite repensar os nossos métodos de produção, conceção e consumo, para responder aos desafios colocados pelas alterações climáticas, pelo colapso da biodiversidade, pelo esgotamento de recursos da Terra e pela poluição.

Compreender o biomimetismo e respetivas ética e abordagem.

Atividades principais:

1. Vê o vídeo e a apresentação. Tira notas sobre os pontos mais importantes;
2. Discute as mensagens principais;
3. Tenta responder às simples perguntas abaixo.

Vê o vídeo, ouve atentamente e tira notas para que possas responder às perguntas abaixo (página seguinte).

1. Quando surgiu a vida na Terra?

2. Que crises nos convidam a repensar os nossos modos de produção e consumo?

3. A economia do mundo vivo baseia-se na abundância ou na escassez?

4. Por que razão é interessante que a natureza produza à temperatura e pressão ambientes?

5. Porque é que o biomimetismo é descrito como uma abordagem multidisciplinar?

Tópico: A filosofia do biomimetismo

Título da atividade: A5. Dos limites planetários ao biomimetismo

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint
Fichas de trabalho dos alunos

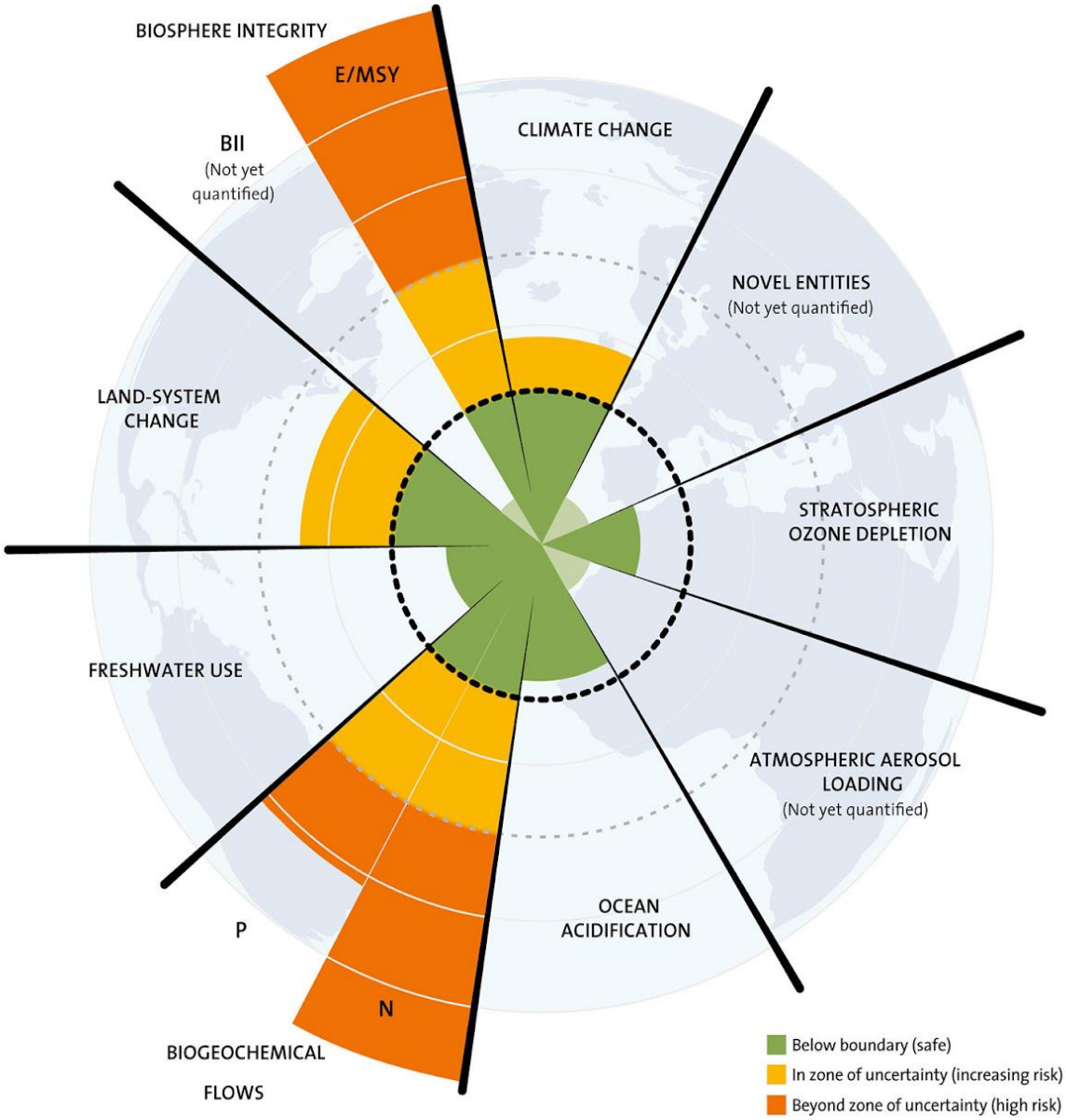
Base teórica da atividade:

Os limites planetários são os limiares que a humanidade não pode ultrapassar para não comprometer as condições favoráveis, nas quais tem sido capaz de se desenvolver e viver de forma sustentável num ecossistema seguro seja, evitando alterações repentinas e difíceis de prever no ambiente do planeta. Selecionaram-se estes nove processos naturais porque, em conjunto, permitem regular a estabilidade da biosfera: alterações climáticas, perda de biodiversidade, rutura dos ciclos biogeoquímicos de nitrogénio e fósforo, alterações no uso do solo, acidificação dos oceanos, utilização global da água, destruição do ozono estratosférico e aumento de aerossóis na atmosfera. Atualmente, sabemos que não poderemos continuar a consumir ao mesmo ritmo que antes, e existem soluções a serem estudadas para podermos encontrar um equilíbrio com a Terra e as restantes espécies. É claro que não existe uma cura milagrosa. Mas, ao observar os seres vivos e a forma como funcionam na natureza, podemos trabalhar em conjunto para nos inspirarmos deles e criarmos invenções e inovações. Esta abordagem científica é chamada de biomimetismo. Envolve não só a invenção ou o aperfeiçoamento de objetos, materiais ou técnicas, mas também a imaginação de formas novas e mais sustentáveis de viver, consumir e produzir. O objetivo é viver com o restante mundo vivo, uma vez que os seres humanos também fazem parte do ecossistema da Terra.

Atividades principais:

1. Vê a apresentação. Tira notas sobre os pontos mais importantes;
2. Discute as mensagens principais;
3. Tenta responder às perguntas abaixo.

Observa o gráfico abaixo para poderes responder às perguntas da página seguinte.



1. Indica quais são os nove limites planetários. Estamos perto de ultrapassar os limites planetários? Já ultrapassámos alguns deles?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

2. O mundo vivo é engenhoso. Os seres humanos podem inspirar-se nos princípios do mesmo para inventar novas formas de viver, consumir e produzir, com o objetivo de respeitar os limites planetários. Quais são estes princípios?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

3. Com as tuas próprias palavras, escreve o que é o biomimetismo. Dá um exemplo.

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B1. O guarda-rios e o Shinkansen

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Fichas de trabalho — Atividade 1, Atividade 2
Apresentação «O guarda-rios e o Shinkansen»
Plasticina, uma bacia, água
Cartões com perguntas sobre o tópico «O guarda-rios e o Shinkansen»

Base teórica da atividade:

Os pássaros são seres que estão muito bem adaptados ao seu estilo de vida e ao ambiente. Um deles é o guarda-rios. O guarda-rios é um pequeno pássaro de cores vivas, encontrado nas regiões tropicais da Terra, tais como a África, a Ásia e a Oceânia. Este pássaro é especialmente interessante no contexto do biomimetismo. Uma equipa de engenheiros inspirou-se no bico deste pássaro para construir a frente do Shinkansen, um comboio muito rápido. Por que razão escolheram este padrão? A construção do bico do pássaro permite-lhe mergulhar sem salpicos nem ondas. A sua forma otimizada permite-lhe caçar com pouca perturbação, devido à resistência aerodinâmica e hidrodinâmica, permitindo-lhe não perder velocidade nem alertar a sua presa ao entrar na água.

O guarda-rios pode aguardar, imóvel e pacientemente, num ramo acima da água, um peixe na corrente do rio. Após ver a sua presa, mergulha na água a velocidades superiores a 40 km/h. Os seus olhos, cobertos por uma membrana transparente e protegidos por um capacete ósseo existente no osso pré-frontal do crânio, permitem que o pássaro mergulhe e veja a sua potencial refeição. As suas penas armazenam ar, o qual facilita a sua ascensão da água, de acordo com o princípio de Arquimedes. Toda a ação — mergulhar na água, apanhar um peixe e vir à superfície — dura apenas dois segundos.

O comboio de alta velocidade japonês Shinkansen liga Osaka e Hakata através de inúmeros túneis. No entanto, nos túneis, o ar é comprimido pelo que a resistência aumenta. Como podemos perder a menor quantidade de energia possível e lutar contra estas mudanças de pressão, que causam inconveniências, em particular, aos passageiros? O primeiro comboio tinha uma forma diferente, que o obrigava a abrandar ao passar em túneis. Se não o fizesse, o tecido dos túneis era afetado. A razão para tal é que o comboio empurrava todo o ar do túnel, o qual, ao sair em grandes massas de ar, gerava um grande estrondo. Os impulsos sonoros poderiam danificar os túneis ou causar o colapso dos mesmos.

Considerando os argumentos descritos acima, os engenheiros decidiram escolher o bico do guarda-rios como padrão. O pássaro mergulha na água, praticamente, sem salpicos. Agora, os comboios com locomotivas de estilo guarda-rios saem dos túneis de forma silenciosa. Mais tarde, ao projetar outras locomotivas de alta velocidade, os engenheiros inspiraram-se no Shinkansen e na cabeça do guarda-rios.

Atividade 1

Parte 1 — Observando o vídeo, forma a cabeça do pássaro com plasticina. Forma um cuboide de 7 cm de comprimento, 3 cm de largura e 3 cm de altura, com plasticina.

Parte 2 — Lança os objetos formados para uma bacia com água, preparada previamente. Fá-lo a partir da mesma altura e com a mesma força. A cabeça do pássaro deve ser lançada para a água da mesma forma que o pássaro mergulharia. Semelhantemente, o cuboide deve ser lançado para a água a partir do lado mais largo.

Parte 3 — Observa o comportamento da água ao lançar os objetos. Responde às perguntas abaixo.

1. O que observas ao lançares a cabeça do pássaro para a água?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

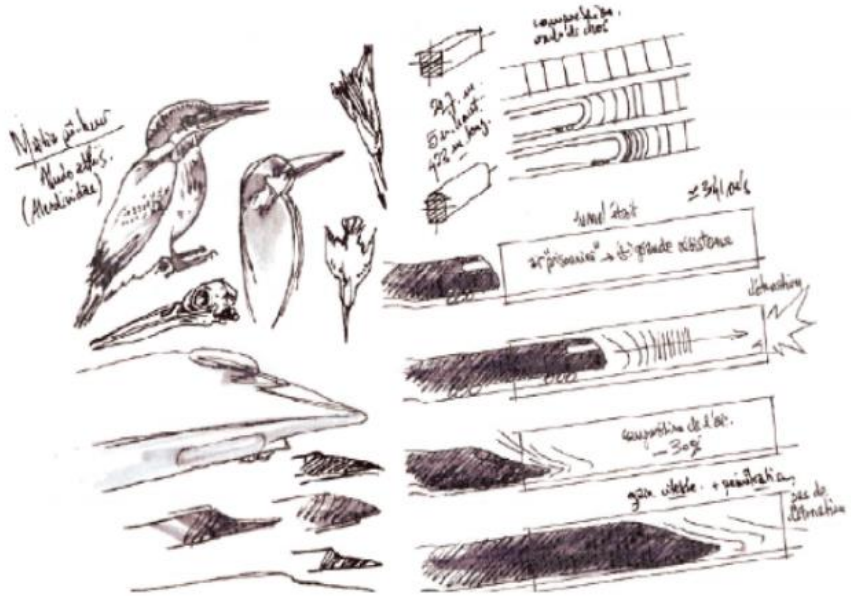
2. O que observas ao lançares o cuboide para a água?

(Escreve a tua resposta abaixo.)

3. Compara os efeitos do lançamento dos objetos para água.

(Escreve a tua resposta abaixo.)

Atividade 2



Com base nos desenhos seguintes, desenha o perfil do guarda-rios e do comboio Shinkansen!

Referências, hiperligações e bibliografia:

Holmes Hannah, «Blaze of blue. Kingfishers», National Geographic, 2009

Kruszewicz. A. «Polish birds», Multico 2005

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B2. O coral e o cimento

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: escala — fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10-11 anos

Materiais/equipamento:

Jogo no Wordwall
Apresentação «O coral e o cimento»
Ficha de trabalho — Atividade 1, Atividade 2

Base teórica:

Biomimetismo

O biomimetismo traz soluções potenciais para os nossos problemas atuais, mas também uma nova imaginação coletiva, baseada na reflexão sobre a abundância e engenhosidade das formas de vida. Destaquemos, então, a nossa interdependência em relação à biodiversidade, para possibilitar a emergência de relações novas e mais capazes com seres vivos não seres humanos. Estas envolverão, particularmente, a partilha justa de recursos e espaço, o respeito e a aceitação de todas as formas de diversidade, e a não redução de seres vivos a qualquer forma de utilitarismo.

Corais

Os corais vivem em colónias formadas em atóis e recifes de coral, localizados em mares quentes. Constroem esqueletos ao longo da sua vida. Dependendo da espécie, assumem várias formas, cores e consistências. Os corais absorvem carbono e cálcio dissolvido na água do mar e transformam-no em carbonato de cálcio através de uma reação química. O minério produzido chama-se aragonite. O coral forma um cimento de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) a partir do dióxido de carbono (CO_2).

Eco-cimento

Os cientistas criaram **eco-cimentos**, um novo tipo de material que absorve, à medida que seca, o CO_2 contido no ar, e no qual podemos incorporar resíduos (por exemplo, cinza). Estes novos cimentos ajudam a reciclar resíduos e a capturar carbono (os edifícios passam a ser sumidouros de carbono). Uma empresa californiana, a Calera, produz material de construção semelhante ao do esqueleto do coral. O CO_2 utilizado vem de uma central elétrica próxima. Embora a indústria de cimento tradicional seja uma grande emissora de CO_2, a Calera obtém cimento ao capturar as emissões de CO_2 das centrais. O dióxido de carbono deixa de ser o problema e passa a ser a solução.

O cimento (e o ciclo do carbono)

Ao longo da história do nosso planeta, quantidades enormes de carbono foram capturadas em calcário, sedimentos e hidrocarbonetos, através da atividade do mundo vivo; os moluscos e crustáceos utilizam-no para construírem as suas conchas e as árvores transformam-no em material lenhoso. Uma solução para o problema da acumulação e de produção de resíduos de dióxido de carbono (CO_2) seria imitar a natureza e incorporá-lo nos materiais de construção. Ao imitar o comportamento da natureza, que recicla todos os materiais, podemos até sonhar com cidades totalmente recicláveis.

Atividade 1 — Vamos ver um vídeo sobre os corais e as suas capacidades!

1. Que problema acham que as pessoas poderiam utilizar para aprender sobre as capacidades de construção dos corais?

2. As pessoas utilizaram a experiência dos corais para: (Assinala as respostas apropriadas.)

___ criar eco-cimentos, um novo tipo de material que absorve o CO_2.

___ criar novos cimentos, ajudando a reciclar resíduos e a capturar carbono (os edifícios passam a ser sumidouros de carbono).

___ produzir material de construção semelhante ao do esqueleto do coral.

___ imitar a natureza e incorporá-la nos materiais de construção.

Atividade 2 — Desenha os locais onde utilizarias este tipo de cimento! Quais são as tuas ideias?

Referências, hiperligações e bibliografia:

Coral: What is it?

How Do Corals Build Reefs? | California Academy of Sciences

Koraļļi — Vikipēdija

Biomimicry: Using Nature's Perfect Innovation Systems To Design The Future

Brent Constantz būvē cementu tāpat kā koraļļi — Cits — 202

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B3. Picar como um mosquito

Duração da aula: 45 min

Nível de dificuldade: escala — fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10 anos

Materiais/equipamento:

Jogo no Wordwall
Ficha de trabalho — Atividade 1
Workshop — Atividade 2
Apresentação «Picar como um mosquito»
Vários tipos de agulha, uma laranja ou uma maçã

Base teórica da atividade:

A probóscide da fêmea é constituída por um aparelho bucal ou estilete (maxila, lábios, hipofaringe) com funções sugadoras, envolvido por um lábio flexível (i) que se dobra para cima no momento da picada. O mosquito pressiona o estilete na epiderme até chegar aos vasos capilares, graças às mandíbulas que perfuram a pele e permitem que o tubo permaneça imóvel durante a recolha de sangue. O estilete delimita dois canais: um (canal salivar) formado pela hipofaringe, através do qual é injetada saliva anticoagulante, e outro (canal alimentar) ao nível do labro, através do qual é recolhido o sangue que, se infetado, contaminará o mosquito. O volume de sangue recolhido varia entre 4 e 10 mm^3 em 1 a 2 minutos. De acordo com o *site* da American Mosquito Control Association, a recolha de sangue média é de 5 milionésimos de litro; o inseto ingere 5 mg de sangue, o que é o dobro da sua própria massa, uma vez que pesa em média 2,5 mg. Se um dia receber uma injeção indolor, será graças à nova microagulha que estará disponível no mercado num futuro próximo. Esta agulha inspira-se nos mosquitos. O motivo? O motivo é que o inseto, provavelmente o menos amado no reino animal, é a fonte de inspiração da nova investigação realizada por cientistas na Ohio State University (OSU).

Uma agulha inspirada na natureza

«A razão pela qual vemos a natureza como uma pista é que a natureza atravessou um longo período de evolução para descobrir os métodos mais simples e eficazes», disse Bharat Bhushan, professor de engenharia mecânica na OSU. «Neste trabalho, o que nos interessou foi a forma como os mosquitos picam, porque conseguem fazê-lo durante vários minutos sem que sintamos alguma coisa. Pretendíamos utilizá-lo para ver se poderíamos desenvolver uma microagulha indolor.»

Analisar a forma como os mosquitos picam

Até agora, não desenvolveram um protótipo desta agulha. O que fizeram foi observar mais de perto os componentes que permitem aos mosquitos picarem pessoas sem que estas sintam desconforto. Os mosquitos utilizam uma combinação de quatro substâncias. Estas incluem a utilização de um agente anestésico baseado em saliva durante o processo de picada, uma agulha com *design* serreado durante o processo de perfuração e uma combinação de partes moles e duras na probóscide, a parte sugadora alongada do inseto. Esta combinação permite ao mosquito perfurar a pele com apenas um terço da força necessária para utilizar uma agulha artificial, enquanto o agente anestésico permite que o mosquito pique sem que o alvo sinta a picada.

Com base nesta investigação, Bhushan sugere que seria possível criar uma microagulha com duas agulhas. Uma que injetaria um agente anestésico e outra que recolheria o sangue ou injetaria um medicamento. Esta segunda agulha, que também teria uma extremidade serreada, tal como a probóscide de um mosquito, seria mais flexível e mole nas extremidades e laterais e vibraria após inserida. Este investigador diz que os materiais e a tecnologia que permitirão criar esta agulha já existem.

Atividade 1

Vê o vídeo surpreendente de uma picada de mosquito! Escreve as tuas respostas!

1. **Descreve uma picada de mosquito!**

2. **Desenha um mosquito, indicando onde se encontram o lábio e o fascículo!**

3. **Uma empresa inspirou-se no mosquito para desenvolver agulhas médicas. Na tua opinião, quais foram as razões dos engenheiros para escolherem este modelo biológico?**

Atividade 2

Imagina que és um médico e que tens de injetar um medicamento ou realizar análises ao sangue.

Vamos experimentar!

Escolhe vários tipos de agulhas, faz uma injeção numa maça ou análises ao sangue numa laranja.

Escreve a tua opinião!

Como achas que uma picada de mosquito pode melhorar o futuro?

Referências, hiperligações e bibliografia:

How Mosquitoes Use Six Needles to Suck Your Blood | Deep Look

Mechanism of a Mosquito Bite

Mosquito bite helps create the ideal injection needle

Biomimicry: What We Can Learn from Nature

Picar como mosquito

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B4. Colorido como uma borboleta *morpho*

Duração da aula: 1 hora e 5 minutos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 14-16 anos

Materiais/equipamento:

Microscópios, placas de Petri, sondas, papel de desenho, lápis, livro com imagens das escamas das borboletas, caixa de lápis, papel branco, lanternas

Base teórica da atividade:

Morpho é um género de borboleta com 80 espécies conhecidas. O tamanho destas borboletas varia entre 7 e 20 centímetros e estas encontram-se principalmente em regiões tropicais, tais como a América Central e do Sul. As *morphos* adultas alimentam-se exclusivamente do sumo de frutas em apodrecimento. O ciclo de vida estimado da borboleta *morpho* é de, aproximadamente, quatro meses e meio. As borboletas *morpho* são notáveis pela cor extremamente vibrante dos machos da espécie, que é normalmente um azul ou verde metálico.

As borboletas *morpho* azuis não utilizam pigmentos para criar a cor azul viva das suas asas. Em vez disso, as suas asas têm uma microestrutura em camadas, a qual faz com que as ondas de luz que chegam à superfície da asa difratem e interfiram umas com as outras, cancelando ondas luminosas de certas cores e intensificando e refletindo outras, tais como as azuis.

1. O que é uma *morpho*? Porque é que a borboleta *morpho* desenvolveu esta cor?

   (Escreve as tuas respostas abaixo.)

2. O que dá à borboleta a sua cor azul?

   (Escreve as tuas respostas abaixo.)

3. Como nos podemos inspirar ao ver o vídeo «Nature = Futur» sobre a borboleta solar? Porque é que o investigador Serge Berthier investiu nesta borboleta?

   (Escreve as tuas respostas abaixo.)

4. Desenha a estrutura da borboleta *morpho*, observando a imagem da página anterior e prestando especial atenção à nanoestrutura da borboleta. Porque é que a borboleta é azul? Esta cor azul encontra-se no material das asas da borboleta ou está relacionada com a difração da luz?

   (Desenha e escreve as tuas respostas abaixo.)

Referências, hiperligações e bibliografia:

What Gives the Morpho Butterfly Its Magnificent Blue? | Deep Look

Nature = Futur ! Un papillon solaire

Structural color of Morpho butterflies: American Journal of Physics: Vol 77, No 11

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B5. Descobrir e desenhar a anatomia das asas

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Apresentação «Anatomia de uma asa de pássaro»
Livro de exercícios — Atividade 1
Vídeo: The Anatomy of Flight

Base teórica da atividade:

As asas dos pássaros são membros anteriores modificados que lhes permitem voar. Similarmente à mão humana, dobram-se em três pontos. Estão cobertas de penas espalhadas de forma adequada e, com a ajuda de músculos cutâneos, funcionam como aviões de carga extensíveis. As asas entram em movimento com a ajuda de músculos peitorais muito fortes e estão fixadas através de uma crista óssea localizada no esterno. As asas dos pássaros são leves, fortes e flexíveis. Têm menos penas do que o corpo e cada pena é muito leve, mas, em conjunto, pesam mais do que o esqueleto. A asa de pássaro está dividida em duas partes maiores, as quais estão divididas em várias partes mais pequenas. As partes mais importantes, em termos de voo, são as rémiges:

- primárias: localizadas na extremidade da asa, permitem a propulsão e a manobrabilidade do pássaro,
- secundárias: localizadas no centro da asa; conferem à asa a forma curva necessária para voar,
- terciárias: parte mais próxima do corpo; reduzem a turbulência do ar,
- polegares: localizadas na frente da asa; permitem estabilizar o voo, em caso de rajadas de vento, e deslizar em segurança a baixas velocidades.

As penas, feitas de queratina, têm uma espinha no centro que se chama «ráquis». Esta parte é oca no centro. As barbas encontram-se nas duas metades da pena. São constituídas por centenas de ramificações chamadas de bárbulas. Uma vez que existem muitos espaços entre estas bárbulas, a pena tem muito ar. A capacidade de voo dos pássaros depende da forma das asas, da proporção e da carga alar.

Vê o vídeo: *The Anatomy of Flight*

1. Desenha uma asa de pássaro, mostrando as rémiges primária, secundária, terciária e polegar.

2. Compara o pássaro e o avião nas várias fases do voo: descolagem, voo, aterragem. Sente-te livre para desenhar.

Referências, hiperligações e bibliografia:

The Anatomy of Flight

Einhard Bezzel, «Birds», Multico Oficyna Wydawnicza 2010 PL

Przemysław Busse «A small zoological dictionary. Birds»' Wiedza Powszechna Publishing House 1990 PL

Bird wing

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B6. História — O desejo de voar, de Leonardo da Vinci à Airbus

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Vídeo: The history of aviation in 11 incredible objects

Base teórica da atividade:

A aeronáutica é um setor que, historicamente, se inspira na natureza. Por este motivo, é fácil de compreender. O ser humano sempre sonhou em voar como um pássaro.

Século XV: Leonardo da Vinci criou a base da aeronáutica. Com a sua mente criativa, onde fervilhavam ideias, e a sua curiosidade insaciável, trabalhou em muitas áreas. A sua sede de inovação e a sua criatividade foram-nos reveladas em todos os manuscritos aos quais temos acesso. A sua busca pela perfeição, na forma como aprendia e compreendia o mundo, levou-o a desenhar muito. As suas reflexões, pensamentos, ideias, projetos com diagramas e desenhos foram registados cuidadosamente em blocos de notas, os quais levava consigo para todo o lado! Durante muito tempo após a sua morte, estes manuscritos estiveram espalhados por todo o mundo. Alguns deles foram perdidos, mas centenas de páginas eventualmente reapareceram algumas centenas de anos após a sua morte.

Guiado pela sua curiosidade e personalidade científica, da Vinci estabeleceu a base da aeronáutica. Durante anos viveu fascinado pela possibilidade de voar, o que resultou em inúmeros planos com comentários e explicações detalhados sobre a construção de máquinas voadoras. Um estudo realizado sobre estes documentos mostra que da Vinci foi uma das primeiras pessoas a estabelecer a base da aeronáutica.

Manuscrito do estudo de Leonardo da Vinci sobre os voos dos pássaros. De acordo com a abordagem científica, começou pela observação: os pássaros são o modelo e uma fonte incrível de conhecimento nesta área e, por isso, recorreu a esse modelo. Através dos manuscritos, compreendemos que da Vinci estudou o batimento das asas e a forma como o pássaro se mantém em equilíbrio e ganha altitude. Durante as suas observações, considerou o impacto do vento na mudança de direção durante o voo! O seu conhecimento em anatomia e mecânica (o estudo dos movimentos e das forças) apoiou o seu trabalho. Depois, fez desenhos de asas mecânicas e de máquinas voadoras, e elaborou diagramas com notas detalhadas.

No seu manuscrito sobre uma máquina voadora (1488), Leonardo da Vinci descreveu as suas observações e conclusões:

- Força de levantamento: causada pela diferença de pressão entre a parte superior e a parte inferior da asa; é a força que contrabalança o peso para apoio.
- Força resistente: é a força da resistência à penetração no ar quando um corpo está em movimento. Tem de ser compensada pela propulsão.

Da Vinci reparou que o batimento das asas não contribuía para a força de levantamento, mas sim para a propulsão. Compreendeu que estas duas forças eram uma função da superfície do objeto. A forma e a velocidade da circulação do ar em torno do objeto são de

extrema importância. Embora a sua máquina voadora não conseguisse descolar, formulou os princípios fundamentais da aeronáutica. É importante referir que a investigação atual sobre *design* e materiais (tanto de aeronaves como de motores) foca-se na otimização da força de levantamento e na redução da força resistente.

O Avião III de Clément Ader (1897), por exemplo inspirou-se nas asas dos morcegos.

A bioinspiração continua a ser uma abordagem em desenvolvimento neste setor, melhorando formas, superfícies ou, até, estruturas materiais de dispositivos. Ao longo dos séculos, os nossos antepassados já imitavam a natureza. Inspiraram-se nas formas existentes na natureza. Entre eles: Leonardo da Vinci (1452-1519) revelou o seu génio não só como cientista extraordinário, mas também como campeão do biomimetismo. O seu lema? «Aprendam com a natureza; é aí que está o nosso futuro». Para desenhar o seu ornitóptero, com o qual esperava que os seres humanos pudessem voar com a força dos seus braços, Leonardo da Vinci observou cuidadosamente o voo de pássaros, morcegos e libélulas. Nada lhe escapou: nem a forma das asas, a função e a disposição das penas, nem a sequência de movimentos para descolar, voar e aterrar. Os vários projetos de máquinas voadoras de Leonardo da Vinci permaneceram na forma de esboços e planos: os materiais de construção que existiam na altura eram demasiado pesados. Nenhum ser humano teria os músculos necessários para fazer voar um protótipo.

Fonte: Bioinspired!

Winglets: descoberta do *winglet* em 1974 na NASA

O *winglet* foi desenvolvido no centro de investigação da NASA em Langley (EUA), em 1974, pelo aerodinamista Richard Whitcomb, também conhecido pelo seu trabalho na área do direito e no perfil da asa supercrítica. Whitcomb publicou o seu trabalho sobre *winglets* em 1976.

A Boeing e os primeiros *winglets*

Em 1985, a Boeing anunciou uma nova versão do B-747, o 747-400, que possuía um maior alcance e uma maior capacidade de carga. A asa deste modelo tinha uma maior envergadura e *winglets* instalados. Encontramos os mesmos ganhos em termos de eficiência energética nos modelos da Airbus. A Airbus desenvolveu *winglets* e *sharklets* para os extremos das asas dos seus modelos. Inspirados diretamente nas extremidades curvas das asas dos velociraptores, os *winglets* aumentaram a força de levantamento das asas do A380 e reduziram a dimensão das asas, mantendo a envergadura das mesmas dentro dos limites permitidos pelos aeroportos dos dias de hoje. Os *sharklets*, mais inspirados nas barbatanas dos tubarões, melhoram a estabilidade e reduzem o consumo de combustível até 3,5%, representando uma redução de CO_2 anual de cerca de 700 toneladas por avião (Airbus, 2012).

Aviação comercial

Os *winglets* têm sido utilizados em muitos aviões a jato para obter os benefícios de uma proporção mais eficaz: reduzindo a distância para descolar e aterrar em aeroportos secundários, e aumentando a altitude de voo.

Não só podem ser instalados em aviões novos, mas também em aviões mais antigos. Os *winglets* têm sido utilizados em aviões comerciais; apenas a Dassault resistiu temporariamente a esta tendência. A Cessna anunciou recentemente uma parceria com a Winglet Technology para testar *winglets* elípticos.

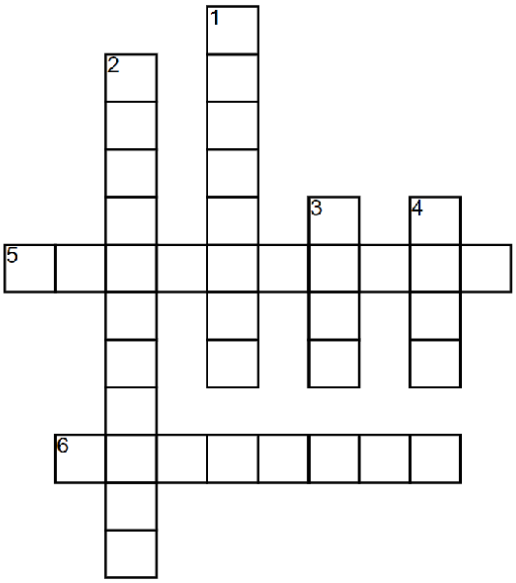
Atividade 1

O ser humano sempre sonhou em voar no ar. Traça, na forma de um friso cronológico, os eventos principais da aviação.

Como inspiração, vê o vídeo: The history of aviation in 11 incredible objects.

Atividade 2

Resolve as palavras-cruzadas.



Across

5. The practice of making technological and industrial design copy natural processes

6. Discovered by NASA scientist.

Down

1. Which activity of birds contributes to their propulsion?

2. Which species of animals did Leonardo da Vinci carefully observe ?

3. It is caused by the difference in pressure between the top and the bottom of a wing, is the force counteracting weight for sustentation.

4. It is the force of resistance to penetration into the air when a body is in motion. It must be compensated by propulsion.

Referências, hiperligações e bibliografia:

The history of aviation in 11 incredible objects

Thermal Engineering

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B7. Voar como um velociraptor

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Fichas de trabalho dos alunos
Apresentação «Os winglets e as asas dos pássaros»

Base teórica da atividade:

***Winglets*: definição**

Winglet — Um *winglet* substancialmente vertical, localizado nos extremos das asas de um avião, reduz o consumo de combustível e aumenta o alcance do voo. Funciona ao reduzir a força resistente da asa induzida pela força de levantamento. Os *winglets* também influenciam grandemente o alongamento efetivo das asas. Podem tornar o voo mais agradável, ajudando a reduzir as vibrações. Ao melhorar o desempenho dos aviões, reduzem o tempo de aceleração dos mesmos e o nível de ruído emitido durante a descolagem e a aterragem. A palavra inglesa continua a ser amplamente utilizada, embora os equivalentes franceses *penne* e *ailerette* tenham sido propostos. Os cientistas da Wroclaw Technical University explicam que os *winglets* se inspiram na vida dos pássaros. Embora os pássaros não dobrem as asas para cima, estendem as penas nas extremidades.

***Winglets*: princípio**

Ultrapassar a gravidade permite voar no ar. A força de levantamento é responsável por ultrapassar a força da gravidade. Mas isto não aconteceria, se não fosse pela estrutura especial das asas. O *design* especial das asas faz com que o ar flua em torno das mesmas em diferentes comprimentos. O comprimento da parte superior é mais longo do que o da parte inferior. Na extremidade da superfície da asa, o ar que flui sobre as asas, vindo de cima e de baixo, encontra-se simultaneamente. Uma vez que cobre comprimentos diferentes, o fluxo de ar superior é mais rápido e o fluxo de ar inferior é mais lento. A diferença de velocidade entre o ar que flui na superfície superior da asa e o ar que flui na superfície inferior causa diferenças de pressão. Quanto menor for a velocidade, menor é a pressão. Assim, o ar da parte inferior das asas levanta o avião. A diferença de pressão entre as superfícies superior e inferior do avião é chamada de força de levantamento. Existe apenas um problema: a asa não tem um comprimento infinito. O ar com maior pressão, vindo da parte inferior da asa, enrola-se para cima na extremidade da asa, criando vórtices de ar chamados de vórtices de ponta da asa, os quais se formam no extremo da asa. Assim, a resistência induzida aumenta. Uma forma de contrariar este efeito é alongar a asa. No entanto, uma proporção maior (com a mesma superfície) provoca um aumento nas forças de flexão e na espessura da asa, aumentando, assim, massa da mesma. É necessário aplicar outra solução. Para evitar os vórtices de ponta da asa, é necessária uma maior potência do motor durante o voo ou a instalação de difusores destes vórtices, ou seja, de *winglets*. Se posicionado corretamente, o *winglet* pode receber alguma da energia do vórtice. Isto aumenta a proporção efetiva da asa e reduz a força resistente induzida pela força de levantamento, sem aumentar a envergadura da asa. Um *winglet* que receba um fluxo de ar oblíquo pode endireitar o fluxo de ar e

desenvolver uma força de levantamento lateral para a frente, cancelando a própria força resistente. Verifica-se o ganho de alguns pontos percentuais de eficiência.

Aerodinâmica dos pássaros

Os pássaros são vertebrados cujos ossos constituem até 10% da sua massa corporal. Possuem ossos ocos, o que lhes permite reduzir a sua massa corporal. Estes ossos são fortes, mas muito leves. O bico dos pássaros é uma extensão do seu crânio, o qual, se fosse mais pesado, impedi-los-ia de voar e deterioraria a sua visão. Estas características contribuem para a leveza do seu esqueleto. Os ossos das asas estão adaptados ao voo e são semelhantes ao braço humano. Os músculos dos pássaros constituem até 40% do seu peso e produzem calor para os manter quentes. Os músculos das patas dos pássaros permitem-lhes propulsionarem-se, enquanto os músculos da caixa torácica permitem-lhes bater as asas e manter-se no ar. Os ossos dos pássaros são principalmente ocos, conferindo-lhes leveza e uma melhor capacidade de voo.

Atividade 1

1. Descreve a forma das asas dos velociraptores e a forma das asas dos aviões.

   (Escreve a tua resposta abaixo.)

2. Pesquisa informação (pergunta ao teu professor, pesquisa na *Internet*, etc.) para explicares a razão pela qual os *winglets* aumentam a eficiência do voo de um avião (redução do consumo de combustível em cerca de 4%).

   (Escreve a tua resposta abaixo.)

Referências, hiperligações e bibliografia:

Thermal Engineering

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B8. Experiência — Força de levantamento de uma asa de acordo com o seu perfil

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Fio
Papel
Fita adesiva
Secador de cabelo
Tripés de metal

Base teórica da atividade:

Ultrapassar a gravidade permite voar no ar. A força de levantamento é responsável por ultrapassar a força da gravidade. Mas isto não aconteceria, se não fosse pela estrutura especial das asas. O *design* especial das asas faz com que o ar flua em torno delas. O comprimento da parte superior é mais longo do que o da parte inferior. Na extremidade da superfície da asa, o ar que flui sobre as asas, vindo de cima e de baixo, encontra-se simultaneamente. Uma vez que cobre comprimentos diferentes, o fluxo de ar superior é mais rápido e o fluxo de ar inferior é mais lento. A diferença de velocidade entre o ar que flui na superfície superior da asa e o ar que flui na superfície inferior causa diferenças de pressão. Quanto menor for a velocidade, menor é a pressão. Assim, o ar da parte inferior das asas levanta o avião. A diferença de pressão entre as superfícies superior e inferior do avião é chamada de força de levantamento.

Os abutres podem dar-nos algumas aulas de aerodinâmica. As variações da pressão de ar nos extremos das asas dos aviões criam vórtices marginais que afetam o desempenho do voo. Estes vórtices criam fluxos de turbulência, que persistem durante longas distâncias atrás do avião. É particularmente perigoso entrar em vórtices produzidos por um avião jumbo. Por este motivo, os controladores de tráfego aéreo definem um período e uma distância de segurança mínimos e aguardam alguns momentos entre descolagens. Ao observar os abutres durante o voo, vemos que estes abrem as rémiges — as penas maiores na extremidade das asas — da mesma forma que nós abrimos os dedos. Os engenheiros aeronáuticos e os biólogos compreenderam que, ao reduzir a resistência exercida pelos vórtices é possível poupar energia durante o voo, tanto no caso dos aviões quanto no caso dos abutres. É por este motivo que podemos ver estruturas voltadas para cima, chamadas de *winglets* e inventadas em 1974 por Richard Whitcomb, engenheiro da NASA, nos extremos das asas dos aviões. Normalmente, existe apenas um *winglet* por asa. Se continuarem a inspirar-se na tecnologia de voo dos abutres, as companhias aéreas poderão reduzir ainda mais o seu consumo de energia e o impacto no ambiente.

Atividade 1

Para testar a relação entre a aerodinâmica e a força de levantamento, vamos realizar várias experiências.

À tua disposição tens: fio, papel, fita adesiva, um secador de cabelo e tripés metálicos.

1. **Descreve as experiências (podes fazer um desenho).**

2. **Manipula!**
3. **Escreve as tuas conclusões abaixo.**

Referências, hiperligações e bibliografia:

TPE: le vol de l'avion-1ère expérience

Tópico: Biomimetismo — Exemplos

Título da atividade: B9. Brilhar como os olhos de um gato

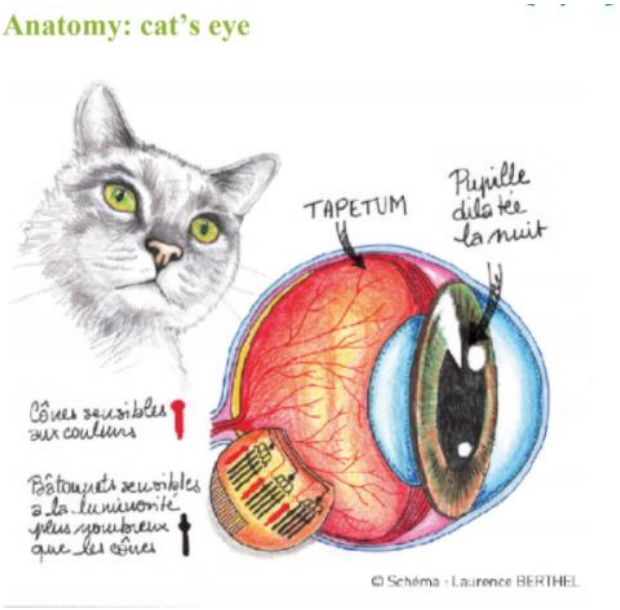
Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Apresentação «Os olhos dos gatos como exemplo de biomimetismo»
Video: All about Cats Eyes (Are We There Yet: Guide to Roads)

Base teórica da atividade:

Os felinos desenvolveram grandemente a visão noturna. Ao se depararem com uma fonte luminosa, como os faróis de um carro, os seus olhos brilham à noite. Os gatos, como todos os felinos, têm uma membrana que reveste a retina, a *tapetum lucidum*. Como um espelho, esta membrana reflete a luz e deixa-a passar uma segunda vez através da retina. Os olhos dos gatos precisam de luz seis vezes menos do que os olhos seres humanos. A retina, o nervo mais concentrado do olho, possui dois tipos principais de células: os bastonetes e os cones. Os bastonetes permitem que os gatos vejam em condições de pouca luz, tais como durante a noite. Em comparação com o olho humano, o olho dos felinos tem 6-8 vezes mais bastonetes. Adicionalmente, os bastonetes permitem aos gatos sentirem o movimento no escuro de forma superior aos seres humanos. Os felinos possuem um maior número de bastonetes, mas muito poucos cones. Os cones são o fator principal que oferece aos gatos a capacidade de perceber e distinguir as cores. Os olhos dos gatos têm três tipos de cones que conseguem determinar a combinação de vermelho, azul e verde. Os cones absorvem principalmente a luz verde e muito pouca luz azul e vermelha. Os felinos veem o seu ambiente em tons de cinzento, mas detetam muito bem o movimento. Os seres vivos adotaram três estratégias principais para se orientarem, caçarem ou comunicarem durante a noite: maximizar a pouca luz natural presente, produzir a sua própria luz (bioluminescência) ou recorrer a outros sentidos que não utilizam a luz. Já reparou que muitos animais, expostos repentinamente à luz, traem a sua própria presença com olhos que se tornam extremamente brilhantes no escuro? As traças, por outro lado, passam facilmente despercebidas, graças às suas córneas muito pouco refletoras. No escuro, algumas espécies amplificam a luz que recebem, outras recolhem o máximo de luz possível sem a refletir e outras exploram comprimentos de onda invisíveis para nós. No caso da maioria dos animais noturnos, uma camada refletora especial chamada *tapetum lucidum* («tapete brilhante») funciona como um espelho que reflete a luz que passou através da retina sem ser absorvida. Quando a luz é dirigida para os olhos de um animal com um *tapetum lucidum*, a pupila parece brilhar. Mesmo uma lanterna pode produzir este brilho visível.



1. Quais são as três estratégias principais, desenvolvidas pelos seres vivos, para se orientarem, caçarem ou comunicarem durante a noite?

2. Os gatos são famosos pela sua visão noturna. No que reparas quando os gatos passam em frente aos faróis de um carro?

3. Os gatos, como todos os felinos, têm uma membrana que reveste a retina, a *tapetum lucidum*. Como um espelho, esta membrana reflete a luz e deixa-a passar uma segunda vez através da retina. Os olhos dos gatos precisam de luz seis vezes menos do que os olhos seres humanos.

4. Que objeto foi inspirado nos olhos dos gatos? (Dica: passamos por este objeto na estrada.)

Referências, hiperligações e bibliografia:

All about Cats Eyes (Are We There Yet: Guide to Roads)

Cat Eyes: Anatomy, Function and Vision

Zintegrowana Platforma Edukacyjna

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C1. Como é que a osga se agarra?

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Utilizar livros, software, apresentações, etc., na sala de aula para permitir a realização de tarefas e atividades

Base teórica da atividade:

A osga é um pequeno lagarto quem tem a capacidade é «trepar» paredes (e andar pelo teto) e cuja inteligência fascina biólogos e físicos. Esta aderência foi estudada e, parcialmente, explicada em inúmeros trabalhos. A razão por trás desta capacidade de se agarrar, são as almofadas especializadas que se encontram nos dedos dos repteis, as quais são compostas por sétulas (estruturas semelhantes a cerdas ou pelos), na extremidade das quais existem pequenas estruturas chamadas «espátulas», cada uma delas com menos de um micrómetro de largura. Isto permite a criação de uma força atrativa, chamada «ligação de van der Waals», entre as cerdas aderentes e a superfície. Uma única espátula tem forças moleculares muito fracas, no entanto, quando combinada com centenas de outras espátulas na sétula, a atração torna-se muito forte. Estas forças são tão fortes que não só suportam o peso da osga, como também o peso de seres humanos robustos — as forças de aderência entre os dedos da osga e a superfície podem suportar seres humanos que pesem até 133 kg. No entanto, uma publicação recente mostra que o animal é muito ágil porque as suas patas são gordurosas!

As patas adesivas da osga são um passatempo para os especialistas da biomimética, uma disciplina que se inspira na natureza para desenvolver novas ferramentas e materiais. Este é o exemplo de uma transferência de tecnologia da vida selvagem para o laboratório. O estudo publicado na revista Interface da Royal Society, realizado por uma equipa da University of Akron, em Ohio (EUA), levantou o último véu da cada vez maior compreensão do fenómeno. Muitos estudos tentaram explicar esta aderência excecional: quebrada e formada até vinte vezes por segundo, a cada passo do reptil. Todos os estudos demonstraram que o segredo, o «truque», reside na floresta de pelos microscópicos, as sétulas, que cobrem a parte inferior das patas. Cada pelo irá, na realidade, interagir à escala nanométrica, suportando uma fração (muito pequena) do peso da osga, graças às ligações de van der Waals, as quais são responsáveis pela atração entre moléculas. A ação combinada de milhões de pelos irá permitir ao animal realizar as suas acrobacias. Adicionalmente, um único dedo é suficiente para a osga permanecer suspensa no teto. A descoberta desta pequena secreção altera profundamente os modelos teóricos da aderência «seca». O princípio, integrado na investigação existente, irá aperfeiçoar o desenvolvimento de materiais biomiméticos, aproximando-os ainda mais dos exemplos encontrados na natureza e aumentando o desempenho dos mesmos.

Atividades principais

1. Descobrir o que é a biomimética ao ver alguns pequenos vídeos.
2. Fazer a pergunta: «Gostariam de ser o Homem-Aranha?»;
3. Ver o vídeo;
4. Realizar uma investigação orientada para que os alunos vejam a forma como a osga consegue trepar paredes, desafiando a gravidade;
5. Pesquisar sobre a forma como a osga pode ser uma inspiração para o ser humano, ao criar novas tecnologias.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Smart materials (1 of 5): Gecko Adhesive fit for Spiderman

Em Pauta — Novidades

Patented Gecko-inspired Technology | Setex Technologies

Gecko-clinging-ability-wet-surfaces-might-inspire-water-resistant-adhesive-tape

Robert_full_learning_from_the_geckos_tail

Ford usa biomimética para pesquisar novas soluções na produção de veículos

Biomimetismo extremo: Ouvido animal inspira olho artificial

Rhaco

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C2. O Velcro© e a bardana

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Fichas de trabalho — Atividade 1, Atividade 2
Apresentação «O Velcro© e a bardana»
Vídeo: Inventing with Plants!
Luvas de malha, floorball, floorball com Velcro©, lupa, fita de Velcro©, brinquedo colorido, Velcro©, bardana

Objetivos de aprendizagem:

- Interpretar o conceito de biomimetismo;
- Explicar a influência da natureza na nossa vida;
- Descrever a estrutura da bardana;
- Estudar a estratégia aplicada pela bardana para aderir ao pelo de cão;
- Explicar o funcionamento do Velcro©;
- Explicar se o Velcro© satisfaz todos os critérios do biomimetismo.

Base teórica da atividade:

Todos conhecem o Velcro©, o sistema de fecho rápido para roupa. A fita de Velcro© é uma invenção do engenheiro suíço George de Mestral. Mas sabia que a sua invenção é uma imitação inteligente da natureza, mais precisamente, dos frutos da bardana?

A história remonta a 1941, quando, ao regressar de uma viagem de caça nos Alpes, George de Mestral teve de retirar imensos frutos de bardana que estavam agarrados à sua roupa e ao pelo do seu cão. A bardana (*Arctium lappa*) é uma planta selvagem cujos frutos se agarram ao pelo dos animais, permitindo espalhar as sementes. George de Mestral teve a ideia de observar o fruto da bardana ao microscópio e notou que as extremidades dos espinhos do fruto tinham a forma de um gancho deformável. Estes ganchos formavam-se ao entrar em contacto com pelo e tecidos com anéis e voltavam à forma original quando puxados da superfície de contacto. Esta observação deu-lhe a ideia de criar um tipo de fecho rápido para vestuário. Após vários anos de desenvolvimento, alcançou os resultados desejados com uma fita de algodão suave e uma fita de poliéster com ganchos. Chamou a sua invenção de Velcro©, uma apócope das palavras francesas *velours* («veludo») e *crochet* («gancho»), apresentou um pedido de patente no início dos anos 50 (registo da marca comercial em 1952) e a produção industrial do Velcro© foi iniciada imediatamente!

Atividade 1

Forma um par com um colega. Calça a luva. Tenta apanhar a bola com uma mão. Apanha as várias bolas. Troca de posição com o teu colega. Após a atividade, responde à pergunta abaixo.

Qual das bolas foi mais fácil de apanhar? Porquê?

Atividade 2

Parte 1 — Vê o vídeo: How Does Velcro Work? | Design Squad e responde à pergunta abaixo.

Como funciona o Velcro©?

Parte 2 — Explora ambos os lados de uma fita de Velcro© com uma lupa. O Velcro© foi inventado por um engenheiro que observou sementes de bardana agarradas ao pelo dos seus cães. Faz um desenho ampliado dos dois lados de uma fita de Velcro© e explica, em algumas palavras, o princípio da aderência, abaixo.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Inventing with Plants!

How Does Velcro Work? | Design Squad

Burdock Thistle | Kids Answers

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C3. Aderência sem cola tóxica

Duração da aula: 55 minutos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: todas as idades

Materiais/equipamento:

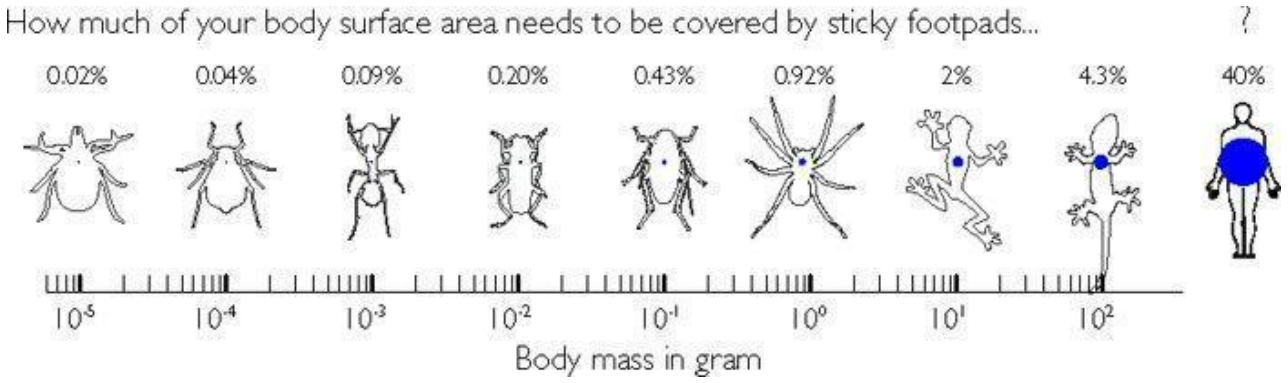
Apresentação
Vídeo do YouTube: Why a Geckos Feet Can Stick to Almost Anything

Base teórica da atividade:

As osgas são oficialmente os maiores animais capazes de se agarrarem a paredes lisas. A capacidade do Homem-Aranha de trepar paredes verticais pode ajudar o lançador de teias a apanhar os vilões nos livros de banda desenhada, mas, na vida real, nunca conseguiria fazer este truque. Um novo estudo, realizado pelos zoólogos da University of Cambridge, descobriu que as osgas são os maiores animais capazes de se agarrarem a superfícies verticais lisas — uma capacidade que requer almofadas aderentes cada vez maiores nas patas, em proporção com a superfície corporal total, à medida que os animais crescem.

As osgas correm nas paredes e aceleram pelos tetos com a ajuda de filas de pelos pequeninos nas suas patas. Estes pelos, chamados de sétulas, geram imensas atrações fracas entre as moléculas das duas superfícies, as quais se ligam para fixar a pata. Adicionalmente, é fácil quebrar e formar as ligações que fixam cada sétula a uma superfície. Assim, ao contrário da cola líquida ou em fita, as patas da osga fixam-se e soltam-se facilmente, uma característica invejada pelos engenheiros mecânicos.

Os cientistas recriaram uma forma de aderência semelhante à das osgas utilizando silicones, plásticos, nanotubos de carbono e outros materiais — mas depararam-se com um problema de escala: A aderência diminui quando a dimensão do adesivo excede alguns centímetros quadrados, limitando grandemente as suas aplicações práticas.



1. Observa a natureza e dá exemplos de organismos vivos (pelo menos dois) que tenham a capacidade de aderirem a superfícies.

2. Observa exemplos de objetos do quotidiano que envolvem a aderência de duas ou mais superfícies. Estes objetos são recicláveis ou reutilizáveis? Como foram fabricados?

3. A cola é, certamente, a forma mais comum de colar objetos. O que pensas sobre a cola? Com que recursos é fabricada?

4. Como se chamam estas estruturas?

Referências, hiperligações e bibliografia:

Why a Geckos Feet Can Stick to Almost Anything

New research investigates the physics of sticky gecko feet

Gecko-inspired adhesives allow people to climb walls

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C4. Proteção contra o calor e o frio

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação
Vídeo do YouTube: How Do Animals Survive in the Arctic? ❄ — Animals for Kids — Educational Video

Base teórica da atividade:

Alguns seres vivos podem sucumbir a queimaduras causadas pelo frio e à hipotermia, tais como as pessoas e os animais de estimação. Evitar o frio é importante para preservar a vida ou membros do corpo (ou a cauda, no caso do gambá), bem como a oportunidade dos animais se reproduzirem. Estes imperativos biológicos significam que a vida selvagem tem de ser capaz de sentir frio para tentar evitar os efeitos prejudiciais do frio extremo. As espécies animais têm o seu próprio equivalente da desagradável sensação humana de tremer, ou sentir formigueiro, que nos impele a nos aquecermos rapidamente para não sofrermos consequências. Na verdade, os mecanismos do sistema nervoso para detetar amplitudes térmicas são praticamente os mesmos entre todos os vertebrados.

Durante o inverno, um dos desafios para os animais de sangue quente, ou endotérmicos, nome pelo qual são cientificamente conhecidos, é manter a sua temperatura corporal interna em condições frias. No entanto, é interessante que os limites da sensação térmica podem variar consoante a fisiologia Por exemplo, um animal de sangue frio — ou seja, ectotérmico — como, por exemplo, uma rã, sentirá frio a temperaturas muito mais baixas, em comparação com um rato. Investigações recentes mostram que os mamíferos hibernantes, como o esquilo listrado, não sentem o frio até temperaturas mais baixas do que os animais endotérmicos que não hibernam.

Os ursos-polares (*Ursus maritimus*) não são só um dos animais mais bonitos do mundo. Também são extremamente interessantes a partir de uma perspetiva científica, uma vez que vivem no círculo polar ártico estando, assim, adaptados para sobreviver num dos climas mais extremos do mundo. Já alguma vez te perguntaste como é que os ursos-polares sobrevivem no oceano Ártico? Os cientistas passaram muitos anos a investigar a forma como os ursos-polares mantêm o seu calor corporal e a forma como funciona o seu pelo. Os ursos-polares pertencem ao mesmo género que os ursos-negros e os ursos-pardos, o que significa que estão mais relacionados com estas espécies. De todos os habitats, o seu preferido é o mar gelado do círculo polar ártico, onde existem muitos pequenos arquipélagos. Como mencionado anteriormente, os ursos-polares são carnívoros e têm 42 dentes impressionantes para o provar. Quando estão em terra, é normalmente para caçar. As presas mais comuns incluem as diferentes focas do hemisfério norte, belugas e morsas jovens.

Atividades principais

1. Observando a natureza, que espécies têm a capacidade de se proteger sozinhas do frio extremo e do calor intenso? Conseguem indicar, pelo menos, três espécies de cada?

   (Escreve as tuas respostas abaixo.)

2. Como é que o pinguim combate o frio?

   (Escreve a tua resposta abaixo.)

3. Que animais conseguem sobreviver no frio extremo?

   (Escreve as tuas respostas abaixo.)

Referências, hiperligações e bibliografia:

How Do Animals Survive in the Arctic? ❄ — Animals for Kids — Educational Video

How Do Animals Survive the Cold? Antifreeze and Fur Are Just the Beginning

Adaptation in Animals: Polar Bear, Penguins, Tropical Animals, Video, Q&A

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C5. Proteção contra o frio

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Vídeo do YouTube
Computador para investigar e produzir

Base teórica da atividade:

Biomimicry 101 — Examples of How We Copied Nature

Atividades principais:

O objetivo é reconhecer a singularidade das características dos animais, que inspiram a construção de muitas das coisas que utilizamos no nosso dia a dia. Os alunos têm de ser capazes de investigar sobre animais que são uma inspiração para o ser humano, em relação às suas capacidades de se protegerem contra o frio. Como produto final, será pedida uma apresentação oral, seguida de uma ficha de trabalho com diretrizes sobre o animal investigado pelos alunos.

Atividade 1 — Visualizar e compreender a mensagem do vídeo: Biomimicry for Young Children — Animals in Snow.

Atividade 2 — Dividir a turma em pequenos grupos:

- Descobrir a definição de biomimetismo;
- Identificar os animais referidos no vídeo;
- Identificar a construção que foi inspirada nos animais referidos.
- Pequena apresentação à turma com as descobertas — Momento de diálogo/discussão sobre a importância da natureza como uma inspiração.

Atividade 3 — Em grupos, realizar uma pesquisa sobre outros animais que se protegem do frio, a forma como o fazem e como inspiraram o ser humano a criar situações semelhantes. Cada grupo apresenta a sua investigação à turma.

Referências, hiperligações e bibliografia:

11 awesome technologies Inspired by animals' ✈

Biomimicry 101 — Examples of How We Copied Nature

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C6. Proteção contra o calor

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Vídeo do YouTube
Computador para investigar e produzir

Base teórica da atividade:

Biomimicry 101 — Examples Of How We Copied Nature

Atividades principais

O objetivo é reconhecer a singularidade das características dos animais, que inspiram a construção de muitas das coisas que utilizamos no nosso dia a dia. Os alunos têm de ser capazes de investigar sobre animais que são uma inspiração para o ser humano, em relação às suas capacidades de se protegerem contra o frio. Como produto final, será pedida uma apresentação oral, seguida de uma ficha de trabalho com diretrizes sobre o animal investigado pelos alunos.

Atividade 1 — Visualizar e compreender a mensagem do vídeo: See How Termites Inspired a Building That Can Cool Itself | Decoder.

Atividade 2 — Dividir a turma em pequenos grupos:

- Descobrir a definição de biomimetismo;
- Identificar os animais referidos no vídeo;
- Pequena apresentação à turma com as descobertas — Momento de diálogo/discussão sobre a importância da natureza como uma inspiração.

Atividade 3 — Em grupos, realizar uma pesquisa sobre outros animais que se protegem do frio, a forma como o fazem e como inspiraram o ser humano a criar situações semelhantes. Cada grupo apresenta a sua investigação à turma.

Referências, hiperligações e bibliografia:

11 awesome technologies Inspired by animals

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C7. O montículo das térmitas — Um modelo de ar condicionado natural

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

See How Termites Inspired a Building That Can Cool Itself | Decoder

Base teórica da atividade:

Nós, os seres humanos, gostamos de nos felicitar pela nossa engenhosidade. No entanto, as criações passivas da natureza, frequentemente, superam o desempenho das nossas tecnologias, as quais gastam dinheiro e energia. E embora os engenheiros e arquitetos possam melhorar as suas criações ao imitar o mundo natural, a natureza tem sempre algo mais para nos ensinar. Este é certamente o caso das térmitas e do ar condicionado. A história começa em 1992, quando o arquiteto zimbabuense Mick Pearce foi encarregue da construção do Eastgate Centre, um complexo de escritórios e um centro comercial, formado por dois edifícios, na capital do país, Harare. Pearce, no entanto, quis construir mais do que apenas um novo edifício. Quis eliminar o desenvolvimento das grandes centrais de aquecimento e arrefecimento de 300 000 m^2, normalmente necessárias. Pearce cresceu no Zimbabué e estava familiarizado com estas chaminés. Estas tinham entre 2 e 10 metros de altura acima dos ninhos de térmitas e eram suficientemente fortes para serem utilizadas por elefantes, que procuravam coçar os flancos. Abaixo das chaminés, as térmitas cultivavam fungos como alimento. As térmitas dependiam da capacidade de armazenamento de calor do solo para ajudar a manter uma temperatura estável. «O ninho de térmitas era mais quente do que o exterior, particularmente à noite», disse Pierce numa entrevista. «Existe ar que sai subindo pela chaminé, o que puxa ar para o interior, através dos orifícios de forragem. É assim que respiram.»

O Eastgate Centre em Harare, Zimbabué, inspirado nas térmitas, utiliza o arrefecimento por convecção para remover o ar quente através de chaminés localizadas no topo do edifício.

Atividades principais:

Atividade 1

Vê o vídeo:

See How Termites Inspired a Building That Can Cool Itself | Decoder

e responde às perguntas abaixo.

1. O futuro do ar condicionado pode encontrar-se nos montículos das térmitas?

   (Responde abaixo.)

2. O ar condicionado nos montículos das térmitas é gerado pelo sol, não pelo vento. Consegues explicar porquê?

   (Responde abaixo.)

3. Como é que os montículos das térmitas regulam a temperatura?

   (Responde abaixo.)

Atividade 2

Utilizando as cores certas, desenha um montículo de térmitas, bem como as correntes naturais de ar quente e de ar frio que explicam o engenhoso princípio de termorregulação aplicado pelas térmitas.

Referências, hiperligações e bibliografia:

See How Termites Inspired a Building That Can Cool Itself | Decoder

Termite Mounds Inspire Energy Neutral Buildings

What Termites Can Teach Us About Cooling Our Buildings (Published 2019)

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C8. Experiência — O montículo das térmitas

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

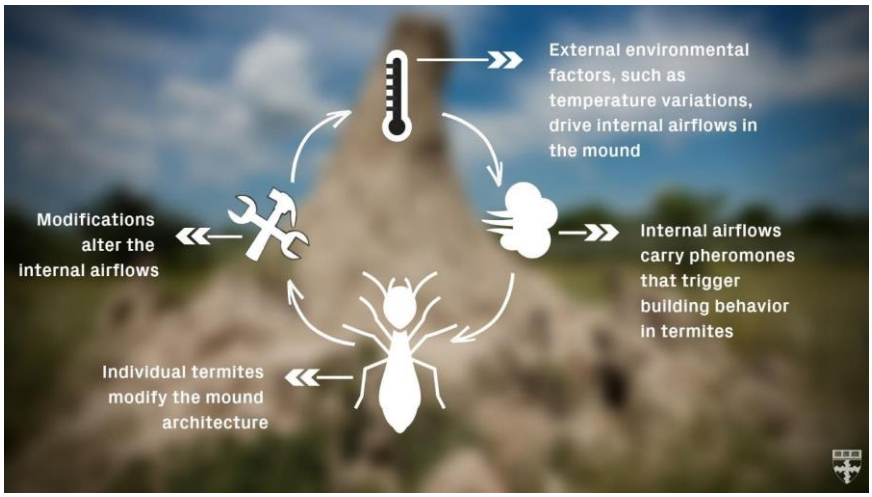
Materiais/equipamento:

Jornal, fita adesiva ou fio, farinha ou mistura de cola, tintas, contas de madeira, rolo de papel de cozinha, tesoura e esponjas

Base teórica da atividade:

As térmitas vivem em África, na Austrália e na América do Sul. Por vezes, os ninhos têm um diâmetro de 30 metros. A maioria dos ninhos encontra-se em áreas bastante secas. Os montículos das térmitas, normalmente, duram mais tempo do que as colónias em si e, se os túneis interiores do ninho estiverem expostos, trata-se de um montículo vazio. Por vezes, outras colónias da mesma raça ou de raças diferentes ocupam um ninho, após as construtoras originais.

A estrutura do ninho pode ser muito complicada. No interior do montículo existe um extenso sistema de túneis e condutas, os quais servem como sistema de ventilação para o ninho subterrâneo. O montículo é construído acima do ninho subterrâneo. O ninho em si é uma estrutura esférica que consiste em inúmeras câmaras e galerias. Os montículos das térmitas magnéticas são altos, finos e em forma de cunha, e têm, normalmente, uma orientação norte-sul.



As alterações no fluxo de transportam, para as térmitas no interior do montículo, odores que contêm informação. Estas nuvens de informação — constituídas por feromonas e gases metabólicos, tais como o dióxido de carbono — dizem às térmitas onde precisam de ajustar o montículo. Se, por exemplo, uma secção do montículo estiver demasiado quente, essa alteração de temperatura irá desencadear uma alteração no fluxo de ar, o qual irá levar sinais sobre a construção às trabalhadoras que se encontram nas proximidades. As térmitas irão seguir os seus sentidos, até chegarem a essa secção, e ajustar o montículo para reduzir a temperatura. Essa alteração na temperatura irá mudar o fluxo de ar e as térmitas irão alterar o seu comportamento.

Atividade 1 — Responde às perguntas seguintes (discussão com a turma + investigação).

1. **As térmitas constroem montículos como as formigas?**

   (Responde abaixo.)

2. **As térmitas mordem os seres humanos?**

   (Responde abaixo.)

Atividade 2 — Desenhar

Qual é o aspeto dos ninhos de térmitas?

Atividade 3 (Após concluir a Atividade C7)

Imagina uma experiência que permita destacar as secas causadas pelo calor e pelo frio.

À tua disposição tens: água, tubos em forma de U, recipientes para colocar água e um corante alimentar solúvel em água.

Desenha a estrutura que fores capaz de construir. (Podes pedir ajuda ao professor!)

Referências, hiperligações e bibliografia:

Termite mounds in Namibia inspire energy-efficient buildings

Termite Mound with Termites | Termites, Insects theme, Crafts

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C9. Observação e natureza — A folha

Duração da aula: 45 min

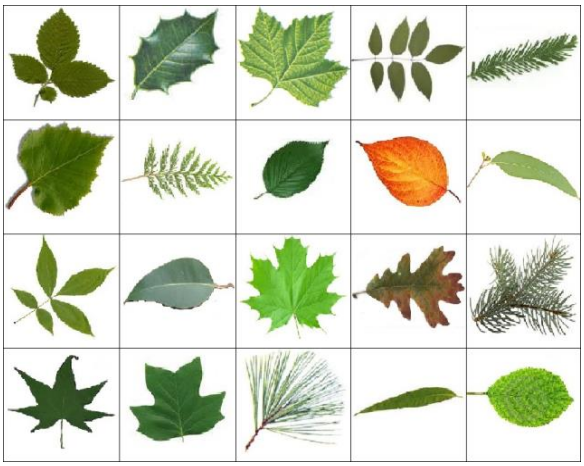
Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 11 anos

Materiais/equipamento:

Ficha de trabalho
Apresentação «Observação e natureza — A folha»
Material visual — Cartões com folhas de árvore laminadas

Base teórica:



Várias formas da folha: simples ou compostas; inteiras ou recortadas.

LISTA DAS FUNÇÕES DA FOLHA: hidrofobia — permite que a água escorra; fotossíntese — permite capturar a energia do sol; produção de oxigénio; sombra; controlo da temperatura; proteção contra herbívoros — graças à sua organização espacial, estruturas (espinhos, agulhas, dentes, etc.); síntese de aminoácidos; absorção de nutrientes; defesa contra secas (espinheiros, suculentas); armazenamento de água (suculentas); enrolar-se — plantas suspensas e trepadeiras; flutuar — plantas aquáticas; organização ideal para uma melhor exposição solar.

Defesas hidrófobas para flutuar: regulação térmica e hídrica por parte das folhas, as quais se tornam muito pequenas e permitem a permanência de uma camada fina de ar em torno do cato.

Atividades principais — Vê a apresentação «**Observação e natureza — A folha**» e discute com a turma! O que vês nas imagens? O que pensas disso?

Atividade 1 — Vai até ao exterior, ao parque ou à floresta, ou observa o material visual distribuído pelo professor — os cartões com folhas de árvores laminadas. Vamos explorá-los! **Desenha na ficha de trabalho os elementos que vês nas folhas! Que funções reconheces?**

Atividade 2 — Com base nos desenhos seguintes, desenha a tua ideia de biomimetismo, utilizando as funções ou os elementos da folha!

Referências, hiperligações e bibliografia:

When Architecture Mimics Nature

PHOTOS: Beautiful Times Eureka Pavilion Mimics the Structure of a Leaf

Biomimicry of Palm Tree Leaves Form and Pattern on Building Form

La Palme Jumeirah à Dubai, un incontournable selon le site EXPEDIA

Azerbaijan unveils design of Country Pavilion and breaks ground for Expo 2020 Dubai

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C10. Ampliação da folha e funções da mesma

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Ficha de trabalho
Apresentação «Ampliação da folha e funções da mesma»
Caneta, lupa, bússola, projetor, calculadora solar, iluminação solar para exterior

Base teórica da atividade:

1. A folha das plantas evita ficar molhada ou suja — o chamado «efeito lótus»;
2. Os pelos presentes nas folhas retêm a humidade na folha da planta, em climas secos, e não permitem a sua evaporação;
3. Uma camada de cera, existente nas folhas da planta, não permite que a humidade evapore;
4. As folhas brilhantes refletem a luz solar;
5. As extremidades das folhas das plantas são serreadas, o que permite que a fotossíntese e a transpiração sejam mais intensas (resultando na diminuição da temperatura da folha), o que provoca a condensação de vapor de água e de gotículas de orvalho nas extremidades;
6. Os óleos aromáticos e venenos presentes nas folhas das plantas repelem os herbívoros;
7. As folhas têm uma nervura através da qual os nutrientes circulam.

Atividade 1

Vê a apresentação do professor e o filme sobre o processo fotossintético nas folhas das plantas.

Atividade 2

Vai até ao parque e encontra três folhas de árvore diferentes. Familiariza-te com a informação sobre as folhas das árvores. Investiga e escreve os resultados na ficha de trabalho.

1. Na parte superior de cada caixa, escreve o nome da folha de árvore apropriado.

_____	_____	_____

2. Lê a informação sobre a folha de árvore e regista o número sequencial da informação que corresponde a cada folha.

3. Quais são as características comuns das folhas?

(Responde abaixo.)

4. Quais são as características diferentes das folhas?

(Responde abaixo.)

Atividade 3

Encontra uma árvore. Utiliza uma bússola para determinar as direções norte e sul da árvore. Presta atenção à existência de ramos de árvore no lado norte e no lado sul.

1. Em que lado é que a árvore tem mais ramos?

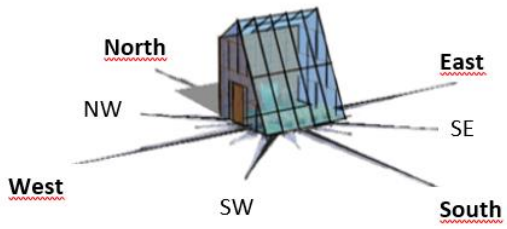
(Responde abaixo.)

2. Na tua opinião, porque é que existem mais ramos no lado sul?

(Responde abaixo.)

Atividade 4

Observa a imagem e justifica a ideia de construção. Relaciona a ideia com a localização dos ramos de árvore, os pontos cardeais e as funções das folhas.



Lê informação sobre painéis solares e tira as tuas conclusões.

Na Letónia, o sistema autónomo funciona melhor entre a primavera e o mês de outubro — quando se recebe mais luz solar. Durante este tempo, toda a eletricidade necessária poderia ser fornecida por painéis solares, não apenas cobrindo o consumo durante o dia, mas carregando as baterias para o período da noite. Os painéis solares estão instalados no lado do teto que está voltado para sul, sudeste ou sudoeste. Isto permite que os painéis solares tenham um melhor acesso à luz. Na localização geográfica da Letónia, o ângulo de posicionamento mais adequando para os painéis solares é 39 a 41 graus em relação ao horizonte. O ângulo adequado pode ser ajustado e obtido na instalação de sistemas solares. É importante que a área selecionada não seja afetada pela sombra das árvores ou de outros edifícios.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Ing dep

Piedra Decorativa Con Luz Led Solar Para Jardín, Lámparas — $ 532.34

Kalkulators Milan, 14 ciparu displejs

An Architect's House That Melds Traditional Japanese And Ukrainian Ethos In A Modern Shell

Saules baterijas – mājokļa apgādei ar elektrību. Padomi uzstādīšanā

Lapas — Vikipēdija

Tópico: Biomimetismo — Estratégias e funções dos organismos vivos

Título da atividade: C11. Fotossíntese artificial — Realidade ou ficção?

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Utilizar livros, software, apresentações, etc., na sala de aula para permitir a realização de tarefas e atividades

Base teórica da atividade:

Os avanços na fotossíntese artificial têm o potencial de transformar radicalmente a forma como as sociedades convertem e utilizam a energia. O progresso científico na investigação sobre a fotossíntese artificial — que se define como sendo a utilização de tecnologia, nomeadamente, a biologia sintética e a nanotecnologia, para capturar luz, transportar eletrões, decompor a água e armazenar o hidrogénio — tem o potencial de transformar, radicalmente, e para melhor, a forma como as sociedades convertem e utilizam energia. A nova tecnologia tem o potencial, a longo prazo, de transformar o planeta tão radicalmente, tornando-o mais sustentável, uma vez que a fotossíntese artificial desenvolvida (sozinha ou combinada com outras tecnologias) é mais eficiente do que a aplicação de uma solução energética fora da rede e sem carbono em todas as nossas estruturas (isto é, edifícios, estradas, veículos). Em Interface Focus de Sovacool & Gross (2015). A descoberta desta pequena secreção altera profundamente os modelos teóricos da aderência «seca». O princípio, integrado na investigação existente, irá aperfeiçoar o desenvolvimento de materiais biomiméticos, aproximando-os ainda mais dos exemplos encontrados na natureza e aumentando o desempenho dos mesmos.

Atividades principais:

1. Recordar o que é o processo fotossintético;
2. Ver o vídeo;
3. A importância da fotossíntese para o nosso planeta/pensamento crítico;
4. Fazer a pergunta: «Acham que é possível reproduzir a fotossíntese?»
5. Ver o vídeo e tirar notas sobre o que os alunos compreenderam ao responder às perguntas (definição de fotossíntese artificial, para que é utilizada, realidade ou ficção).

Referências, hiperligações e bibliografia:

Photosynthesis

Photosynthesis | Photosynthesis in plants | Photosynthesis — Biology basics for children | elearnin

Artificial Photosynthesis | Adam Hill | TEDxStLawrenceU

The social acceptance of artificial photosynthesis: towards a conceptual framework | Interface Focus

A-LEAF: exploring artificial photosynthesis | Shaping Europe's digital future

Fotossíntese artificial: um futuro próximo — Brasil

Tópico: Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo

Título da atividade: D1. Árvores/edifícios — Observação e inspiração

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 10-12 anos

Materiais/equipamento:

Ficha de trabalho
Apresentação «Árvores/edifícios — Observação e inspiração»
Canetas coloridas (marcadores, lápis, etc.)
Vestuário confortável para uma pequena atividade física

Base teórica da atividade:

As florestas naturais dão-nos muito mais do que pensamos: ervas, frutos e cogumelos comestíveis, flora e fauna diversa, bem como um abrigo refrescante no calor do verão.

As nossas florestas naturais também desempenham um papel importante no funcionamento do seu ambiente. Protegem as terras agrícolas circundantes da desidratação e dos ventos fortes, contribuem para a preservação das nossas reservas de água doce, e capturam e armazenam dióxido de carbono. Adicionalmente, são o habitat de muitas mais espécies de plantas e animais do que as florestas cultivadas. São constituídas por árvores de diferentes tamanhos, idades e espécies, e muitas delas estão caídas e mortas, sendo aqui onde muitas espécies especiais se refugiam. Esta diversidade torna as florestas naturais saudáveis, conseguindo, assim, enfrentar os desafios apresentados pelas alterações climáticas de uma forma muito melhor.

A TREE: OBSERVATION AND INSPIRATION

When students learn to see technology in nature their eyes are opened to a sustainable world that already exists, embodied in the plants, animals, and other organisms all around us.

Atividades principais:

Atividade 1

Após ouvires os sons da floresta, responde às perguntas:

1. O que ouviste?

2. O que ouviste mais, para além do canto dos pássaros?

3. Estes sons fizeram-te pensar em quê?

4. Com o que é que os podes comparar?

Atividade 2

Tira notas! Observa as raízes, o tronco, a folhagem! Ouve o ruído das árvores! Vê que árvores foram escolhidas para serem habitadas! Vê o que cresce nas árvores. Reflete e escreve, para cada órgão da árvore, qual é a sua função e por que razão é necessário. O que é que a floresta nos pode oferecer? Como podemos ajudar a preservar o ambiente no qual vivemos?

Atividade 4

Pensa e sente como uma árvore! Desenha a tua cidade do futuro!

Referências, hiperligações e bibliografia:

Build a Tree — A Sharing Nature Game

Quel modèle pour une ville vraiment vivante ?

Meža skaņas, atslābinošs troksnis: putni širp un dzied, kukaiņi un koki (sons da floresta)

Dreaming of the future cities

Tópico: Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo

Título da atividade: D2.1. Células fotovoltaicas orgânicas

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

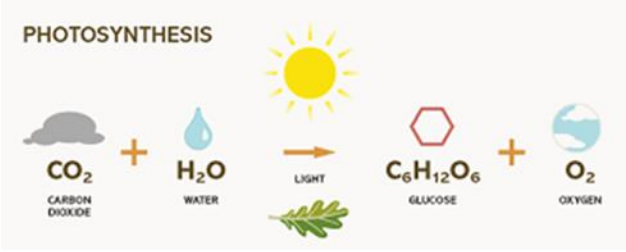
Materiais/equipamento:

Documento com recursos
Computador
Material de escrita

Base teórica da atividade:

Problemas para resolver — Em que aspetos é que um painel fotovoltaico se assemelha à folha de uma planta? Quais são as vantagens e desvantagens da utilização de painéis fotovoltaicos? Existem alternativas?

As plantas são aliadas poderosas na luta contra o aquecimento global, uma vez que absorvem grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2), reduzindo o aquecimento global. Adicionalmente, assumem a função essencial de sintetizar praticamente toda a energia utilizada no planeta. A folha da planta é o centro do processo fotossintético:



Equação química da fotossíntese | OregonForests

As folhas são os órgãos das plantas que capturam a energia solar para produzir açúcar. Durante a fotossíntese, os pigmentos da folha capturam a energia solar e convertem-na em energia química, na forma de moléculas de açúcar. O processo fotossintético utiliza a luz para combinar o dióxido de carbono e a água a fim de produzir açúcar e oxigénio. Parte da glicose é utilizada como energia para realizar vários processos vitais. A glicose adicional pode ser combinada para formar grandes moléculas de amido e, posteriormente, ser armazenada nas raízes. Estas moléculas são dissociadas em açúcar e utilizadas quando a planta precisa de mais energia do que a que tem atualmente disponível.

A anatomia da folha é altamente especializada para a absorção de luz. A camada externa, ou seja, a epiderme, é normalmente transparente à luz visível e as células individuais são frequentemente convexas. A estrutura convexa das células da epiderme permite-lhes agir como uma lente, redirecionando e focando a luz incidente nos cloroplastos adjacentes às paredes laterais das células do

parênquima. Isto é comum nas plantas herbáceas e, especialmente, nas espécies tropicais que crescem em florestas (sub-bosque), onde os níveis de luz são muito baixos.

O fluxo de energia capturado na fotossíntese (à escala planetária) é cerca de 100 terawatts, o que é aproximadamente 10 vezes superior ao consumo de energia mundial (integrado num ano). Isto significa que pouco menos de um milésimo da energia recebida pela terra é capturada na fotossíntese e fornece, virtualmente, toda a energia na biosfera.

Painéis fotovoltaicos

Através da energia solar fotovoltaica, é possível produzir eletricidade ao converter uma parte dos raios solares, utilizando células fotovoltaicas. Esquematicamente, um fotão, no qual incide luz, pode, em certas circunstâncias, colocar um eletrão em movimento, produzindo uma corrente elétrica.

Os painéis fotovoltaicos podem ser utilizados para finalidades domésticas em pequena escala (por exemplo, nos telhados) ou na produção de energia industrial em grande escala.

Atividade 1

Vê o vídeo: Disadvantages and Advantages of Solar Energy.

1. Indica as principais vantagens e desvantagens da utilização de painéis fotovoltaicos para produzir energia.

2. Como é que a natureza consegue produzir energia a partir do sol? Conheces alguns exemplos? Escreve-os abaixo.

Atividade 2

Observa folhas de árvores diferentes.

1. Explica em que é que um painel fotovoltaico se assemelha à folha de uma planta, nomeadamente em relação à importância da luz solar para a sua operação e às transferências e transformações de energia.

Atividade 3

Vê o vídeo seguinte: Artificial Leaf Technology Could One Day Power Our World

1. O vídeo fala sobre a fotossíntese artificial. Com as tuas próprias palavras, explica em que consiste esta tecnologia. (Responde abaixo.)

2. Indica as vantagens desta tecnologia de produção de energia, em relação à utilização de painéis fotovoltaicos. (Responde abaixo.)

Referências, hiperligações e bibliografia:

Disadvantages and Advantages of Solar Energy

Artificial Leaf Technology Could One Day Power Our World

Tópico: Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo

Título da atividade: D2.2. Serviços dos ecossistemas

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Computador
Aquário com água doce e mexilhões de água doce
Tabuleiro
Borrifador
Pinças
Papel de cozinha
Guia da atividade/ficha de trabalho

Base teórica da atividade:

Os mexilhões de água doce são excelentes purificadores de rios. Responde à pergunta: porque é que os mexilhões de água doce ajudam a combater a poluição da água?

Esta atividade tem por objetivo:

- relacionar as características (forma do corpo, revestimento, órgãos de locomoção) de vários animais com o ambiente onde vivem,
- caracterizar alguma da biodiversidade existente aos níveis local, regional e nacional, apresentando exemplos de relações entre a fauna e a flora em vários habitats,
- conhecer o conceito de biomimética e relacioná-lo com a sustentabilidade,
- relacionar as características dos mexilhões de água doce com o ambiente onde vivem.

Atividade 1

Começa por ver o vídeo: Mexilhões de água doce.

Atividade 2

Leitura 1 — Qual é o tipo de revestimento dos mexilhões?

Os mexilhões são animais invertebrados. O revestimento dos animais invertebrados é a epiderme. A epiderme dos invertebrados pode estar revestida por uma cutícula, apresentar um exosqueleto com quitina ou sais calcários, ou estar protegida por uma concha.

Invertebrado — Animal que não possui uma coluna vertebral e que, na sua maioria, não possui um esqueleto interno.

Quitina — Substância produzida pela epiderme dos invertebrados.

As conchas podem ser univalves — quando são constituídas por uma única peça, como é o caso, por exemplo, do búzio — ou bivalves — quando são constituídas por duas peças articuladas, como é o caso, por exemplo, do mexilhão.

Concha univalve Búzio	Concha bivalve Mexilhão de água doce

Figura 1 — As conchas são estruturas calcárias segregadas pela epiderme e que crescem com o animal. A proteção é a função principal deste tipo de revestimento.

Com base no que acabaste de ler, responde às perguntas seguintes.

1. Indica qual é o tipo de revestimento do mexilhão de água doce;
2. Dá um exemplo de outros dois animais que possuam uma concha bivalve;
3. Com base no texto que leste, identifica a função da concha;
4. Identifica o habitat do mexilhão de água doce;
5. Dá dois exemplos de outros seres vivos que podes encontrar nos rios.

(Responde abaixo.)

Leitura II — Como se alimentam os mexilhões de água doce?

Tal como os peixes, os mexilhões também possuem brânquias. As brânquias dos mexilhões ajudam a filtrar a água. Os mexilhões alimentam-se ao filtrar a água através de um sistema de cílios. Absorvem a água, utilizando micro-organismos e nutrientes (nitrogénio e fósforo) como alimento, e libertam-na de volta para o rio, mas mais limpa do que antes de o mexilhão a filtrar.

Vocabulário:

Brânquias — Órgãos respiratórios de animais que respiram por brânquias.

Cílios — Filamentos muito finos.

Micro-organismos — Organismos observáveis apenas ao microscópio.

Com base no que acabaste de ler, responde às perguntas seguintes.

1. De que se alimentam os mexilhões?
2. Explica como se alimentam os mexilhões.
3. Qual é a função das brânquias nos mexilhões?

4. As elevadas concentrações dos nutrientes referidos, em rios e estuários, podem levar à formação de autênticas florestas de algas.
5. Formula uma hipótese que explique o que poderia acontecer à vida aquática nesses locais, se isso acontecer.

   (Responde abaixo.)

Leitura 3 — Como se descobriu que os mexilhões de água doce têm a capacidade de filtrar a água dos rios?

Num estuário, perto de uma zona industrial nos Estados Unidos, um grupo de cientistas instalou uma espécie de jangada, de seis metros por seis metros, coberta de mexilhões. Na primavera seguinte, a jangada foi removida e os moluscos foram analisados. Os cientistas concluíram que estes estavam saudáveis e que tinham elevadas concentrações de nitrogénio, indicando que removeram o nitrogénio da água. Os cientistas também estimaram que uma jangada de mexilhões foi capaz de remover até 60 kg de nitrogénio e cerca de 150 partículas, como poeira e fuligem, ao longo de um ano.

Vocabulário:

Estuário — Ambiente aquático de transição entre o rio e o mar.

Com base no que acabaste de ler, responde às perguntas seguintes.

1. Explica o que é que os cientistas fizeram para descobrir que os mexilhões de água doce têm a capacidade de filtrar a água do rio.
2. Que substâncias é que os mexilhões filtram da água do rio?
3. Porque é que os mexilhões de água doce nos ajudam a combater a poluição da água?

   (Responde abaixo.)

Atividade 3 — Tarefa

No local onde vives, podes encontrar vários rios. Neste sentido, proponho que faças uma visita de estudo, mais concretamente, que visites o rio da tua localidade. Antes de saíres, tens de selecionar todo o material necessário que irás utilizar. Durante a visita, preenche um formulário de caracterização do habitat (podes e deves usar o formulário-modelo do teu livro do aluno!). Também terás de fotografar alguns dos seres vivos que encontrares no rio. Não te esqueças de preparar um relatório da atividade, seguindo as sugestões do Terra à Vista! Material de apoio. Por fim, prepara uma apresentação para partilhares a informação recolhida com a turma e no *site* da escola.

Referências, hiperligações e bibliografia:

The hidden strengths of freshwater mussels

Mussels | Department of Environmental Protection

Tópico: Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo

Título da atividade: D.3.1. A cidade do futuro, uma cidade bioinspirada e regenerativa

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Vídeo do YouTube: OneHome
Vídeo do YouTube: «City of the Future» Is Copenhagen the World's Most Sustainable City?
Utilizar a aplicação Menti.com para partilhar ideias

Base teórica da atividade:

Esta atividade tem por objetivo motivar os alunos para o processo de aprendizagem, em relação à observação do nosso planeta e à importância de mudarmos a nossa atitude em termos das nossas ações quotidianas, de modo a construirmos um futuro melhor, enquanto protegemos o nosso planeta Terra único.

Pretendemos reconhecer a singularidade do planeta Terra na nossa galáxia, bem como as suas características únicas, e alertar os nossos alunos para o que está a acontecer ao planeta pela mão da humanidade.

Os alunos têm de ser capazes de reconhecer os danos que a humanidade está a causar ao planeta, ao explorar os seus recursos naturais e ao danificar a nossa atmosfera, água e terra. Têm de ser capazes de compreender que temos de observar o nosso planeta, a natureza e a biodiversidade, e ver o que podemos fazer melhor para sobreviver e viver em uníssono com a natureza.

Esta atividade serve como introdução/motivação para um projeto sobre o tema «Tornar a minha cidade numa cidade do futuro», que será realizado com um percurso de trabalho diferente, no qual os alunos estudarão e prepararão uma apresentação do seu trabalho.

Atividades principais

1. Visualizar e compreender a mensagem do vídeo intitulado «OneHome»

2. Os alunos tiram notas sobre o que aprenderam ao visualizar o vídeo.

3. Atividade oral — Os alunos partilham a sua opinião sobre os destaques do vídeo.

4. Os alunos utilizam a aplicação Mentimeter para partilharem a sua opinião, respondendo à pergunta: «O que é uma cidade do futuro?»

5. Discussão de ideias, identificação das características principais e visualização do vídeo intitulado «A City of the Future», como inspiração para a tarefa seguinte.

6. Utilizando a aplicação Mentimeter, os alunos respondem à pergunta: «Como pode Loureiro ser uma cidade do futuro?»

7. Discussão e identificação das características principais de uma cidade do futuro.

8. Os alunos dividem-se em grupos e trabalham tendo em conta as diretrizes do projeto «Tornar a minha cidade numa cidade do futuro».

Referências, hiperligações e bibliografia:

This is what the future's sustainable cities could look like

Tópico: Biomimetismo — Os princípios do mundo vivo

Atividade: D.3.2. A cidade do futuro, uma cidade bioinspirada e regenerativa — Uma casa sustentável e ecológica

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Livro do aluno, computador, Internet
Base teórica da atividade:
Condutividade térmica — Bons materiais e maus condutores de calor.
Energias renováveis e não renováveis.
Equipamento mais ecológico e autossuficiente para utilizar nas casas.

Atividades principais

Atividade 1

Explora o significado de «casa sustentável e ecológica» ao veres o vídeo:

15 Eco Friendly and Sustainable Houses | Green Living

Atividade 2

Observa a imagem, a qual descreve os materiais e equipamentos que uma casa deve ter para ser considerada autossuficiente e ecológica. Discute com a turma.

Atividade 3

Vê o vídeo: What Material Conducts Heat Best Science Experiment.

1. Que materiais existem na natureza que podem ser maus condutores de calor? Pensa nas casas de alguns animais que vivem na natureza.

Atividade 4

Vê o vídeo: Is cork a good insulator of heat?

1. Discute com a turma as possíveis características de materiais que os alunos sugerem (por exemplo, a cortiça, dada a sua utilidade no isolamento das casas).

Atividade 5

1. Pesquisa, na *Internet*, outros materiais e técnicas que sejam utilizados na construção de casas para reduzir perdas de energia;
2. No caderno diário, resume os materiais mais comuns e vantajosos, em termos energéticos, utilizados na construção das casas mais eficientes;
3. Recorda e aplica os conceitos já discutidos sobre as energias renováveis e não renováveis;
4. Analisa e debate as vantagens de utilizar energias renováveis, em termos ecológicos, em comparação com as energias não renováveis mais utilizadas nas nossas casas;
5. Responde a várias perguntas, de acordo com as diretrizes do roteiro, para verificares quais são os materiais, equipamentos e detalhes técnicos da construção da tua casa;

6. Prepara uma reflexão na qual os alunos apresentem propostas de mudança e melhoria para tornarem as suas casas mais autossuficientes e ecológicas. Podes escrever, desenhar ou criar um modelo.

Referências, hiperligações e bibliografia:

How do solar panels work? — Richard Komp

Tópico: Biomimetismo — Metodologia

Título da atividade: E1. Na pele de um biomimetista — Vários passos

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Idade dos alunos: 9-11 anos

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint «E1. Na pele de um biomimetista — Vários passos»
Papel, canetas e lápis de cor
Vídeo do YouTube — Why This Train Is The Envy Of The World: The Shinkansen Story
Vídeo do YouTube — The world is poorly designed. But copying nature helps.

Base teórica:

Um biomimetista é alguém que oferece soluções ou caminhos, inspirando-se na natureza.

A palavra «biomimética» foi cunhada por Otto Schmitt, nos anos 50, para se referir à transferência de ideias e analogias da biologia para a tecnologia.

O biomimetismo está a transformar rapidamente a vida na Terra. O biomimetismo estuda as melhores ideias que a natureza teve ao longo dos últimos 3,5 milhões de anos e adapta-as para utilização humana. Os resultados estão a revolucionar a forma como os materiais são inventados e a forma como processamos informação, nos curamos, reparamos o ambiente e alimentamos o mundo.

O guarda-rios é um pássaro que mergulha na água para caçar. Possui um bico pontiagudo e fino, que lhe permite entrar na água, praticamente, sem salpicos. O diâmetro do bico aumenta progressivamente da extremidade até à cabeça, o que ajuda a reduzir o impacto quando o pássaro entra na água. Os engenheiros observaram a natureza para reformular o comboio-bala. Repararam na forma como os guarda-rios são capazes de cortar o ar e mergulhar na água para caçar, praticamente sem salpicos. Então, reformularam a frente do comboio para imitar a forma do bico do guarda-rios. Isto não só ajudou a reduzir o ruído e a eliminar os estrondos nos túneis, mas também permitiu ao comboio viajar 10% mais depressa utilizando 15% menos de eletricidade.

Em 1941, o engenheiro e inventor suíço George de Mestral ficou intrigado pelos frutos da bardana, que se agarravam constantemente ao pelo do seu cão, quando passavam por estas plantas únicas. O que resultou das caminhadas de rotina de George de Mestral, em 1914, é talvez o exemplo de biomimetismo mais conhecido da história, o Velcro©.

Atividade 1 — Responde às perguntas seguintes (discussão com a turma + investigação).

1. **Como é que a tecnologia tem sido influenciada pela natureza?**

2. **Que invenções são inspiradas na natureza? Enumerem seis.**

3. **O Velcro© foi inspirado em quê?**

Atividade 2 — Ilustra as semelhanças entre o guarda-rios e o comboio-bala Shinkansen.

Referências, hiperligações e bibliografia:

Why This Train Is The Envy Of The World: The Shinkansen Story

The world is poorly designed. But copying nature helps.

Biomimicry: 9 Ways Engineers Have Been Inspired by Nature

Design Inspired by Nature

(PDF) Innovation inspired by nature: Biomimicry

High Speed Train Inspired by the Kingfisher — Innovation — AskNature

Papo de Paisagista — Pergunte à natureza — Casa de Valentina | Árvores e arbustos, Engenheiro biomédico, Protozoários

Teaching #KS3 design?

Tópico: Biomimetismo — Metodologia

Título da atividade: E2. Na pele de um biomimetista. Ética e sustentabilidade

Nível de dificuldade: fácil-moderado-difícil

Materiais/equipamento:

Apresentação do PowerPoint e fichas de trabalho para alunos

Base teórica da atividade:

O biomimetista questiona-se sempre sobre o «significado» da sua invenção, bem como sobre a ética e a sustentabilidade da mesma [1].

O primeiro passo importante é perceber o que é a natureza e as características principais dos processos naturais, as quais são expressas como leis, estratégias e princípios da natureza [2]:

A natureza opera a energia solar;

A natureza utiliza apenas a energia de que necessita;

A natureza ajusta a forma ao funcionamento;

A natureza recicla tudo;

A natureza recompensa a cooperação;

A natureza depende da diversidade;

A natureza exige conhecimento especializado local;

A natureza reduz os excessos de dentro para fora;

A natureza explora o poder dos limites.

Neste sentido, é necessário compreender que o conceito de seguir a natureza de forma sustentável pode vir a dominar e a substituir o conceito de proteger a natureza. Se os serviços da natureza puderem ser reproduzidos artificialmente, então, podemos concluir que não existem muitas razões pelas quais devamos proteger a natureza, e o biomimetismo tornar-se-ia «*no melhor aliado para uma fraca sustentabilidade*» [3].

Com base nas preocupações referidas acima, a investigação futura e as gerações futuras têm de responder às perguntas seguintes [4]:

i) Como devemos compreender a complementaridade do biomimetismo na prática e quais são as consequências de uma melhor incorporação, mais harmoniosa, das inovações do biomimetismo nos ecossistemas do planeta Terra?

ii) Como deve natureza ser conceitualizada e integrada em criações biomiméticas concretas?

iii) Qual é o caráter ontológico da complementaridade da tecnologia, se esta não é natural no sentido estrito da palavra?

iv) Em que medida é que a ética do biomimetismo deriva da natureza ou é imposta à natureza?

Atividade 1 — Trabalho em pequenos grupos

1. Estuda um exemplo do biomimetismo passo a passo;

2. Faz o mesmo com outros dois exemplos;

3. Garante a natureza ética e sustentável da invenção.

Atividade 2 — Discussão com a turma

Tornar-se num biomimetista significa querer resolver uma questão ou responder a uma necessidade, de tal forma que seja compatível com a Terra e com o restante mundo vivo, e que seja inspirada no mundo vivo, tanto ao nível do processo técnico, quanto, principalmente, ao nível do funcionamento. Mas como sabemos se a técnica, objeto ou organização que inventámos respeita o mundo vivo?

1. **Escolhe, discute e assinala tantas opções quanto possível, abaixo:**

- Pode ser utilizado para outra coisa quando já não for necessário.
- Não produz resíduos, ou produz resíduos que possam ser reciclados ou reutilizados.
- Utiliza recursos locais e abundantes e consome energia renovável.
- Cria relações de respeito entre seres humanos e o restante mundo vivo.
- Não degrada o ecossistema da Terra, mas melhora-o.

2. **Acreditas que as considerações acima são importantes ou não? Escreve a tua opinião abaixo.**

Referências, hiperligações e bibliografia:

[1] Repositório de recursos *online*, https://asknature.org/

[2] Dicks H. (2015): The Philosophy of Biomimicry, Philos. Technol.

[3] Dicks H. (2017): Environmental Ethics and Biomimetic Ethics: Nature as Object of Ethics and Nature as Source of Ethics, J. Agric. Environm. Ethics

InNature

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Este projeto foi realizado com o apoio financeiro da Comissão Europeia. A informação contida nesta publicação [comunicação] vincula apenas o autor, e a Comissão não se responsabiliza por qualquer utilização que dela possa ser feita. Projeto n.º 2019-1-PL01-KA201-065655.