



**Design de Biomimética para Competências de
Sustentabilidade em Formação Profissional**
Biomimicry Design for Sustainability Skills in VET

KA220-VET-00620D4B

KA220-VET - Parcerias de Cooperação em Educação e Formação Profissional

Manual D3.3 para Uso do Professor



**Co-funded by
the European Union**

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA). Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Informação do Documento	
Referência do projeto	2023-1-EL01-KA220-VET-000158477
Entrega	Manual D3.3 para Uso de Professores de Formação Profissional
Nível de disseminação	Público
Data	28/2/2025
Versão do documento	1
Estado	Final
Partilha	CC-BY-NC-ND
Autores	Stella Regoli, Stella Regoli, Études et Chantiers Corsica Hariklia Tsalapatas, Universidade da Tessália
Revisores	Ahu Şişmek, Escola Secundária Vocacional e Técnica Anatólica Yakacik Ioana Stefan, Sistemas de Tecnologia Avançada



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Colaboradores

Konstantina Vlachoutsou, Universidade da Tessália

Olivier Heidmann, Universidade da Tessália

Christina Taka, Universidade da Tessália

Dimitris Ziogas, Universidade da Tessália

Konstantinos Katsimentes, Universidade da Tessália

Sotiris Evaggelou, Universidade da Tessália

Apostolos Fotopoulos, Universidade da Tessália

Antoni Stefan, ATS

Ancuța Georghe, ATS

Carlos Vaz de Carvalho, Virtual Campus

Laura Trevisan, Infodef



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Índice

Colaboradores.....	3
Índice.....	4
1. Introdução.....	6
2. Objetivos do manual.....	8
3. Introdução à biomimética.....	9
3.1 O que é a biomimética?	9
3.2 Importância da biomimética na educação de EFP.....	10
3.3 Biomimetismo na prática	11
3.3.1 Princípios-chave da biomimética	11
3.3.2 Estudos de caso e exemplos em várias áreas	12
3.3.3 Desafios e soluções inspirados na natureza	14
4. Metodologias e quadros de aprendizagem	16
4.1 PBL e biomimetismo	16
4.1.1 Comparação entre PBL e biomimética	16
4.1.2 Integração da biomimética na PBL	18
4.1.3 Facilitação da aprendizagem colaborativa	19
4.2 VAMOS IMITAR A ESTRUTURA PRÁTICA DE APRENDIZAGEM DE BIOMIMÉTICA.....	20
4.2.1 Resultados de aprendizagem e competências	20
4.2.2 LETs IMITAR a aplicação de abordagens pedagógicas inovadoras	23
4.2.3 Desenho de atividades de aprendizagem com biomimética.....	25
4.3.4 Estratégias de avaliação.....	26



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

5. Abordagem LET's MIMIC para desenhar projetos de biomimética para estudantes.....	29
5.1 Identificação de desafios e enunciados de problemas.....	29
5.2 Geração de soluções inspiradas na biomimética.....	30
5.3 Desenvolvimento e documentação de estudos de caso	30
6. Apoiar recursos e ferramentas pedagógicas	33
6.1 Recursos e ferramentas digitais convencionais.....	33
6.2 Bases de dados e redes externas de biomimética.....	33
6.3 VAMOS IMITAR O PORTAL.....	35
6.4 Plataforma digital de aprendizagem LET's MIMIC para biomimética.....	35
6.5 VAMOS IMITAR O KIT DE APRENDIZAGEM AUTORREGULADO	36
6.6 MÓDULOS DE TREINO LET'S MIMIC.....	37
7. Recomendações de implementação em contextos locais.....	38
7.1 Adaptação do manual a contextos locais	38
7.2 Formação e apoio aos professores	38
7.3 Monitorização e avaliação	39
8. Leitura adicional e investigação.....	41
Conclusões	42
Referências.....	43



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

1. Introdução

A biomimética, ou "inovação inspirada na natureza", está enraizada na ideia de que a natureza já desenvolveu soluções para muitos desafios humanos, incluindo energia, transportes e gestão de resíduos (Benyus, 2014). Ao seguir os princípios fundamentais da natureza — como o uso de energias renováveis, a gestão eficiente dos recursos e a reciclagem — a biomimética desempenha um papel crucial na promoção da sustentabilidade. Enfatizando a colaboração interdisciplinar, a biomimética contribui para o design sustentável do século XXI. Complementa também a educação STEM ao proporcionar oportunidades para ensinar disciplinas STEM e ciências ambientais, ao mesmo tempo que promove a criatividade e as competências de resolução de problemas (Biomimicry Institute, 2017). À medida que o mundo enfrenta desafios ambientais e sociais crescentes, a biomimética permite que designers e engenheiros desenvolvam soluções eficientes, sustentáveis e resilientes. Integrar a biomimética na educação ajuda a cultivar alunos ambientalmente conscientes, ao mesmo tempo que fortalecem a sua apreciação pela sabedoria da natureza.

O Project LET's MIMIC apresenta uma estrutura inovadora de aprendizagem que integra biomimética com aprendizagem baseada em problemas para desenvolver competências de inovação e sustentabilidade em estudantes de VET e além.

O projeto desenvolve serviços digitais de aprendizagem para a colaboração dos alunos em atividades de biomimética. Desenvolve ainda conteúdos digitais de aprendizagem para alunos estruturados em etapas de biomimética, como definir, biologizar, descobrir, abstrair, emular e avaliar. Além disso, o projeto desenvolve a capacidade dos educadores para conceber atividades de aprendizagem de biomimética e introduzi-las na sala de aula. Para tal, a LET's MIMIC desenvolve conteúdos de apoio aos educadores.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Este documento constitui um manual que apoia os educadores de VET no desenho e execução de atividades de aprendizagem biomimética em sala de aula. O documento apresenta um desenho metodológico de aprendizagem que integra biomimética com aprendizagem baseada em problemas e outras metodologias de aprendizagem ativa, como as experiencial e baseada na investigação. Apresenta passos para que os educadores desenhem, implementem e avaliem o impacto positivo das atividades de biomimética nos alunos. Por fim, o documento apresenta recursos e ferramentas de aprendizagem em biomimética, incluindo serviços e redes externas e o kit de aprendizagem autorregulado MIMIC da LET's, módulos de formação e plataforma digital de aprendizagem.



**Co-funded by
the European Union**

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

2. Objetivos do manual

O principal objetivo deste manual é fornecer aos professores de Formação Profissional as ferramentas e recursos necessários para incorporar a biomimética nas suas práticas de ensino.

Os objetivos são os seguintes:

- **Introduzir conceitos de biomimética:** Explicar a biomimética e a sua aplicação em vários contextos.
- **Oferecer estratégias práticas de ensino:** Equipar os professores com metodologias práticas, incluindo abordagens de aprendizagem baseada em problemas (PBL), para integrar a biomimética nas suas aulas.
- **Desenvolver competências críticas:** Foque-se em desenvolver o pensamento crítico, criatividade e competências de resolução de problemas dos alunos através de projetos inspirados na biomimética.
- **Promover a sustentabilidade:** Incentivar a adoção de práticas sustentáveis na educação em VET, enfatizando soluções inspiradas na natureza.
- **Facilitar a colaboração:** Apoiar a aprendizagem colaborativa e abordagens interdisciplinares, promovendo o trabalho de equipa e a inovação.

Através deste manual, os professores de VET ganharão o conhecimento e a confiança para orientar os seus alunos na exploração da biomimética e na sua aplicação a desafios do mundo real, preparando-os para carreiras que priorizam a sustentabilidade e a inovação.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

3. Introdução à biomimética

Biomimetismo, um termo derivado das palavras gregas "bios" (vida) e "mimesis" (imitação), refere-se à prática de aprender e emular os desenhos, sistemas e processos da natureza para resolver desafios humanos. Ao observar como os organismos se adaptam aos seus ambientes e desempenham funções essenciais, os inovadores podem criar soluções sustentáveis, eficientes e resilientes em várias disciplinas. A biomimética oferece uma mudança de paradigma no design thinking, enfatizando a sustentabilidade e a harmonia com o mundo natural.

Nesta parte, iremos explorar os conceitos fundamentais da biomimética, a sua relevância na educação e formação profissional (EFP) e os objetivos deste manual na promoção da biomimética como ferramenta de ensino e aprendizagem.

3.1 O que é a biomimética?

A biomimética é a prática de se inspirar na natureza para desenvolver soluções para os desafios humanos. Envolve compreender as estratégias que os organismos vivos usam para prosperar e aplicá-las em várias áreas como engenharia, arquitetura, design de produtos e gestão de recursos (Benyus, 1997).

A natureza evoluiu ao longo de milhares de milhões de anos, resultando em soluções altamente eficientes, adaptáveis e sustentáveis. Por exemplo:

- **O design do velcro®** foi inspirado na forma como as rebarbas aderem ao pelo dos animais através de pequenos ganchos.
- **Edifícios energeticamente eficientes** frequentemente imitam os montes de térmitas, mantendo uma temperatura interna estável.
- **As turbinas eólicas** foram concebidas com base na forma das barbatanas da jubarte para melhorar a eficiência.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

A biomimética não se resume apenas a copiar a natureza, mas a compreender os princípios subjacentes e aplicá-los aos desafios humanos de uma forma que esteja alinhada com a sustentabilidade e as práticas éticas.

3.2 Importância da biomimética na educação de EFP

A educação e formação profissional (VET) foca-se em capacitar os aprendizes com competências práticas que possam ser aplicadas no mercado de trabalho. Integrar a biomimética na educação de VET oferece vários benefícios-chave (Oguntona e Aigbavboa, 2023):

- **Competências inovadoras de resolução** de problemas: A biomimética incentiva os alunos a pensar de forma crítica e criativa, observando e aprendendo com a natureza. Isto pode conduzir a soluções inovadoras que sejam eficazes e sustentáveis.
- **Foco em sustentabilidade**: Num mundo que enfrenta desafios ambientais, ensinar os alunos a desenhar soluções alinhadas com os princípios ecológicos é essencial. A biomimética promove uma mentalidade que valoriza a eficiência dos recursos, a redução de resíduos e a harmonia com a natureza.
- **Aprendizagem interdisciplinar**: A biomimética faz a ponte entre disciplinas como biologia, design, engenharia e ciências ambientais. Os formandos de VET podem desenvolver um conjunto amplo de competências que os prepara para percursos profissionais diversificados.
- **Envolvimento e motivação**: Aprender com a natureza pode despertar curiosidade e entusiasmo, tornando a educação mais envolvente e relevante para desafios do mundo real.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.



Figura 1. Inspiração natural para resolver os complexos desafios de sustentabilidade de hoje.

Ao incorporar a biomimética, a formação em VET pode formar profissionais qualificados, prontos para o mercado de trabalho e capazes de contribuir para a inovação sustentável nos seus setores.

3.3 Biomimetismo na prática

Nesta secção, exploramos como os princípios da biomimética são aplicados em contextos do mundo real. Desde a compreensão dos princípios fundamentais que orientam o design biomimético até à análise de estudos de caso em várias indústrias, esta parte destaca como a engenhosidade da natureza pode inspirar soluções inovadoras e sustentáveis. Vamos também explorar os desafios enfrentados ao aplicar a biomimética e como estratégias inspiradas na natureza podem superá-los.

3.3.1 Princípios-chave da biomimética

A biomimética é guiada por princípios fundamentais que ajudam designers e inovadores a aproveitar a sabedoria da natureza. Estes princípios garantem que soluções inovadoras são sustentáveis e alinhadas com os sistemas ecológicos (Benyus, 1997; Vincent et al., 2006). Seguem-se alguns dos princípios fundamentais da biomimética:

- **Emule as formas, processos e sistemas da natureza:** A biomimética envolve observar e imitar as formas, materiais e métodos da natureza para criar soluções funcionais e



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

eficientes. Por exemplo, a carroçaria aerodinâmica de um martim-pescador inspirou o design de comboios de alta velocidade (Benyus, 1997; Bhushan, 2009).

- **Adaptar-se às condições locais:** Tal como os organismos evoluem para prosperar nos seus ambientes específicos, a biomimética cria soluções que se ajustam às condições e recursos locais (El-Zeiny, 2012).
- **Use uma química amiga da vida:** Os processos da natureza dependem de recursos renováveis e não tóxicos. A biomimética promove o uso de materiais e métodos de fabrico amigos do ambiente (Kennedy et al., 2015).
- **Otimizar em vez de maximizar:** As soluções da natureza são eficientes, usando apenas o que é necessário. Este princípio incentiva a minimização do uso de recursos enquanto maximiza o desempenho (Vincent et al., 2006).
- **Evoluir para sobreviver:** A natureza evolui constantemente através da adaptação e resiliência. As soluções biomiméticas devem ser flexíveis e capazes de evoluir para responder às condições em mudança (Benyus, 1997; Pawlyn, 2011).
- **Integrar desenvolvimento com crescimento:** Na natureza, os sistemas crescem em harmonia com o seu ambiente, equilibrando as necessidades individuais com a saúde do ecossistema (Benyus, 1997).

Ao aderir a estes princípios, a biomimética promove a inovação sustentável que responde às necessidades humanas e respeita os limites ecológicos.

3.3.2 Estudos de caso e exemplos em várias áreas

A biomimética tem sido aplicada em várias indústrias, desde arquitetura e design até tecnologia e cuidados de saúde. Abaixo estão alguns exemplos notáveis de biomimética na prática:

- **Arquitetura e construção:**



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- O **Centro Eastgate** , no Zimbabué, é um edifício que imita os sistemas naturais de ventilação dos montículos de térmitas para manter uma temperatura interna estável e reduzir o consumo de energia.
- O **Eden Project** no Reino Unido apresenta biomas inspirados na estrutura das bolhas de sabão, otimizando o espaço e a resistência.
- **Engenharia e tecnologia:**
 - O **velcro**[®] foi inventado depois de um engenheiro suíço notar como as muecas aderiam ao pelo do seu cão. O design de gancho e laço tornou-se um sistema de fixação revolucionário.
 - O **Comboio-Bala Shinkansen** no Japão foi redesenhado para reduzir o ruído e melhorar a eficiência. O seu bico imita o de um martim-pescador, permitindo-lhe mover-se suavemente pelo ar.
- **Saúde e medicina:**
 - Os **pés adesivos do gecko** inspiraram o desenvolvimento de novos adesivos e ligaduras médicas que aderem sem causar danos à pele.
 - Os **padrões de pele dos tubarões** influenciaram o design das superfícies antibacterianas, reduzindo a propagação de infeções nos hospitais.
- **Gestão de energia e recursos:**
 - **Painéis solares** inspirados na capacidade do girassol de monitorizar o sol maximizam a captação de energia ao longo do dia.
 - **As turbinas eólicas** foram melhoradas ao imitar as arestas serrilhadas das barbatanas da jubarte, aumentando a eficiência e reduzindo o ruído.

Estes exemplos demonstram como a biomimética pode conduzir a soluções inovadoras e sustentáveis que abordam desafios humanos complexos.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

3.3.3 Desafios e soluções inspirados na natureza

Embora a biomimética ofereça um potencial imenso, a sua aplicação não está isenta de desafios. Compreender estes desafios e inspirar-se na natureza para os ultrapassar é um aspeto fundamental do design biomimético (Oguntona e Aigbavboa, 2023).



Figura 2. Exemplos de atividades de biomimética em todo o mundo.

Desafios na aplicação da biomimética:

- **Complexidade dos sistemas naturais:** As soluções da natureza são frequentemente intrincadas e exigem uma compreensão profunda dos processos biológicos. Traduzir estes em designs humanos pode ser difícil.
- **Custo e viabilidade:** Os projetos biomiméticos podem envolver materiais ou processos especializados que inicialmente são dispendiosos ou difíceis de escalar.



Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Colaboração interdisciplinar:** A biomimética frequentemente requer colaboração entre biólogos, engenheiros, projetistas e outros especialistas, o que pode ser difícil de coordenar.
- **Barreiras regulatórias e de mercado:** Produtos novos e inovadores podem enfrentar obstáculos para obter aprovação regulatória ou aceitação no mercado.

A biomimética em si é uma fonte de inspiração para enfrentar os desafios acima. Alguns exemplos de soluções inspiradas na natureza para aplicar a biomimética à inovação incluem:

- **Designs adaptativos:** A natureza ensina-nos a adaptar-nos a ambientes em mudança. Produtos que são flexíveis e podem evoluir têm mais probabilidade de sucesso.
- **Eficiência e utilização de recursos:** As soluções biomiméticas podem reduzir custos e impacto ambiental ao otimizar o uso dos recursos, como se observa na natureza.
- **Modelos de colaboração:** A natureza opera em ecossistemas onde diferentes espécies colaboram. De forma semelhante, o trabalho de equipa interdisciplinar pode ser promovido através de objetivos partilhados e benefícios mútuos.
- **Resiliência e redundância:** Os sistemas naturais frequentemente têm redundância incorporada para garantir a resiliência. Os designs biomiméticos podem incorporar características semelhantes para melhorar a durabilidade e a fiabilidade.

Ao compreender estes desafios e aplicar as estratégias da natureza, a biomimética pode superar obstáculos e oferecer soluções inovadoras, eficientes e sustentáveis.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

4. Metodologias e quadros de aprendizagem

Esta secção aprofunda o papel das metodologias de aprendizagem inovadoras na educação e formação profissional (EFP) e como estas se alinham com a biomimética. Um foco particular é a PBL, uma abordagem centrada no aluno que incentiva a resolução ativa de problemas e a descoberta. Integrar a biomimética na PBL capacita os aprendentes a enfrentar os desafios de forma criativa, inspirados pelas estratégias da natureza.

4.1 PBL e biomimetismo

4.1.1 Comparação entre PBL e biomimética

No contexto deste projeto, a integração da PBL e do design do processo de biomimética é estruturada através de uma **Matriz de Resultados de Aprendizagem** (Entrega 2.1 PARTE A do projeto LET's MIMIC – Matriz de Resultados de Aprendizagem para Competências de Sustentabilidade, 2025), que estabelece correspondências claras entre as etapas da **PBL** e as da **biomimética**. Esta matriz fornece um quadro para facilitar a incorporação da biomimética nas atividades de aprendizagem baseadas em PBL e apoia os educadores na criação eficaz desta ligação. Tanto a PBL como a biomimética são processos iterativos. O Projeto LET's MIMIC introduz uma metodologia para integrar processos de biomimética em atividades mais amplas de PBL (relatório técnico LET's MIMIC D2.1 PARTE B – Framework de Aprendizagem Baseada em Projetos para Design de Processos de Biomimética, 2025). A natureza iterativa de ambos os métodos reflete-se nos seguintes passos-chave:

Passos PBL	Etapas do Design do Processo de Biomimética
------------	---



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Define: Identifica o problema e estabelece critérios de sucesso.	Defina: Articule claramente o impacto que o design deve ter e defina o desafio.
Biologizar: Compreender o problema em termos biológicos.	Biologizar: Analisar as funções essenciais e o contexto do desafio na natureza.
Descobrir: Investigar modelos naturais que abordem as mesmas funções.	Descobrir: Identificar estratégias e padrões biológicos que resolvam desafios semelhantes.
Resumo: Extrair princípios biológicos-chave e reafirmá-los em termos não biológicos.	Resumo: Estudar as características ou mecanismos essenciais por detrás das estratégias biológicas e traduzi-los em estratégias de design.
Emular: Desenvolver soluções inspiradas em estratégias naturais.	Emular: Aplicar princípios de biomimética para gerar soluções inovadoras.
Avaliar: Testar e refinar soluções com base na viabilidade e impacto.	Avaliar: Avaliar quão bem o design biomimético cumpre os critérios e restrições de sustentabilidade.

Tabela 1. Alinhamento dos processos de PBL e biomimética (relatório técnico LET's MIMIC D2.1 PARTE B - Design de Processos de Biomimética para Competências em Sustentabilidade, 2025).

Esta matriz orienta educadores e aprendentes, garantindo que os princípios da biomimética sejam integrados de forma fluida nas **atividades baseadas em PBL**. Ao aproveitar as competências existentes em PBL, os educadores podem facilitar a adoção estruturada da



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

biomimética como quadro de design, reforçando a aplicação de soluções inspiradas na natureza na educação e formação profissional (EFP).

Esta abordagem integrada reflete a dinâmica do local de trabalho em contextos de VE, preparando os estudantes para enfrentar desafios complexos e multifacetados relevantes para o seu desenvolvimento profissional.

4.1.2 Integração da biomimética na PBL

Integrar a biomimética na PBL melhora a resolução de problemas ao incentivar os aprendentes a inspirar-se nos sistemas naturais. A biomimética enfatiza a aprendizagem com as estratégias testadas pela natureza para enfrentar os desafios humanos de forma sustentável e eficiente.

Seguem-se as estratégias para a integração da biomimética na PBL (relatório técnico LET's MIMIC D2.1 PARTE B – Framework de Aprendizagem Baseada em Projetos para Design de Processos de Biomimética, 2025):

- **Enunciados de problemas inspirados na natureza:** Desenhar cenários de problemas que incentivem explicitamente os alunos a procurar soluções inspiradas em processos biológicos ou organismos. Por exemplo, a eficiência energética, a conservação da água ou os desafios de design estrutural podem ser enquadrados em termos biomiméticos.
- **Exploração biológica:** Facilitar oportunidades para que os alunos explorem e estudem ambientes naturais, seja físicos ou através de recursos virtuais, para observar padrões, estruturas e funções na natureza.
- **Colaboração interdisciplinar:** Incentive a colaboração interdisciplinar que envolva conhecimentos de biologia, engenharia, design e sustentabilidade. Isto espelha a aplicação prática da biomimética, que muitas vezes requer conhecimentos diversificados.
- **Desenvolvimento de protótipos:** Orientar os alunos no desenvolvimento e teste de protótipos das suas soluções biomiméticas, promovendo a aprendizagem iterativa e a inovação.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Reflexão sobre a sustentabilidade:** Enfatizar a importância das soluções sustentáveis, traçando paralelos entre a eficiência natural e os desafios do design humano.

A biomimética na PBL promove a criatividade e incute uma mentalidade focada na sustentabilidade e inovação, alinhando-se com os objetivos globais de gestão ambiental.

4.1.3 Facilitação da aprendizagem colaborativa

A colaboração é fundamental em projetos de biomimética, espelhando a abordagem interdisciplinar para resolver problemas complexos.

Seguem-se estratégias para incentivar a colaboração dos estudantes em projetos de biomimética (Hmello, 2004):

- **Projetos em equipa:** Atribuir os alunos a equipas diversas para trabalharem em desafios de biomimética, incentivando-os a partilhar conhecimentos e perspetivas.
- **Exercícios de role-play:** Os alunos podem assumir os papéis de designers, engenheiros ou biólogos em cenários simulados de resolução de problemas.
- **Feedback dos pares:** Os alunos podem rever e dar feedback sobre o trabalho uns dos outros, promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativo e de apoio.
- **Colaboração interdisciplinar:** Incentive parcerias entre estudantes de diferentes áreas, como biologia, engenharia e artes, para desenvolver soluções inovadoras.
- **Fóruns de discussão online:** Use os fóruns para facilitar discussões contínuas, partilha de ideias e apoio entre pares.
- **Oportunidades de mentoria:** Envolver especialistas e profissionais em biomimética para orientar os estudantes e fornecer perspetivas do mundo real.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

4.2 VAMOS IMITAR A ESTRUTURA PRÁTICA DE APRENDIZAGEM DE BIOMIMÉTICA

Esta secção apresenta uma abordagem estruturada para a implementação da biomimética na educação e formação profissional (EFP). Foca-se na identificação dos principais resultados e competências de aprendizagem, no desenho de atividades de aprendizagem envolventes e no desenvolvimento de estratégias eficazes de avaliação alinhadas com os princípios da biomimética.

4.2.1 Resultados de aprendizagem e competências

Para integrar eficazmente a biomimética no currículo, é essencial definir resultados de aprendizagem claros e competências. Estes resultados devem abranger competências técnicas e transferíveis que os aprendentes desenvolverão através da educação baseada na biomimética.

A biomimética na PBL contribui para o desenvolvimento de conhecimentos, competências e competências em sustentabilidade altamente valorizados pela indústria e pela sociedade. Ajuda a desenvolver (Mejia-Villa et al., 2023):

- **Conhecimento:** Compreender conceitos-chave, princípios e teorias relacionados com a sustentabilidade na educação e formação profissional (EFP), informado por investigação documental e resultados de questionários.
- **Competências:** Desenvolver competências práticas através de experiências práticas que aplicam eficazmente os princípios da sustentabilidade em contextos de EFP.
- **Competências:** Aquisição de competências de pensamento crítico, resolução de problemas e tomada de decisão para integrar a sustentabilidade nos currículos de educação profissional.
- **Competências interpessoais:** A biomimética também promove o desenvolvimento de soft green skills, que são muito valorizadas no mercado de trabalho. Estas incluem:



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Criatividade e inovação:** Reconhecer a importância da criatividade e inovação na vida pessoal e profissional, gerar ideias originais e aplicar abordagens imaginativas aos desafios.
- **Resolução de problemas:** Desenvolver uma mentalidade estruturada de resolução de problemas, descompondo situações complexas, identificando causas profundas e aplicando raciocínio lógico para encontrar soluções eficazes.
- **Colaboração em Equipa:** Reconhecer o valor do trabalho de equipa para alcançar objetivos comuns, desenvolver estratégias de colaboração e empregar técnicas de comunicação para trabalhar eficazmente em equipa.
- **Curiosidade e inspiração:** A biomimética incentiva os alunos a explorar problemas do mundo real, imitando os desenhos e processos da natureza, tornando a aprendizagem mais envolvente.
- **Pensamento crítico e pensamento sistémico:** Incentivar os alunos a analisar como funcionam os sistemas naturais e a aplicar estes princípios à resolução inovadora de problemas.
- **Aprendizagem contextual:** Integrar biologia, engenharia, design e ciências ambientais para fomentar experiências de aprendizagem interdisciplinares.
- **Consciência ambiental e pensamento ético:** Incentivar a valorização da sustentabilidade, das considerações éticas e dos impactos a longo prazo das soluções de design.
- **Design thinking:** Promover a criatividade e os processos iterativos de desenvolvimento através da resolução de problemas baseada em biomimética.
- **Comunicação:** Melhorar a capacidade de apresentar ideias complexas de forma eficaz através da PBL.
- **Resiliência e Adaptabilidade:** Aprender com a adaptabilidade da natureza fomenta a resiliência e a persistência na superação dos desafios.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Competências técnicas:** A biomimética apoia o desenvolvimento de competências técnicas essenciais, incluindo:
 - **Investigação científica:** Compreender metodologias fundamentais de investigação e desenvolver a capacidade de investigar fenómenos naturais ou sociais.
 - **Desenho técnico:** Aprender os princípios fundamentais e as aplicações do desenho técnico para comunicar visualmente funções e construções com precisão.
- **Competências de sustentabilidade:** A biomimética ajuda os alunos a adotar hábitos e comportamentos sustentáveis através de:
 - **Sensibilização:** Definição da sustentabilidade e dos seus aspetos-chave.
 - **Aplicar a sustentabilidade em diferentes contextos:** Comparar e selecionar atividades sustentáveis com base em contextos específicos e em múltiplos setores.
 - **Aprendizagem interdisciplinar:** Desenvolvimento de abordagens interdisciplinares à sustentabilidade.
 - **Comunicação:** Selecionar ferramentas práticas de comunicação e métodos de divulgação para promover a sustentabilidade.
 - **Envolvimento ativo:** Incentivar escolhas sustentáveis através da educação, sensibilização e comunicação estratégica.
- **Sensibilidade cívica:** A biomimética também reforça a responsabilidade cívica ao:
 - **Competências para a democracia:** Compreender os princípios democráticos e os direitos e responsabilidades dos cidadãos.
 - **Envolvimento cívico:** Aplicar princípios de envolvimento cívico à vida quotidiana.
 - **Impacto na comunidade:** Análise de questões sociais, políticas e ambientais que afetam as comunidades.
 - **Compreensão das políticas:** Avaliação das políticas cívicas considerando múltiplas perspetivas e implicações sociais.
 - **Inclusão:** Cultivar a inclusão e a participação na vida cívica.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Comunicação no envolvimento cívico:** Desenvolvimento de técnicas eficazes de comunicação para o envolvimento cívico e a advocacia.
- **Competências específicas de biomimética:** Os alunos que participam em educação baseada em biomimética desenvolverão competências especializadas tais como:
 - **Compreender os sistemas biológicos:** Compreender os processos e modelos de biomimética.
 - **Compreender os princípios fundamentais da biomimética:** Explicar os princípios fundamentais da biomimética e como os processos naturais inspiram inovações humanas.
 - **Transferir conhecimento para o mundo real:** Aplicar princípios de biomimética a problemas do mundo real e analisar estudos de caso.
 - **Avaliação das soluções existentes de biomimética:** Identificação de pontos fortes, fracos e oportunidades de melhoria.
 - **Compreender aspetos éticos:** Investigar considerações éticas e de sustentabilidade em aplicações de biomimética.

Integrar estas competências técnicas, de sustentabilidade, cívicas e biomiméticas no currículo proporcionará aos alunos uma educação completa que os prepara para as exigências em evolução da força de trabalho e da sociedade.

4.2.2 LETs IMITAR a aplicação de abordagens pedagógicas inovadoras

A abordagem MIMIC do LET para integrar PBL e biomimética aplica teorias **construtivistas** e **de aprendizagem social**, permitindo que os alunos aprendam ativamente através da resolução de problemas no mundo real. O construtivismo é uma teoria pedagógica que defende que o conhecimento é sintetizado e não transferido (Papert, 1993). O construtivismo baseia-se no princípio de que os alunos aprendem melhor através de abordagens ativas, experimentação e exploração. A LET's MIMIC leva esta abordagem educativa um passo mais longe, implementando



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

a aprendizagem ativa através do **design de processos de biomimética** inspirados na natureza para enfrentar os desafios complexos do mundo moderno.

Outras abordagens pedagógicas integradas no desenho pedagógico MIMIC do LET incluem:

- **Gamificação:** Elementos de jogo são usados em contextos diferentes do entretenimento e na aprendizagem para promover o envolvimento a longo prazo (Deterding et al., 2011).
- **Microaprendizagem:** Atividades de aprendizagem em pequenas doses que apoiam o conhecimento dos alunos (Hug, 2005; Buchem et al. 2010).
- **Aprendizagem experiencial:** O envolvimento dos alunos através de experiências diretas, como caminhadas na natureza ou visitas ao local, pode ajudar a observar sistemas biológicos em ação. Projetos práticos permitem aos alunos aplicar a sua aprendizagem a desafios do mundo real, seguindo o paradigma da aprendizagem experiencial (Kolb, 1984).
- **Pensamento de design:** Este processo de construção de inovação incentiva os alunos a empatizar com as necessidades dos utilizadores, definir problemas, fazer brainstorming de soluções e criar protótipos. O pensamento de design está bem alinhado com a abordagem de resolução de problemas da biomimética (Brown, 2009).
- **Aprendizagem baseada na investigação:** Os alunos exploram questões e realizam investigações para encontrar soluções inspiradas na natureza. Este método fomenta a curiosidade e a aprendizagem independente (Pedaste et al., 2015).
- **Aprendizagem baseada em projetos:** Os alunos trabalham em projetos de longo prazo que abordam problemas do mundo real, integrando princípios de biomimética nas suas soluções (Blumenfeld et al., 1991; Thomas, 2000).
- **Sala de aula invertida:** Ao rever materiais, como vídeos e leituras, antes da aula, os alunos podem usar o tempo em aula para discussões, atividades práticas e exploração mais profunda dos conceitos de biomimética (Bergman e Sams, 2012; Bishop e Verleger, 2013).



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Este quadro integrado de aprendizagem apoia o desenvolvimento de competências de autorregulação entre os alunos, tais como:

- Definição de objetivos.
- Motivação interna.
- Auto-monitorização.
- Autoinstrução.
- Auto-reforço.

Os professores podem aplicar o quadro de aprendizagem MIMIC do LETS para desenvolver percursos de aprendizagem ativos, personalizados e colaborativos, aumentando o envolvimento dos alunos e os resultados educativos.

4.2.3 Desenho de atividades de aprendizagem com biomimética

As atividades práticas de aprendizagem são essenciais para envolver os alunos e fomentar uma compreensão profunda dos conceitos de biomimética. Estas atividades devem incentivar a exploração, a criatividade e a aplicação prática.

Tipos de atividades de aprendizagem:

- **Análises de estudos de caso:** Apresentar aos alunos estudos de caso de inovações biomiméticas bem-sucedidas, incentivando-os a analisar a inspiração biológica, o processo de design e os resultados.
- **Exploração de campo:** Organizar visitas a ambientes naturais onde os alunos possam observar e documentar estruturas e sistemas biológicos.
- **Desafios de design:** Atribuir desafios de design abertos onde os alunos devem desenvolver uma solução para um problema do mundo real usando princípios de biomimética.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Workshops de prototipagem:** Realizar workshops onde os alunos podem criar protótipos físicos ou digitais dos seus designs biomiméticos.
- **Projetos colaborativos:** Incentive o trabalho em equipa através de projetos de grupo que exijam colaboração interdisciplinar e resolução coletiva de problemas.
- **Reflexão e escrita de diário:** Integre atividades reflexivas onde os alunos documentem a sua jornada de aprendizagem, perceções da natureza e crescimento pessoal.

Segue-se um exemplo de uma atividade de aprendizagem desenvolvida através de abordagens educativas baseadas na biomimética:

Título: Design de filtração de água inspirado na natureza.

Objetivo: Conceber um sistema de filtração de água inspirado em processos naturais (por exemplo, mangais, recifes de coral).

Passos:

- Investigue como as plantas e os ecossistemas filtram naturalmente a água.
- Desenvolver um desenho conceptual baseado em princípios biológicos observados.
- Crie um protótipo e teste a sua eficácia.
- Apresentar as conclusões e refletir sobre a sustentabilidade da solução.

4.3.4 Estratégias de avaliação

A avaliação na aprendizagem baseada em biomimética deve ser holística, avaliando o produto final, o processo e as competências essenciais desenvolvidas. Uma combinação de avaliações formativas e sumativas garante uma avaliação abrangente da aprendizagem dos alunos.

Os métodos de avaliação podem incluir:

- **Rubricas:** Desenvolva rubricas detalhadas que avaliem criatividade, resolução de problemas, trabalho em equipa, considerações de sustentabilidade e precisão técnica.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Portfólios:** Incentive os estudantes a compilar um portefólio documentando a sua investigação, processo de design, protótipos e reflexões.
- **Apresentações:** Avalie os alunos através de apresentações orais onde explicam as suas soluções biomiméticas e justificam as suas escolhas de design.
- **Revisão por pares:** Incorpore a avaliação por pares para fomentar a aprendizagem colaborativa e fornecer feedback diversificado.
- **Autoavaliação:** Permitir que os alunos reflitam sobre o seu desempenho e progresso na aprendizagem através de ferramentas de autoavaliação.
- **Teste e avaliação de protótipos:** Avaliar a funcionalidade, viabilidade e sustentabilidade dos protótipos desenvolvidos pelos alunos.

O acima pode ser aplicado em contextos de avaliação formativa ou sumativa, analisados abaixo:

- **Avaliação formativa:** Forneça feedback contínuo através de pontos de controlo, discussões e revisões em rascunho. Esta abordagem permite a melhoria contínua, permitindo que os alunos aperfeiçoem o seu trabalho com base no feedback construtivo. Ao dar ênfase ao processo de aprendizagem em vez apenas do resultado, a avaliação formativa promove uma compreensão mais profunda e o desenvolvimento de competências.
- **Avaliações somativas:** Realizar avaliações finais com base no projeto concluído, apresentação e portefólio geral.

Dada a ênfase na aprendizagem iterativa e no desenvolvimento de competências na educação em biomimética, as avaliações formativas são a abordagem preferida. Este método garante que os alunos recebam feedback atempado, incentivando a reflexão, adaptação e progresso contínuo ao longo da jornada de aprendizagem.

A avaliação formativa pode ser apoiada por ferramentas digitais para tornar o feedback interativo e envolvente, tais como segue:



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Kahoot®**: Usado para questionários rápidos para verificar a compreensão dos alunos sobre conceitos de biomimética.
- **Mentímetro®**: Usado para sondagens ao vivo ou nuvens de palavras para recolher informações sobre o progresso de aprendizagem dos alunos.
- **Padlet®**: Permite aos alunos documentar e refletir colaborativamente sobre as suas ideias.
- **Google® Docs e Jamboard®**: Facilitam revisões por pares e brainstorming colaborativo.
- **Flip®** (anteriormente Flipgrid): Usado para incentivar os alunos a submeter pequenas reflexões em vídeo sobre o seu processo de aprendizagem.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

5. Abordagem LET's MIMIC para desenhar projetos de biomimética para estudantes

Esta secção foca-se nos passos práticos no desenvolvimento de projetos de biomimética, desde a identificação de desafios até à geração de soluções inovadoras inspiradas na natureza. Enfatiza também a importância do desenvolvimento de estudos de caso e da documentação para melhorar a aprendizagem e a partilha de conhecimentos.

5.1 Identificação de desafios e enunciados de problemas

Um desafio bem definido ou uma declaração de problema é a base de qualquer projeto de biomimética bem-sucedido. Identificar o desafio adequado garante que os alunos possam aplicar eficazmente os princípios da biomimética para desenvolver soluções inovadoras.

Os passos para identificar desafios incluem:

- **Observe e explore:** Incentive os alunos a explorar o seu entorno e a observar áreas onde sistemas criados pelo homem poderiam ser melhorados através de soluções inspiradas na natureza.
- **Envolva as partes interessadas:** Envolve membros da comunidade, especialistas do setor ou outras partes interessadas para identificar desafios reais que precisam de soluções.
- **Foco na sustentabilidade:** Priorize desafios que tenham impactos ambientais, sociais ou económicos e que exijam soluções sustentáveis.
- **Enquadre a declaração do problema:** Oriente os alunos a enquadrar declarações claras e concisas que definam a questão e definam o contexto para soluções baseadas em biomimética. Por exemplo, "Como podemos desenhar edifícios energeticamente eficientes que regulem a temperatura de forma natural, inspirados em sistemas biológicos como os montículos de térmitas?"



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

5.2 Geração de soluções inspiradas na biomimética

Uma vez identificado um desafio, o passo seguinte é gerar soluções inspiradas na natureza. Este processo envolve investigação, ideação e aplicação de princípios de biomimética (Deldin e Schuknecht, 2014).

Os passos para gerar uma solução incluem:

- **Investigue modelos biológicos:** Os estudantes devem investigar como a natureza aborda desafios semelhantes. Por exemplo, estudar como as folhas otimizam a captação de luz para o design de painéis solares.
- **Fazer brainstorming e idear:** Facilitar sessões de brainstorming onde os alunos propõem múltiplas soluções baseadas na sua investigação biológica.
- **Selecione e aperfeiçoe:** Forneça aos alunos feedback iterativo para os ajudar a escolher a solução mais viável e impactante e a refinar as suas ideias.
- **Protótipo e teste:** Incentive os alunos a construir protótipos, testar as suas soluções e ajustar com base no desempenho e no feedback. Durante a prototipagem, os alunos podem inspirar-se em exemplos da natureza, tais como:
 - **Velcro®:** Inspirado nas sementes de rebarba que aderem ao pelo dos animais.
 - **Superfícies autolimpantes:** Inspiradas na folha de lótus, que repele água e sujidade.
 - **Ventilação eficiente em termos energéticos:** Inspirada nos montes de térmitas que regulam a temperatura interna.

5.3 Desenvolvimento e documentação de estudos de caso

Documentar projetos de biomimética como estudos de caso é crucial para a aprendizagem, reflexão e partilha de conhecimento com um público mais vasto. Um estudo de caso bem documentado destaca todo o processo, desde a identificação do problema até à implementação e resultados da solução (Pawlin, 2011).



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Elementos-chave de um estudo de caso de biomimética incluem:

- **Introdução e contexto:** Forneça contexto para o projeto, incluindo o desafio identificado e a sua importância.
- **Inspiração biológica:** Descreva os sistemas ou organismos naturais que inspiraram a solução, detalhando as suas características e funções relevantes.
- **Processo de conceção e desenvolvimento:** Descreva os passos para desenvolver a solução, incluindo investigação, ideação, prototipagem e testes.
- **Resultados e Impacto:** Apresente os resultados do projeto, incluindo a eficácia da solução e o impacto potencial.
- **Reflexões e Aprendizados:** Reflita sobre os sucessos, desafios e lições aprendidas ao longo do projeto.
- **Documentação Visual:** Inclua imagens, esboços, diagramas e protótipos para ilustrar o progresso do projeto.

Segue-se um exemplo de estudo de caso desenvolvido através de abordagens educativas baseadas na biomimética:

Título: Sistema de recolha de água inspirado na natureza.

Objetivo: Conceber um sistema de recolha de água para regiões áridas.

Inspiração biológica: Estudo do escaravelho do deserto do Namíbi, que recolhe água do nevoeiro usando a sua concha texturizada.

Solução: Um dispositivo de captação de nevoeiro com uma superfície que imita a concha do escaravelho, otimizando a eficiência da captura de água.

Resultados: Aumento das taxas de recolha de água em testes de campo em comparação com os métodos tradicionais.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Reflexões:** Insights sobre a melhoria da escalabilidade do design e a exploração de modelos biológicos adicionais para aprimoramento.



**Co-funded by
the European Union**

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

6. Apoiar recursos e ferramentas pedagógicas

Um ensino eficaz em biomimética requer a utilização de métodos inovadores, ferramentas digitais e estratégias que incentivem a aprendizagem colaborativa. Esta secção oferece aos educadores abordagens práticas e recursos para melhorar o envolvimento dos alunos e os resultados de aprendizagem.

6.1 Recursos e ferramentas digitais convencionais

As ferramentas digitais reforçam a educação em biomimética ao proporcionar acesso a recursos, facilitar a colaboração e apoiar projetos criativos.

Ferramentas e recursos essenciais incluem:

- **Sistemas de gestão de aprendizagem (LMS):** Plataformas como o Google Classroom ou o Moodle ajudam a organizar o conteúdo dos cursos, trabalhos e discussões.
- **Recursos específicos para biomimética:** Sites como AskNature.org oferecem uma base de dados de estratégias e soluções biológicas que podem inspirar os estudantes.
- **Software de modelação 3D:** Ferramentas como o Tinkercad® ou o SketchUp® permitem aos alunos criar protótipos digitais de designs inspirados na biomimética.
- **Plataformas colaborativas:** Ferramentas como Miro®, Trello® e Padlet® permitem brainstorming, acompanhamento de projetos e partilha de ideias.
- **Vídeo e multimédia:** Vídeos de plataformas como o YouTube® ou TED Talks® podem fornecer explicações visuais e exemplos reais de biomimética.

6.2 Bases de dados e redes externas de biomimética

A biomimética é um movimento global com inúmeros recursos disponíveis para exploração adicional. As seguintes bases de dados e redes são ferramentas valiosas para aceder a estudos de caso de biomimética, conectar-se com especialistas e descobrir inovações inspiradas na natureza.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Os principais recursos externos de biomimética incluem:

- **AskNature:** Um extenso recurso online criado pelo Instituto de Biomimética. Oferece uma vasta base de dados de estratégias biológicas que os inovadores traduziram em soluções para desafios de design. Professores e alunos podem procurar inovações inspiradas na natureza, baseadas em energia, transporte, água e outros temas.
Website: www.asknature.org
- **Biomimicry Global Network:** Uma rede que liga profissionais, educadores e estudantes para trocaram ideias e conhecimentos e colaborarem em projetos. Esta rede permite que as pessoas aprendam com os outros e façam crescer o movimento a nível global.
Site: www.biomimicry.org
- **Rede Bioneers:** Uma rede que promove o poder das soluções baseadas na natureza, a Bioneers reúne indivíduos e organizações que trabalham na interseção entre a mudança ecológica e social.
Site: www.bioneers.org
- **Bases de dados locais de biodiversidade e ecossistemas:** Vários repositórios nacionais e regionais de biodiversidade fornecem informações detalhadas sobre a flora e fauna locais. Estes recursos podem inspirar os estudantes ao desenhar projetos de biomimética. Exemplos incluem bases de dados europeias e nacionais como o Instituto Europeu de Bioinformática e esforços regionais de conservação.
- **Laboratório de Inovação do Biomimicry Institute:** Este espaço colaborativo online ajuda inovadores e educadores a conectarem-se com as soluções da natureza para enfrentar os desafios do design humano. Os recursos, webinars e laboratório de inovação do Instituto proporcionam acesso direto a investigação e projetos de ponta.
Site: www.biomimicry.org/innovation-lab



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

6.3 VAMOS IMITAR O PORTAL

O portal LET's MIMIC fornece informações abrangentes que ajudam os visitantes:

- **Conceitos de biomimética:** Compreender os passos da biomimética de
- **LET' MIMIC design de aprendizagem metodológica:** Relatórios técnicos sobre a implementação do projeto, incluindo metodologias.
- **VAMOS IMITAR os serviços e conteúdos de aprendizagem digital:** Acesso direto e aberto a serviços digitais para apoiar o processo de aprendizagem biomimética.
- **Conteúdo de apoio para educadores LET's MIMIC:** O material de apoio inclui um kit de aprendizagem autorregulado, módulos de formação, um manual da plataforma digital de aprendizagem e muito mais.
- **VAMOS IMITAR material informativo:** folhetos e boletins informativos.
- **VAMOS IMITAR eventos e informação de divulgação:** Eventos, publicações científicas e atividades de divulgação, como artigos na internet, publicações em redes sociais, comunicados de imprensa e muito mais.

Website: letsmimic.eu

6.4 Plataforma digital de aprendizagem LET's MIMIC para biomimética

A **plataforma digital de aprendizagem MIMIC do LET para biomimética** é um espaço digital concebido para potenciar a aprendizagem através da **metodologia de conceção do processo de biomimética do LET's MIMIC** (relatório técnico do LET's MIMIC D2.1 PARTE B – Quadro de Aprendizagem Baseado em Projetos para Design de Processos de Biomimética, 2025). A plataforma digital oferece um ambiente colaborativo onde estudantes e professores de EFP podem explorar caminhos de aprendizagem **baseados em problemas e autorregulados (SRL-P)**.

As principais funcionalidades e componentes da plataforma são:



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Módulo de microaprendizagem:** Este módulo fornece unidades de aprendizagem curtas e focadas que permitem aos alunos participar em formação quando lhes for conveniente, promovendo experiências de aprendizagem personalizadas e flexíveis.
- **Módulo de Aprendizagem Auto-Regulada:** Este módulo apresenta conteúdos adaptados a objetivos individuais, permitindo aos alunos definir os seus próprios percursos de aprendizagem através de desafios gamificados.
- **Módulo de trabalho em equipa:** Este módulo é um espaço colaborativo que incentiva a interação, a partilha de ideias e o pensamento de ordem superior através de atividades em grupo.
- **Módulo de gamificação:** A gamificação inclui funcionalidades como pontos, distintivos e tabelas de classificação para motivar e envolver os alunos.
- **Módulo de avaliação:** Este módulo monitoriza o progresso e fornece feedback para ajudar os alunos a melhorar o desempenho.

6.5 VAMOS IMITAR O KIT DE APRENDIZAGEM AUTORREGULADO

O desenvolvimento de desafios educativos e estudos de caso é uma pedra angular desta atividade, documentada num documento abrangente que apresenta uma coleção de casos abordados através da biomimética e casos abertos para uso em sala de aula (relatório técnico LET's MIMIC D3.2 Self-Regulated Learning Kit, 2025). Este kit inclui:

- **Estudos de caso educativos para competências do século XXI:** Um conjunto abrangente de 60 estudos de caso baseados em problemas da vida real. Estes desafios reforçam competências críticas, incluindo resolução de problemas, pensamento analítico, pensamento criativo, literacia em TIC e abordagens interdisciplinares às disciplinas STEM.
- **Banco de recursos sobre soluções inspiradas na biomimética:** Um repositório curado de 60 soluções inspiradas na biomimética, relevantes para a idade e o nível de conhecimento dos alunos de VE. Estas soluções ajudam os alunos a traçar paralelos entre sistemas



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

naturais e desafios humanos, aplicando a biomimética para inovar. As soluções abordam os estudos de caso mencionados acima. Existe uma correspondência direta entre os desafios de aprendizagem e as soluções inspiradas na biomimética.

- **Um conjunto de desafios abertos que podem ser abordados através da biomimética:** Os desafios seguem um formato semelhante ao dos estudos de caso, mas são abertos, sem solução fornecida. Destinam-se à utilização direta na sala de aula por educadores e são concebidas para serem abordadas por alunos em equipas para inovação baseada em biomimética. Os educadores também podem usá-los como referência para estruturar atividades adicionais para os alunos.

Os estudos de caso e os desafios foram concebidos para serem integrados na plataforma de aprendizagem digital MIMIC da LET's e utilizados num ambiente digital altamente interativo e envolvente. No entanto, também podem ser usados offline, se necessário. Ao envolver-se neste processo, os aprendentes adquirem competências de sustentabilidade e desenvolvem uma compreensão mais profunda dos princípios da biomimética e da sua aplicação prática.

6.6 MÓDULOS DE TREINO LET'S MIMIC

Os módulos de formação MIMIC do LET constituem atividades abrangentes de ponta a ponta focadas em cada etapa da biomimética: definir, biologizar, descobrir, abstrair, emular e avaliar. Integram conteúdos do kit de aprendizagem autorregulado LET's MIMIC e conteúdos adicionais organizados de forma a que os educadores possam ser usados diretamente na sala de aula.

Os módulos de formação são um recurso adicional de aprendizagem para educadores, ajudando a desenvolver conhecimentos e competências dos alunos em design de biomimética.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

7. Recomendações de implementação em contextos locais

Integrar a biomimética na educação de EFP requer estratégias de implementação ponderadas, adaptações localizadas e apoio robusto dos professores. Esta secção apresenta abordagens práticas para ajudar os educadores a implementar eficazmente o conteúdo do manual e a monitorizar o seu impacto.

7.1 Adaptação do manual a contextos locais

Cada ambiente educativo tem necessidades únicas, e adaptar materiais didáticos de biomimética aos contextos locais garante relevância e eficácia.

As principais estratégias de adaptação a contextos locais incluem (Maccioni et al., 2024):

- **Compreender os desafios locais:** Identificar desafios ambientais ou sociais regionais que possam ser abordados através de projetos inspirados na biomimética. Por exemplo, soluções para a escassez de água podem ser mais relevantes em regiões áridas.
- **Incorporar a biodiversidade local:** Dê ênfase à flora e fauna locais nos materiais didáticos, ajudando os alunos a conectar-se com o seu ambiente imediato.
- **Relevância linguística e cultural:** Traduzir ou modificar conteúdos para refletir línguas locais, referências culturais e práticas de ensino.
- **Envolvimento das partes interessadas:** Colaborar com indústrias locais, organizações ambientais e partes interessadas da comunidade para alinhar projetos de biomimética com necessidades do mundo real.

7.2 Formação e apoio aos professores

Os professores precisam de formação e apoio contínuo para transmitir conteúdos de biomimética e facilitar o envolvimento dos alunos com confiança (Schunk e Mullen, 2013).

As estratégias de formação e apoio de professores incluem:



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Workshops e seminários:** Realizar sessões de formação sobre conceitos de biomimética, métodos de ensino e abordagens de aprendizagem baseada em projetos.
- **Programas de mentoria:** Associe professores a especialistas em biomimética ou educadores experientes que possam fornecer orientação e boas práticas.
- **Bibliotecas de recursos:** Desenvolva um repositório de materiais didáticos, planos de aula e estudos de caso para fácil acesso e referência.
- **Redes de aprendizagem entre pares:** Crie fóruns ou grupos onde os professores possam partilhar experiências, desafios e soluções.
- **Desenvolvimento profissional contínuo:** Oferecer oportunidades de aprendizagem contínua através de webinars, cursos online e conferências focadas em biomimética e práticas de ensino inovadoras.

7.3 Monitorização e avaliação

Monitorizar e avaliar a eficácia da educação em biomimética é essencial para garantir que os objetivos de aprendizagem são atingidos e identificar áreas de melhoria (Jituafua, 2024).

As técnicas de monitorização e avaliação da eficácia de uma intervenção de aprendizagem biomimética incluem:

- **Avaliações dos alunos:** As avaliações formativas podem ajudar a avaliar a compreensão e aplicação dos princípios de biomimética pelos alunos, garantindo feedback contínuo e melhoria ao longo do processo de aprendizagem. As avaliações sumativas podem ser usadas seletivamente para avaliar projetos finais ou apresentações.
- **Resultados do Projeto:** Avaliar a qualidade e o impacto dos projetos dos alunos, focando-se na criatividade, inovação e aplicabilidade no mundo real.
- **Mecanismos de feedback:** Recolha de feedback de alunos, professores e partes interessadas para compreender as suas experiências e identificar desafios.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

- **Estudos de impacto:** Realizar estudos para medir o impacto a longo prazo da educação em biomimética nas competências, escolhas de carreira e contribuições para a sustentabilidade dos alunos.
- **Melhoria contínua:** Utilize os dados de avaliação para aperfeiçoar materiais de ensino, metodologias e sistemas de apoio, garantindo relevância e eficácia contínuas.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

8. Leitura adicional e investigação

Para educadores, estudantes e investigadores que pretendam aprofundar o campo da biomimética, os seguintes livros, artigos e recursos online são essenciais:

Livros recomendados:

- **Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza**, de Janine Benyus Este livro inovador apresenta os princípios da biomimética e mostra como a inovação inspirada na natureza pode resolver alguns dos desafios mais prementes do mundo.
Editora: HarperCollins
- **Design for Life: The Architecture of the Natural World**, de Sim Van der Ryn Focado no design ecológico, este livro explora como os sistemas e organismos naturais podem orientar o design sustentável na arquitetura e além.
Editora: Greenleaf Publishing
- **Natureza da Tecnologia: O Que É e Como Evolui**, por W. Brian Arthur Uma exploração da evolução tecnológica e de como os processos da natureza podem ser refletidos em avanços tecnológicos.
Editora: Free Press



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

9. Conclusões

Este documento apresentou uma metodologia para apoiar os educadores no desenho e integração nas práticas de biomimética da aprendizagem para inovação inspirada na natureza, com foco na VET. O documento é um manual ao qual os educadores podem recorrer para se inspirarem em metodologias de aprendizagem de biomimética e na integração da biomimética nas práticas de aprendizagem ativa e experiencial existentes, particularmente baseadas em problemas e projetos. O documento apresenta ainda passos que orientam os educadores na conceção de atividades de biomimética para os alunos. Descreve recursos digitais de suporte, tanto desenvolvidos pelo MIMIC do projeto LETS como externos, como bases de dados e redes de biomimética. O documento é um recurso valioso para enriquecer as práticas de VET através da biomimética e para o desenvolvimento de competências de inovação e sustentabilidade dos estudantes.



**Co-funded by
the European Union**

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

Referências

1. Benyus, J. M. (1997). *Biomimética: Inovação inspirada pela natureza*. Harper Pereneal.
2. Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Inverta a Sua Sala de Aula: Alcance todos os alunos em todas as turmas todos os dias*. Sociedade Internacional para a Tecnologia na Educação (ISTE).
3. Bhushan, B. (2009). *Biomimética: Lições da natureza – Uma visão geral*. Transações Filosóficas da Royal Society A: Ciências Matemáticas, Físicas e de Engenharia, 367(1893), 1445–1486.
4. Instituto de Biomimética (2017). Online em: <http://biomimicry.org>.
5. Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). *A Sala de Aula Invertida: Um Resumo da Investigação*. Na 120.ª Conferência e Exposição Anual da ASEE (pp. 23.1200.1–23.1200.18). Sociedade Americana para a Educação em Engenharia. Online em: <https://peer.asee.org/22585>.
6. Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). *Motivar a aprendizagem baseada em projetos: Sustentar o fazer, apoiar a aprendizagem*. *Psicólogo Educacional*, 26(3-4), 369–398. Online em: <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.
7. Este artigo fornece uma definição fundamental de PBL, enfatizando a investigação conduzida pelo estudante, a relevância no mundo real e o envolvimento sustentado em projetos significativos.
8. Brown, T. (2009). *Mudança por Design: Como o Design Thinking Cria Novas Alternativas para os Negócios e a Sociedade*. Negócios da Harper.
9. Buchem, I., & Hamelmann, H. (2010). Microaprendizagem: Uma estratégia para desenvolvimento profissional contínuo. *eLearning Papers*, 21, 1–15.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

10. Deldin, J.-M., & Schuknecht, M. (2014). *A Base de Dados AskNature: Soluções Habilitadoras em Design Biomimético*. Em A. K. Goel, D. A. McAdams, & R. B. Stone (eds.), *Design Inspirado Biologicamente: Métodos e Ferramentas Computacionais* (pp. 17–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5248-4_2
11. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). *Desde elementos de design de jogos até à jogabilidade: Definição de "gamificação"*. Atas da 15.ª Conferência Internacional Académica MindTrek, 9–15. ACM. Online em: <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>.
12. El-Zeiny, R. M. A. (2012). *Biomimetismo como metodologia de resolução de problemas em arquitetura de interiores*. Procedia - Ciências Sociais e do Comportamento, 50, 502–512.
13. Hmelo-Silver, C. E. (2004). *Aprendizagem Baseada em Problemas: O Que e Como Aprendem os Alunos?* Revista de Psicologia Educacional, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
14. Hug, T. (2005). *Micro Aprendizagem e Narração: Exploração das possibilidades de utilização de narrações e narrativas para o desenho de "micro unidades" e arranjos didáticos de microaprendizagem*. Nos Atas da 4.ª Conferência Internacional sobre Media na Educação.
15. Jituafua, A. (2024). *Um programa de desenvolvimento profissional baseado na biomimética para melhorar a criatividade em projetos STEM dos professores em formação de ciências*. Revista de Educação Científica Turca, 21(4), 705–722. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1457788.pdf>.
16. Kennedy, E. B., Marting, L., & Bai, Y. (2015). *O caminho para a biomimética: Explorar o processo de encontrar estratégias biológicas para soluções sustentáveis*. Sustentabilidade, 7(1), 566–579.
17. Kolb, D. A. (1984). *Aprendizagem experiencial: A experiência como fonte de aprendizagem e desenvolvimento*. Aprendizagem Hall.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

18. Relatório técnico do projeto LET's MIMIC, *Matriz de Resultados de Aprendizagem para Competências de Sustentabilidade em EFP* (2025). Online em: <https://letsmimic.eu/project-reports/>.
19. Relatório técnico do projeto LET's MIMIC, *Estrutura de Aprendizagem Baseada em Projetos para o Design de Processos de Biomimética* (2025). Online em: <https://letsmimic.eu/project-reports/>.
20. Maccioni, S., D'Angella, F., De Carlo, M., & Sfogliarini, B. (2024). *Envolvimento das partes interessadas e gatilhos para o desenvolvimento sustentável em ecossistemas complexos e frágeis: Evidências da Região do Trentino Alpino*. *Sustentabilidade*, 16(22), 9879. <https://doi.org/10.3390/su16229879>
21. Mejía-Villa, A., Cabra, J. F., & Osman, S. (2023). *Formação para a Sustentabilidade através da Biomimética e Processos Criativos de Resolução de Problemas*. *Journal of Cleaner Production*, 382, 135287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135287>.
22. Oguntona, O., & Aigbavboa, C. (2023). *Lições de Biomimética para Ensino e Aprendizagem no Ensino Superior*. Em M. Makua et al. (Eds.), *Atas da 10.ª Conferência de Foco (TFC 2023)* (pp. 125-134). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-134-0_12
23. Pawlyn, M. (2011). *Biomimética na arquitetura*. RIBA Publishing.
24. Papert, S. (1993). *Tempestades Mentais: Crianças, Computadores e Ideias Poderosas*. Livros básicos.
25. Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). *Fases da Aprendizagem Baseada na Investigação: Definições e o Ciclo da Investigação*. *Revisão de Investigação Educacional*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.
26. Pawlyn, M. (2011). *Biomimética na Arquitetura*. RIBA Publishing.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.

27. Schunk, D. H., & Mullen, C. A. (2013). *Rumo a um Modelo Conceptual da Investigação em Mentoria: Integração com a Aprendizagem Auto-Regulada*. *Revisão de Psicologia Educacional*, 25(3), 361–389. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9233-3>.
28. Thomas, J. W. (2000). *Uma revisão da investigação sobre aprendizagem baseada em projetos*. A Fundação Autodesk.
29. Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). *Biomimética: A sua prática e teoria*. *Revista da Royal Society Interface*, 3(9), 471–482.



Co-funded by
the European Union

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Executiva Europeia para a Educação e Cultura (EACEA).

Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas por elas.