

DEMIAN DA SILVEIRA BARCELLOS

FRONTEIRAS QUE CONECTAM

EDUCAR PARA TRANSFORMAR



NOSSO FUTURO SUSTENTÁVEL
EIXO ENERGIA & ÁGUA

FTD
educação



PUCPR
GRUPO MARISTA

ICT

INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

PUCPRESS

DEMIAN DA SILVEIRA BARCELLOS

FRONTEIRAS QUE CONECTAM

EDUCAR PARA TRANSFORMAR

NOSSO FUTURO SUSTENTÁVEL
EIXO ENERGIA & ÁGUA

2025

FTD
educação



PUCPR
GRUPO MARISTA

ICT

INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

PUCPRESS

© 2025, Demian da Silveira Barcellos
2025, PUCPRESS, FTD

Esta coleção, na totalidade ou em parte, não pode ser reproduzida por qualquer meio sem autorização expressa por escrito da Editora.

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Reitor

Ir. Rogério Renato Mateucci

Vice-Reitor

Vidal Martins

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Paula Cristina Trevilatto

PUCPRESS

Gerência da Editora

Michele Marcos de Oliveira

Edição

Juliana Almeida Colpani Ferezin

Preparação de texto e revisão

Juliana Almeida Colpani Ferezin

Capa e projeto gráfico

Rafael Matta Carnasciali

Diagramação

Rafael Matta Carnasciali

Imagens de Miolo

AdobeStock_495415137, AdobeStock_623507668,
AdobeStock_623518675, AdobeStock_602629231,
AdobeStock_838130721, AdobeStock_826145875,
AdobeStock_828937034, AdobeStock_193254518,
AdobeStock_598393561, AdobeStock_55844686,
AdobeStock_521654488, AdobeStock_190469634,
AdobeStock_383310009, AdobeStock_699740645,
AdobeStock_452530266, AdobeStock_453748771,
AdobeStock_516248918, AdobeStock_583291606,
AdobeStock_748061576, AdobeStock_1071481739,
AdobeStock_868104712, AdobeStock_1110884635,
AdobeStock_1021933734

PUCPRESS /

Editora Universitária Champagnat
Rua Imaculada Conceição, 1155
Prédio da Administração - 6º andar
Campus Curitiba - CEP 80215-901
Curitiba/PR
Tel. +55 (41) 3271-1701
pucpress@pucpr.br

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central
Gisele Alves – CRB 9/1578

FTD

Diretoria-Geral

Ricardo Tavares

Diretor Comercial e Educacional

Aramis Antonio da Luz

Diretora Adjunta Educacional

Cintia Cristina Bagatin Lapa

Gerência Educacional

Isabelle Daniel de Araújo Porteles

Gerência Marketing

Clayton Luiz Ferreira de Oliveira

FTD Educação

Rua Rui Barbosa, 156 - Bela Vista
São Paulo/SP
CEP 01326-010 - www.ftd.com.br

COLABORADORES

Coordenação do projeto

Isabelle Daniel de Araújo Porteles (FTD)
Michele Marcos de Oliveira (PUCPRESS)

Organizadoras

Cleybe Hirole Vieira (ICT/PUCPR)
Juliana Almeida Colpani Ferezin
(PUCPRESS)

Coordenação audiovisual

Carla Maria Machado de Carvalho (FTD)

Articulação

Daniele Saheb Pedroso (PPGE/PUCPR)
Mirian Celia Castellain Guebert (PPGDH/PUCPR)

Equipe do projeto

Rafaela Nasser Veiga (ICT/PUCPR)
Julianna Alves Rabelo (ICT/PUCPR)

Barcellos, Demian da Silveira
B242n
2025
Nosso futuro sustentável : eixo energia & água / Demian da Silveira Barcellos. -
Curitiba : PUCPRESS ; São Paulo : FTD, 2025.
1 recurso on-line (65 p.). - (Coleção Fronteiras que conectam: educar para
transformar)

Publicação digital (e-book) em formato PDF
Inclui bibliografias
ISBN: 978-65-5385-153-5 (PDF)
978-65-5385-152-8 (e-book)
978-65-5385-154-2 (audiobook)

1. Sustentabilidade e meio ambiente. 2. Recursos hídricos. I. Título. II. Série.

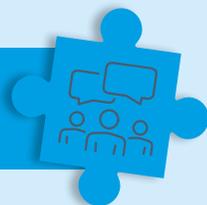
SUMÁRIO

DE EDUCADOR PARA EDUCADOR	4
PALAVRA INSTITUCIONAL	6
DA AUTORIA	7
CONHEÇA O SEU VOLUME	8
NOSSO FUTURO SUSTENTÁVEL	13
UNIDADE 1 - SUSTENTABILIDADE HÍDRICA E ENERGÉTICA	14
PERCURSO FORMATIVO	23
UNIDADE 2 - DESAFIOS GLOBAIS EM ÁGUA, SANEAMENTO E ENERGIA	24
UNIDADE 3 - RECURSOS PARA A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA E ENERGIA LIMPA	34
UNIDADE 4 - INICIATIVAS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E NO USO DE ENERGIA	46
REFERÊNCIAS CONSULTADAS	55
CHEGOU A HORA DE NOS DAR SEU FEEDBACK!	61

SEÇÕES ESPECIAIS

CLUBE DE CIÊNCIAS	33
LABORATÓRIO DE PESQUISA	42
DISCUSSÃO EM FOCO	44
MÃOS À OBRA	52

DE EDUCADOR PARA EDUCADOR



Educar para a sustentabilidade é um ato de compromisso com o presente e com o futuro. Como educadores, nosso papel é essencial para a construção de um olhar crítico sobre a relação entre sociedade, natureza e tecnologia.

Vivemos em um mundo em que os impactos das mudanças climáticas, a desigualdade no acesso à água e a urgência da transição energética exigem cidadãos capazes de compreender e intervir nesses desafios. Mas como tornar esses temas parte da vivência escolar? Como sair da abstração dos livros e levar a questão da sustentabilidade para a prática pedagógica?

Ao longo deste volume, exploramos inter-relações fundamentais: como a água sustenta ecossistemas e sociedades, como a produção e o consumo de energia influenciam o meio ambiente, e como esses dois elementos estão profundamente conectados. São questões que precisam ser ensinadas de forma integrada, pois só assim conseguimos formar um pensamento sistêmico nos estudantes.

A estrutura do livro convida a uma abordagem que une ciência, prática e reflexão crítica. Aqui, você encontrará conteúdos que possibilitam uma conexão entre a teoria e o cotidiano escolar, além de propostas para tornar o aprendizado mais dinâmico.

Nosso desafio, enquanto educadores, é criar experiências que mobilizem os estudantes. Mais do que ensinar sobre a crise hídrica ou a matriz energética do país, precisamos envolvê-los em discussões que os façam perceber como esses temas estão presentes em suas vidas. Projetos que investi-

gam o consumo de água e energia na escola, análise de políticas públicas, visitas a sistemas de abastecimento e geração de energia, além de experimentações práticas, são caminhos que aproximam a aprendizagem da realidade.

Se queremos um futuro sustentável, precisamos educar para a ação presente. Afinal, como afirma Basarab Nicolescu (2018, p. 143): “A educação está no centro de nosso futuro. O futuro é estruturado pela educação que é dispensada no presente, aqui e agora.” Pequenas mudanças na forma como ensinamos podem gerar grandes impactos na forma como nossos alunos percebem o mundo. Que este livro seja uma ferramenta potente para apoiar sua prática pedagógica e inspirar novas estratégias de ensino. Afinal, cada aula é uma oportunidade de transformação.

Professora Isabelle Porteles
Gerente de Desenvolvimento
Educativo da FTD Educação

Ao final da leitura deste volume, contamos com você na página 61 para uma conversa franca. Queremos ouvir você!



PALAVRA INSTITUCIONAL

Iniciar-se na Ciência, adentrar-se nesse universo tão amplo, tão rico, provar dessa fonte e imaginar-se cientista. Este é o percurso de um jovem que é convidado por um pesquisador para fazer parte da Iniciação Científica. Pelo lado do orientador, é conseguir identificar as potencialidades de um estudante para a pesquisa, é como lapidar um diamante.

E como isso se dá? Por meio de um programa de Iniciação Científica com duração de 12 meses e que ao longo desse tempo o orientador, como um Mestre, guia o estudante, seu discípulo, nos primeiros passos de como se faz Ciência, quer seja em atividades de laboratórios, de busca de literatura científica, de leitura crítica, escrita de documentos, coleta de dados, discussão de dados, participação em grupos de pesquisa, dentre outras atividades. O jovem pesquisador experimenta, ensaia, descobre e, para além das descobertas externas, faz um percurso de descobertas internas de suas habilidades e fraquezas e, principalmente, aguça a vontade de buscar soluções para os problemas ao seu redor.

A Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) considera a iniciação científica uma estratégia de excelência para a formação integral dos jovens, desenvolvendo habilidades de suma relevância para todos os profissionais e, principalmente, para a formação do cidadão crítico e voltado para atuar na sociedade em busca de um mundo melhor. Ao aproximar o jovem ao universo da Ciência, a iniciação científica desperta no estudante a leitura do mundo a partir de referenciais teóricos, a visão crítica de problemas e mobiliza-os para se envolver em ações em busca de soluções.

Este projeto surgiu a partir da parceria da FTD Educação com a Editora PUCPRESS e a Iniciação Científica da PUCPR. Os eixos temáticos desta Coleção foram pensados levando em consideração o contexto e os desafios emergentes globais enfrentados atualmente.

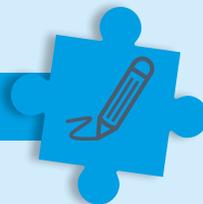
Agradeço a todos os envolvidos, são muitas pessoas dedicadas a este projeto para criar sinergias e viabilizar uma ponte para este trabalho promissor e necessário.

Desejo que esta Coleção inspire pessoas para além-mar, semeie mudanças e traga novas possibilidades.

Professora Cleybe Hiole Vieira

Gerente PIBIC/PUCPR e organizadora da Coleção

DA AUTORIA



Demian da Silveira Barcellos

Professor da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Possui graduação em Engenharia Ambiental pela PUCPR, e mestrado em Gestão Urbana pela mesma Universidade, com estágio na Glasgow Caledonian University, no Reino Unido, e doutorado no mesmo programa, com estágio na Deakin University, na Austrália. É pesquisador de pós-doutorado no Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, pesquisador do Programa de Pesquisa em Cidades Inteligentes e Sustentáveis e Professor dos Cursos de Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da PUCPR. Suas áreas de pesquisa multidisciplinares incluem ciências ambientais, saúde pública, planejamento urbano e ciências sociais aplicadas.



CONHEÇA O SEU VOLUME

Bem-vindo ao nosso mundo da Educação!

Esta coleção apresentará uma estrutura em comum e aqui vamos te apresentar a organização dos capítulos para facilitar sua navegação e otimizar seu aprendizado.

Este volume está dividido em 4 unidades, cada uma cuidadosamente elaborada para abordar os diferentes aspectos do assunto energia e água, seguindo um fluxo lógico e progressivo, garantindo que você construa seu conhecimento de forma clara e eficiente.

UNIDADE 1 SUSTENTABILIDADE HÍDRICA E ENERGÉTICA

1.1 Fundamentos para a Sustentabilidade no Uso da Água e da Energia

A sustentabilidade no uso da água e da energia é fundamental para equilibrar as necessidades humanas e a preservação do meio ambiente. Isso envolve gerenciar esses recursos de forma responsável, assegurando sua disponibilidade para as gerações futuras. Conceitos científicos como os leis da termodinâmica, o ciclo fechado da água, a teoria bacteriológica e a teoria de Gaia ajudam a compreender a complexidade dos sistemas naturais e a necessidade de práticas sustentáveis.

A água, recurso indispensável à vida, possui propriedades únicas, o que a torna diferente dos outros líquidos. Uma dessas características é o seu comportamento anômalo em relação à densidade: ao contrário da maioria das substâncias, a água em estado sólido (gelo) é menos densa do que em estado líquido, permitindo que o gelo flutue. Isso ocorre porque, ao congelar, as moléculas de água formam uma estrutura cristalina hexagonal aberta, que ocupa mais espaço e reduz sua densidade. Essa propriedade é essencial para a vida na Terra, pois superfícies congeladas em rios, lagos e oceanos criam uma camada isolante, protegendo o ambiente líquido abaixo e permitindo a sobrevivência dos organismos aquáticos durante o inverno.

Outro aspecto atípico da água é sua alta capacidade térmica, que se refere à quantidade de calor necessária para alterar sua temperatura. Esse fenômeno está diretamente relacionado às ligações de hidrogênio entre as moléculas, que absorvem e liberam energia lentamente. Como resultado, a água atua como um regulador térmico do planeta, estabilizando o clima e protegendo os ecossistemas de variações extremas de temperatura. Essa característica também é importante no contexto energético: grandes corpos de água ajudam a dissipar o calor em usinas térmicas e nucleares, enquanto no corpo humano a termorregulação regula a temperatura corporal.

Além dessas propriedades, a água segue um ciclo fechado, conhecido como ciclo hidrológico, no qual é continuamente reciclada pela natureza por meio de processos como evaporação, condensação, precipitação e infiltração. Embora a quantidade total de água na Terra permaneça constante, sua qualidade e disponibilidade podem ser profundamente afetadas por atividades humanas. Poluentes como resíduos industriais, microplásticos, fertilizantes, agrotóxicos e efluentes domésticos, comprometem rios, lagos e aquíferos, dificultando a integração da água a esse ciclo natural. Essa realidade evidencia a necessidade de práticas que preservem a qualidade da água e respeitem seu papel nos sistemas naturais.

Assim, a gestão sustentável da água exige ações como proteção de nascentes, infraestrutura que imite a natureza (saneamento ecológico que reduz a geração controlada e a para equilibrar o ambiental. Essas estruturas semprebarra nas f

UNIDADES PRINCIPAIS

Série de elementos fundamentais para o processo de ensino-aprendizagem do tema principal do Volume.

CLUBE DE CIÊNCIAS

Apresentação de um ou mais cientista(s) de grande relevância ao tema do Volume e suas descobertas científicas.



LABORATÓRIO DE PESQUISA

Purificação de Água com Recursos Locais

Esta atividade prática tem o objetivo de demonstrar como purificar água de forma simples, utilizando materiais caseiros, para promover a conscientização sobre a importância da água limpa e o impacto do saneamento básico na qualidade e na saúde pública. Resumidamente, a atividade será realizada em grupos de 10 a 15 alunos por turma. Os filtros desenvolvidos por cada grupo poderão ser comparados no final da atividade.

Passo a passo da atividade prática:

- 1. Introdução e explicação:**
 - Explicar o ciclo hidrológico e os principais contaminantes da água, como metais pesados, bactérias e resíduos orgânicos.
 - Abordar a importância da purificação da água, especialmente em áreas rurais ou com acesso limitado à água potável.
- 2. Montagem do filtro caseiro:**

Materiais para o filtro:

 - Uma garrafa plástica;
 - Algodão ou tecido limpo;
 - Carvão ativado (ou carvão comum, lavado e triturado);
 - Areia limpa;
 - Conchas picadas;
 - Água limpa ou contaminada (simulação com água suja, tintura e amido).

Montagem:

 1. Corte a garrafa ao meio.
 2. Use a parte de cima como o funil para o filtro.
 3. Insira a parte de cima da garrafa, pingando para baixo.
 4. Insira no espaço entre a parte inferior e base cortada o algodão moído, para reter a água filtrada.
 5. A parte de baixo da garrafa pode ser usada como a parte para o filtro ou como recipiente para a água filtrada.
 6. Misture o alvejante ou outro líquido no pingado para simular o material de filtração escurecido.

Assimile o QR Code acima e faça o download do filtro no Sistema de Ensino.





LABORATÓRIO DE PESQUISA

Propostas de experimentos simples, atividades exploratórias ou investigativas para o professor aplicar em sala de aula a fim de desenvolver a curiosidade científica de seus estudantes.

DISCUSSÃO EM FOCO

Aplice as seguintes questões em sala de aula, elas foram projetadas para incentivar uma maior interação com o conteúdo e a análise sobre os conceitos e temas tratados neste volume. Lembre-se que é possível realizar adaptações e incrementos que achar necessário.

- 1. Por que é importante tratar a água antes de consumi-la, mesmo quando parece limpa?**

Resposta: A água pode conter microrganismos patogênicos, como bactérias e vírus, que causam doenças graves, como cólera e diarreia. Além disso, pode conter contaminantes químicos, como resíduos agrícolas ou industriais, que prejudicam a saúde. Mesmo que pareça limpa, sem tratamento adequado, a água pode ser perigosa para consumo.

Dica para o professor: Apresente esta questão para promover uma discussão sobre as diferentes formas de contaminação da água, tanto biológica quanto química. Utilize exemplos locais ou mundiais de surtos relacionados à água contaminada, como epidemias de cólera ou poluição de rios por metais industriais. Proposta que os alunos façam pesquisas sobre como cada tipo de contaminação pode afetar a saúde humana e o meio ambiente.
- 2. Durante a construção do filtro, qual camada você acha que teve o papel mais importante? Por quê?**

Resposta: Cada camada tem sua função. O carvão remove partículas grandes, a areia retém partículas menores, e o carvão elimina odores, cor e algumas

DISCUSSÃO EM FOCO

Questionamentos derivados da atividade proposta no Laboratório de Pesquisa de modo que o educador debata com seus estudantes o experimento realizado.





MÃOS À OBRA

Assinado pela FTD Educação, traz um espaço de diálogo aos educadores, sugere desconstrução, provocação e reflexão das práticas pedagógicas e sua atuação em sala de aula/dentro da escola.

ção global antiga, que ganhou repercussão na década de 1960 com a revolução química, mas que continua sendo relevante.

O futuro roubado: o impacto dos disruptores endócrinos na vida humana e no ambiente.

Theo Colborn, Dianne Dumanoski, John Peterson Myers, 1997.

Primavera Silenciosa. Rachel Carson, 2010.

Os livros *O Futuro Roubado*, de Theo Colborn e colaboradores, e *Primavera Silenciosa*, de Rachel Carson, discutem como compostos sintéticos, incluindo pesticidas e disruptores endócrinos, atingem regiões remotas, como o Ártico, transportados por correntes atmosféricas e aquáticas.

Esses poluentes, mesmo em pequenas concentrações, afetam os sistemas hormonais de seres vivos, provocando desde alterações reprodutivas até o aumento de cas

SUGESTÕES DE LEITURA

Dicas de leitura com sugestões de obras que envolvem o tema trabalhado no Volume.



Você sabe o que é...

Wetland?

Wetland é a denominação inglesa genérica dada às áreas úmidas naturais onde ocorre a transição entre os ambientes aquáticos e terrestres, reconhecidas como um rico habitat para diversas espécies e capazes de melhorar a qualidade das águas.

Smart grids?

Smart grids, ou redes elétricas inteligentes, são sistemas que integram a geração, consumo e distribuição de energia elétrica de forma eficiente, sustentável, segura e econômica.



VOCÊ SABE O QUE É...?

Notas informativas para ampliar o conhecimento sobre o tema trabalhado no Volume.



QR CODES

Direciona o usuário para uma página web de interesse com materiais complementares.

Com o objetivo de apoiar e oferecer intervenções eficazes, este volume desta Coleção trará conteúdos que você possa explorar seus conhecimentos e incrementar sua prática pedagógica.

Utilizamos como apoio o livro *Castellar, Metodologias Ativas*, parte de uma coletânea cuja curadoria visa a promover o fluxo de conhecimento e a aprendizagem.

Metodologias Ativas: Cultura Maker

A cultura *maker* pode ser entendida como uma cultura que reúne e incentiva pessoas interessadas em aprender e ensinar através da prática.



NOSSO FUTURO SUSTENTÁVEL

A água que brota das nascentes ou o calor do sol que nos aquece contam histórias de um sistema planetário delicado, interconectado e finito. Pensar em “Nosso Futuro Sustentável” é reconhecer que nossa sobrevivência está diretamente ligada à forma como gerenciamos a água e a energia, elementos essenciais e inseparáveis. Entender os ciclos naturais, as leis da termodinâmica e os impactos das nossas ações não é apenas ciência, mas um convite à responsabilidade coletiva para proteger o que sustenta a existência humana e a biodiversidade.





UNIDADE 1

SUSTENTABILIDADE HÍDRICA E ENERGÉTICA

1.1 Fundamentos para a Sustentabilidade no Uso da Água e da Energia

A sustentabilidade no uso da água e da energia é fundamental para equilibrar as necessidades humanas e a preservação do meio ambiente. Isso envolve gerenciar esses recursos de forma responsável, assegurando sua disponibilidade para as gerações futuras. Conceitos científicos como **as leis da termodinâmica, o ciclo fechado da água, a teoria bacteriológica e a teoria de Gaia** ajudam a compreender a complexidade dos sistemas naturais e a necessidade de práticas sustentáveis.

Conceitos
básicos de
sustentabilidade
no uso da água e
da energia

A água, recurso indispensável à vida, possui propriedades únicas, o que a torna diferente dos outros líquidos. Uma dessas características é o seu comportamento anômalo em relação à densidade: ao contrário da maioria das substâncias, a água em estado sólido (gelo) é menos densa do que em estado líquido, permitindo que o gelo flutue. Isso ocorre porque, ao congelarem, as moléculas de água formam uma estrutura cristalina hexagonal aberta, que ocupa mais espaço e reduz sua densidade. Essa propriedade é essencial para a vida na Terra, pois superfícies congeladas em rios, lagos e oceanos criam uma camada isolante, protegendo o ambiente líquido abaixo e permitindo a sobrevivência dos organismos aquáticos durante o inverno.



Outro aspecto atípico da água é sua alta capacidade térmica, que se refere à quantidade de calor necessária para alterar sua temperatura. Esse fenômeno está diretamente relacionado às ligações de hidrogênio entre as moléculas, que absorvem e liberam energia lentamente. Como resultado, a água atua como um regulador térmico do planeta, estabilizando o clima e protegendo os ecossistemas de variações extremas de temperatura. Essa característica também é importante no contexto energético: grandes corpos de água ajudam a dissipar o calor em usinas térmicas e nucleares, enquanto no corpo humano a transpiração regula a temperatura corporal.

Além dessas propriedades, a água segue um ciclo fechado, conhecido como ciclo hidrológico, no qual é continuamente reciclada pela natureza por meio de processos como evaporação, condensação, precipitação e infiltração. Embora a quantidade total de água na Terra permaneça constante, sua qualidade e disponibilidade podem ser profundamente afetadas por atividades humanas. Poluentes como resíduos industriais, microplásticos, fármacos, agrotóxicos e esgotos domésticos comprometem rios, lagos e aquíferos, dificultando a reintegração da água a esse ciclo natural. Essa realidade evidencia a necessidade de práticas que preservem a qualidade da água e respeitem seu papel nos sistemas naturais.

Assim, a gestão sustentável da água exige ações como proteção de nascentes, infraestruturas que **mimetizam** a natureza, tratamento eficiente de efluentes e adoção de tecnologias que reduzam o desperdício. Sistemas de reuso, irrigação controlada e infraestrutura adequada são essenciais para equilibrar o consumo humano com a preservação ambiental. Essas estratégias garantem que a água continue desempenhando sua função indispensável nos ecossistemas e na sociedade.



No campo da energia, as leis da termodinâmica são fundamentais para entender a sustentabilidade. A primeira lei da termodinâmica afirma que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. Já a segunda lei determina que, em qualquer transformação, parte da energia se torna inutilizável devido ao aumento da **entropia**. Essas leis explicam por que sistemas ineficientes desperdiçam recursos e geram impactos ambientais maiores. A transição para fontes renováveis, como solar, eólica e biomassa, respeita esses princípios, pois aproveita fluxos energéticos naturais, reduzindo desequilíbrios sistêmicos e geração de poluição atmosférica.

Outro ponto importante para a sustentabilidade é a interconexão entre água e energia, conhecida como nexo água-energia. A geração de energia, especialmente em usinas térmicas e hidrelétricas, consome grandes volumes de água, enquanto o tratamento e a distribuição da água exigem energia. Soluções integradas, como o uso de tecnologias renováveis que demandam pouca ou nenhuma água (eólica e solar), ajudam a aliviar essa pressão mútua, especialmente em regiões onde a escassez de água é um problema.

A teoria bacteriológica complementa a discussão ao destacar o papel dos microrganismos na qualidade da água. A maior parte das bactérias é benéfica, ajudando na decomposição de matéria orgânica e no tratamento de esgotos. Porém, elas também podem ser prejudiciais, propagando doenças como cólera e febre tifoide, por isso o controle da qualidade da água por meio de saneamento básico e desinfecção é uma das medidas mais eficazes para prevenir doenças e proteger a saúde pública. Essa abordagem científica fundamenta as práticas modernas de gestão da água e é essencial para garantir o bem-estar humano.

Além disso, a sustentabilidade se apoia em uma visão mais ampla, como a proposta pela **Teoria de Gaia**, que sugere que a Terra é um sistema vivo e autorregulado. Nesse modelo, os componentes vivos e não vivos (biosfera, atmosfera, hidrosfera e geosfera) interagem para manter condições favoráveis à vida. O ciclo da água, a fotossíntese das plantas e a decomposição de matéria orgânica são exemplos de processos interconectados que estabilizam o clima e sustentam os ecossistemas. Alterações nesses sistemas, como poluição de corpos d'água ou emissões excessivas de gases poluentes, podem desestabilizar o equilíbrio global, afetando todos os seres vivos.

Desse modo, educação e conscientização são pilares fundamentais para promover o uso sustentável da água e da energia. Quando as pessoas compreendem conceitos como o ciclo hidrológico, as leis da termodinâmica, o comportamento anômalo da água e o papel da Terra como um sistema autorregulado, tornam-se mais propensas a adotar práticas que respeitem esses princípios. Simples ações, como economizar água, reduzir o desperdício de energia e optar por tecnologias mais eficientes, podem gerar impactos na preservação ambiental.

Em última análise, a sustentabilidade no uso da água e da energia exige uma abordagem sistêmica e integrada. Assim como a teoria de Gaia nos ensina que o planeta é um sistema interligado, nossas ações devem considerar essas conexões e suas consequências globais. A gestão sustentável dos recursos hídricos e energéticos é uma necessidade prática para a nossa sociedade e um compromisso ético com a manutenção das condições que sustentam a vida na Terra. Um futuro sustentável depende de avanços científicos, políticas públicas eficazes e esforços individuais.



1.2 Importância da energia e água limpas para o futuro

A água e a energia são essenciais para a sobrevivência humana e o desenvolvimento sustentável. No entanto, sua gestão inadequada está comprometendo a saúde, o bem-estar social e o equilíbrio ambiental, especialmente em regiões vulneráveis. A transição para fontes limpas de energia e o acesso universal à água potável são prioridades técnicas, mas fundamentalmente também envolvem questões éticas e sociais.

A água também desempenha um papel central na saúde pública. Sem acesso à água limpa, doenças como cólera, disenteria e febre tifoide se proliferam, afetando milhões de pessoas em todo o mundo, especialmente em comunidades marginalizadas. Um exemplo do impacto da água contaminada na saúde foi o surto de cólera em Londres, em 1854, investigado pelo médico John Snow, conhecido como pai de epidemiologia moderna. Na época, acreditava-se que a cólera era transmitida pelo ar, mas Snow mapeou os casos da doença, o que ficou conhecido mais tarde como “Mapa Fantasma”, e identificou que eles estavam ligados ao consumo de água contaminada de uma bomba pública. Sua descoberta revolucionou a forma de entender o papel da água na disseminação de doenças, levando à implementação de sistemas modernos de saneamento básico e abastecimento de água potável.

Além da saúde, o acesso à água está diretamente ligado ao desenvolvimento econômico e à redução de desigualdades. Regiões que sofrem com a escassez hídrica frequentemente enfrentam desafios econômicos adicionais, como a limitação na produção agrícola e o aumento dos custos

de tratamento e distribuição da água. Consequentemente, nessas áreas, mulheres e crianças acabam virando as responsáveis pela coleta de água em locais remotos, sofrendo com a perda de tempo e oportunidades de educação ou trabalho, perpetuando ciclos de pobreza.

Portanto, a conservação da água é prioridade em um momento em que sua escassez está se agravando devido a mudanças climáticas, poluição e consumo excessivo. O aumento de secas severas, aliado à contaminação de fontes hídricas por resíduos industriais, agrotóxicos, **micropoluente**s e esgotos, está reduzindo a disponibilidade de água de qualidade em muitas regiões do mundo. No Brasil, por exemplo, a crise hídrica em grandes centros urbanos, como São Paulo, trouxe à tona a urgência de proteger as nascentes e investir em uma infraestrutura de abastecimento resiliente. Soluções alternativas baseadas na natureza, como a reutilização de águas residuais, captação de água da chuva e recuperação de aquíferos, são possibilidades para enfrentar esse cenário de escassez crescente.

O direito humano à água, reconhecido pela ONU, reforça a necessidade de políticas públicas que priorizem o acesso universal e igualitário. Léo Heller, professor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), além de ser Relator Especial da ONU para os Direitos Humanos à Água e ao Esgotamento Sanitário, destaca que o fornecimento de água potável não deve ser tratado apenas como um problema técnico, mas como uma responsabilidade social. É preciso garantir que populações vulneráveis, tanto em áreas urbanas quanto rurais, tenham acesso a serviços de qualidade, reduzindo as desigualdades no abastecimento.

A sustentabilidade energética é um dos pilares para o enfrentamento dos desafios climáticos e sociais do século



XXI. Especialistas como Sérgio Trindade, conhecido internacionalmente por seu trabalho com biocombustíveis e sua atuação no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), destacam que a transição para fontes limpas de energia é essencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover uma economia de baixo carbono. Trindade enfatiza que soluções como biocombustíveis e outras fontes renováveis não apenas ajudam a mitigar os impactos ambientais, mas também oferecem oportunidades para diversificar a matriz energética e gerar desenvolvimento econômico, especialmente em países com vasto potencial para produção de energia renovável, como a maioria dos países em desenvolvimento.

No campo da energia, a transição para fontes limpas, como a solar e a eólica, é um caminho para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos. Muitas fontes de energia tradicionais, como as térmicas e hidrelétricas, consomem grandes volumes de água para resfriamento ou operação, intensificando os desafios da gestão integrada de água e energia. Por isso, a adoção de tecnologias renováveis com menor impacto hídrico é uma solução que beneficia ambos os setores.

A interdependência entre água e energia é evidente. O fornecimento de água tratada e sua distribuição dependem de energia, enquanto a geração de energia, em muitos casos, exige água em grandes quantidades. Essa relação exige uma abordagem integrada. Sistemas descentralizados de captação de água da chuva e geração de energia solar são soluções implementadas diretamente em locais específicos, sem a necessidade de infraestrutura centralizada e complexa. Esses sistemas se destacam por oferecer alternativas viáveis para áreas vulneráveis, onde o acesso a redes tradicionais de água e energia é limitado ou inexistente. Além disso, eles aumentam a resiliência das comunidades a eventos

climáticos extremos, como secas prolongadas e inundações, ao reduzir a dependência de fontes externas e ao promover o uso sustentável dos recursos locais.

Além disso, é importante educar e conscientizar a população, pois ações individuais, como economizar água, evitar o desperdício e apoiar fontes de energia renováveis, têm impacto cumulativo. Para isso, é necessário criar políticas públicas que incentivem e tornem viáveis essas práticas, investindo em infraestrutura resiliente, inovação tecnológica e proteção ambiental.

O futuro da humanidade depende das escolhas feitas hoje. Água e energia limpas são mais do que uma necessidade técnica, mas um compromisso com a saúde, o bem-estar social e o equilíbrio ambiental. Ao investir na conservação da água e na transição para fontes renováveis, estamos garantindo a sustentabilidade a longo prazo e o direito fundamental de todos os seres humanos a uma vida digna e saudável.



Você sabe o que é...

Mimetismo?

É uma estratégia evolutiva que permite a alguns seres vivos imitar a aparência ou comportamento de outras espécies ou objetos, para se defenderem de predadores, capturar presas, ou obter outras vantagens. Os insetos são os organismos que mais utilizam o mimetismo, adaptando-se através de características físicas, químicas e comportamentais. Um exemplo de mimetismo é a coruja, que consegue se camuflar em troncos de árvores graças à semelhança entre a cor de suas penas e o ambiente.

Entropia?

A entropia é uma grandeza termodinâmica associada à irreversibilidade dos estados de um sistema físico. É comumente associada ao grau de “desordem” ou “aleatoriedade” de um sistema.

Veja mais sobre “O que é entropia?” em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-entropia.htm>

Teoria de Gaia?

Proposta pelo biólogo britânico James E. Lovelock em 1972, a Teoria de Gaia afirma que o planeta Terra é um imenso organismo vivo, capaz de obter energia para seu funcionamento, regular seu clima e temperatura, eliminar seus detritos e combater suas próprias doenças, ou seja, assim como os outros seres vivos, um organismo capaz de se autorregular. De acordo com a hipótese, os organismos bióticos controlam os organismos abióticos, de forma que a Terra se mantém em equilíbrio e em condições propícias de sustentar a vida.

A hipótese Gaia sugere também que os seres vivos são capazes de modificar o ambiente em que vivem, tornando-o mais adequado para sua sobrevivência. Dessa forma, a Terra seria um planeta cuja vida controlaria a manutenção da própria vida através de mecanismos de feedback e de interações diversas.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/hipotese-gaia.htm>. Acesso em: 17 dez. 2024.

Micropoluentes?

Micropoluentes são substâncias químicas ou compostos presentes no meio ambiente que podem ter efeitos negativos significativos sobre os ecossistemas e a saúde humana. Eles são frequentemente provenientes de atividades humanas e podem ser muito difíceis de remover ou degradar no ambiente. Alguns exemplos de micropoluentes são: metais, pesticidas, solventes, detergentes, produtos farmacêuticos, componentes de cosméticos e produtos de higiene, como filtros solares e fragrâncias.

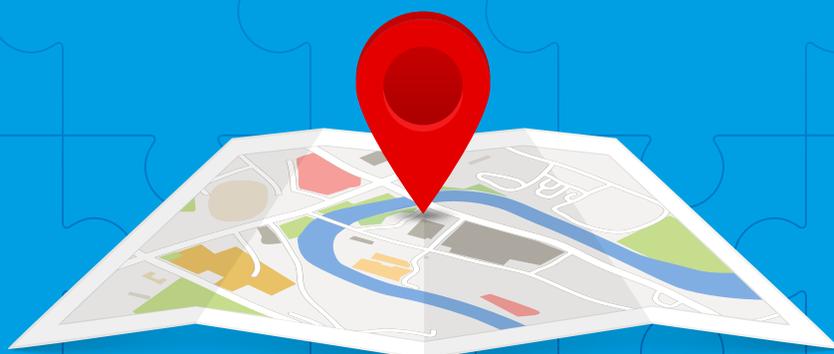


PERCURSO FORMATIVO

A água dos rios, o ar que respiramos e a energia que usamos todos os dias fazem parte de um sistema delicado e finito. Com as mudanças climáticas, as secas prolongadas e os problemas ambientais crescentes, somos confrontados com uma questão essencial: como equilibrar as demandas humanas com a preservação dos recursos que sustentam a vida?

A ciência tem mostrado os impactos de nossas ações. Compostos químicos, micropoluentes e microplásticos ultrapassam fronteiras invisíveis, acumulando-se em ecossistemas e, por vezes, retornando ao ciclo que nos abastece. Ao mesmo tempo, o aumento da demanda por energia intensifica o uso de recursos hídricos, criando um ciclo insustentável. Esses fenômenos mostram que a sustentabilidade não é uma escolha, mas uma necessidade.

Há soluções promissoras, como tecnologias para tratamento de água, sistemas de geração de energia limpa, práticas agrícolas mais sustentáveis, cidades inteligentes, governança eficiente e o engajamento coletivo. Contudo, nenhuma inovação ou estratégia será suficiente sem uma mudança em nossa consciência e ações. É na conexão entre ciência, ética e nossas decisões diárias que reside a verdadeira sustentabilidade.





UNIDADE 2

DESAFIOS GLOBAIS EM ÁGUA, SANEAMENTO E ENERGIA

2.1 Desafios na gestão de recursos hídricos e saneamento

A gestão de recursos hídricos e saneamento enfrenta desafios urgentes, abrangendo tanto a quantidade quanto a qualidade da água. A poluição causada por agrotóxicos, micropoluentes farmacêuticos e microplásticos associada às mudanças climáticas e ao aumento da demanda em grandes centros urbanos comprometem a saúde pública e os ecossistemas. Ao mesmo tempo, fenômenos como os **“rios voadores”** destacam a interconexão dos sistemas hídricos e a importância de olhar para a sustentabilidade de uma forma mais abrangente e em uma escala regional e até mesmo global.

A contaminação química das águas é uma preocupação global antiga, que ganhou repercussão na década de 1960 com a revolução química, mas que continua sendo relevante.

O futuro roubado: o impacto dos disruptores endócrinos na vida humana e no ambiente.

Theo Colborn, Dianne Dumanoski, John Peterson Myers, 1997.

Primavera Silenciosa. Rachel Carson, 2010.

Os livros *O Futuro Roubado*, de Theo Colborn e colaboradores, e *Primavera Silenciosa*, de Rachel Carson, discutem como compostos sintéticos, incluindo pesticidas e disruptores endócrinos, atingem regiões remotas, como o Ártico, transportados por correntes atmosféricas e aquáticas.

Esses poluentes, mesmo em pequenas concentrações, afetam os sistemas hormonais de seres vivos, provocando desde alterações reprodutivas até o aumento de casos de



câncer. Um estudo publicado no periódico britânico *Environment International* em 2022 mostrou uma associação entre a contaminação por agrotóxicos na água e a incidência de câncer em comunidades rurais no Brasil. A pesquisa constatou níveis alarmantes de resíduos químicos em águas destinadas ao consumo humano, evidenciando a urgência de regulamentações mais rigorosas e da transição para práticas agrícolas mais sustentáveis.

Os micropoluentes farmacêuticos são outra preocupação emergente. Resíduos de medicamentos descartados inadequadamente ou excretados pelo organismo entram nos corpos d'água por meio de efluentes domésticos e hospitalares. Esses compostos não são completamente removidos pelos sistemas convencionais de tratamento de esgoto, acumulando-se em rios, lagos e aquíferos. Nos ecossistemas, essas moléculas causam efeitos adversos significativos, como toxicidade crônica e desregulação endócrina, alterando o comportamento reprodutivo de organismos aquáticos. Por exemplo, estudos associam esses efeitos à feminilização de populações de peixes, o que compromete a biodiversidade e os ciclos ecológicos.

Na saúde pública, os riscos são igualmente alarmantes. Micropoluentes farmacêuticos, como hormônios sintéticos e resíduos de antidepressivos, estão associados a distúrbios endócrinos em humanos. Resíduos de antimicrobianos estão associados ao desenvolvimento de bactérias super-resistentes, um problema crescente na saúde global. Alguns autores relacionam a queda progressiva da fertilidade masculina à exposição a essas substâncias, destacando uma redução na contagem e qualidade dos espermatozoides nas últimas décadas. Embora os efeitos de longo prazo ainda estejam sendo estudados, a presença de tais compostos na água potável



representa uma ameaça potencial, exigindo a adoção de tecnologias de tratamento avançadas e a conscientização da sociedade sobre o descarte e uso adequado de medicamentos.

Os microplásticos também ampliam o desafio da qualidade da água. Derivadas da fragmentação de plásticos maiores ou de produtos como cosméticos e roupas sintéticas, essas partículas estão presentes em quase todos os corpos d'água e acumulam-se na cadeia alimentar, causando danos celulares, inflamações e, possivelmente, desregulação imunológica em organismos aquáticos e humanos.

Além dos desafios qualitativos, a gestão quantitativa da água também é essencial, especialmente em regiões que enfrentam escassez hídrica. Grandes centros urbanos, como São Paulo e Cidade do Cabo, passaram por crises severas que expuseram a vulnerabilidade de suas infraestruturas. A crise hídrica de São Paulo em 2015 foi agravada por uma seca histórica, pelo aumento da demanda e pela má gestão dos recursos. De forma semelhante, a Cidade do Cabo, na África do Sul, esteve à beira do “Dia Zero” quando os reservatórios de água chegaram a níveis críticos. Essas experiências mostram a importância de diversificar fontes de água, modernizar redes de distribuição e adotar práticas como reuso de águas residuais e captação de água da chuva.

Um fenômeno essencial para entender a interconexão dos sistemas hídricos é a teoria dos rios voadores. Esses “rios” são massas de vapor de água transportadas pela atmosfera, oriundas da transpiração das florestas tropicais, fenômeno que ocorre especialmente na Amazônia. Essa umidade é carregada por ventos e contribui para a formação de chuvas em regiões distantes, como o Centro-Oeste, e possivelmente, Sudeste e Sul do Brasil. A destruição da floresta amazônica e o avanço do desmatamento comprometem esse

ciclo, reduzindo a disponibilidade de água em grandes bacias hidrográficas e afetando a agricultura e o abastecimento urbano. Essa teoria basicamente tem como hipótese, muito bem fundamentada cientificamente, que a floresta produz a chuva. Portanto, preservar as florestas é fundamental para garantir a segurança hídrica de vastas áreas do Brasil e da própria América Latina.

A experiência da Austrália após a “Seca do Milênio” fornece um exemplo de resiliência na gestão hídrica. O país tornou suas cidades sensíveis à água com soluções baseadas na natureza, implementou usinas de dessalinização, a reutilização de águas residuais/drenagem e campanhas educacionais para incentivar o uso eficiente da água. Essas estratégias, incluídas dentro do conceito de *Water-sensitive Urban Design (WSUD)*, combinadas com políticas de gestão de demanda, ajudaram a mitigar os impactos da escassez e tornaram o sistema hídrico mais resiliente a eventos extremos. Países em desenvolvimento, com seus desafios locais, podem aprender com essas iniciativas, adaptando-as às suas realidades regionais.

A universalização do saneamento básico também é um desafio, especialmente em nações em desenvolvimento, onde milhões de pessoas ainda vivem sem coleta e tratamento de esgoto. Essa deficiência compromete a qualidade dos recursos hídricos e contribui para a proliferação de doenças de veiculação hídrica, como a diarreia e a hepatite A. Investimentos em infraestrutura via parcerias público-privadas, aliados a soluções descentralizadas, como estações compactas de tratamento e sistemas baseados na natureza, são alternativas para atender comunidades remotas e periféricas.

Os impactos das mudanças climáticas agravam todos esses desafios, alterando padrões de precipitação, intensifi-



cando secas e aumentando a frequência de eventos extremos. Esses fenômenos afetam a disponibilidade de água e pressionam mais os sistemas de saneamento existentes.

As questões relacionadas à qualidade e à quantidade da água exigem uma abordagem integrada que combine inovação tecnológica e social. Experiências como as crises de São Paulo e Cidade do Cabo, a resiliência da Austrália e a compreensão do papel dos rios voadores mostram interfaces e caminhos para a gestão sustentável integrada dos recursos hídricos. A universalização do saneamento básico permanece sendo o maior desafio de nações em desenvolvimento. Por outro lado, os novos tipos de poluição que sucederam a revolução química são desafios globais, impactando tanto países em desenvolvimento como as nações ricas da Europa e América do Norte.

2.2 Impacto da disponibilidade energética na qualidade de vida

A energia é essencial para o desenvolvimento social e econômico, influenciando diretamente a qualidade de vida em diversas dimensões, como saúde, educação, mobilidade e trabalho. Sua disponibilidade determina o acesso a serviços básicos e oportunidades de crescimento, especialmente em comunidades vulneráveis. No entanto, desigualdades no acesso à energia e o impacto ambiental de fontes não renováveis evidenciam a necessidade de transição para sistemas mais sustentáveis e inclusivos.

Em regiões da África Subsaariana e da Ásia, onde milhões de pessoas ainda vivem sem acesso à eletricidade, são muitas as consequências da pobreza energética. Sem



energia, muitas comunidades dependem de combustíveis tradicionais, como lenha e carvão, para cozinhar e se aquecer, o que gera poluição e está associado a doenças respiratórias. Além disso, a falta de eletricidade em áreas rurais impede o funcionamento de escolas e centros de saúde, comprometendo o desenvolvimento educacional e a saúde pública nessas comunidades. A instalação de sistemas descentralizados de energia solar nessas regiões tem demonstrado ser uma solução adequada, permitindo acesso básico à iluminação, à água potável por meio de bombas elétricas e até mesmo à conectividade digital.

Na saúde, a energia desempenha um papel indispensável. Hospitais e clínicas necessitam de eletricidade para operar equipamentos médicos, refrigerar vacinas e garantir condições de segurança para procedimentos cirúrgicos. A ausência de energia confiável em áreas rurais impede que sistemas de saúde atendam às populações mais vulneráveis, agravando disparidades no atendimento. Nessas condições, programas que levam energia solar a comunidades isoladas melhoram a infraestrutura local e salvam vidas.

A educação também é profundamente impactada pela disponibilidade energética. Escolas sem eletricidade enfrentam dificuldades para adotar tecnologias modernas de ensino, como computadores e projetores, além de serem limitadas a horários diurnos. O acesso à eletricidade nas escolas, combinado com a eletrificação de vilarejos, permite que exista o estudo em períodos noturnos, oferecendo oportunidades de aprendizado para outras faixas etárias. Projetos de energia renovável em vilarejos da África Subsaariana e do Sudeste Asiático têm mostrado como essas iniciativas podem transformar a realidade de milhares de estudantes, criando ciclos de desenvolvimento.



Além dos benefícios diretos, a energia é um motor de inclusão econômica. O acesso à eletricidade permite a operação de pequenas indústrias, comércios e serviços, estimulando a criação de empregos e a geração de renda. Em regiões onde a eletricidade chega pela primeira vez, observa-se o desenvolvimento de negócios locais. Essa transformação econômica reduz a migração para grandes centros urbanos e fortalece as economias regionais.

Apesar desses avanços, a matriz energética global ainda é dominada por combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e carvão. Esses recursos, embora amplamente disponíveis, contribuem para as mudanças climáticas e estão associados à poluição atmosférica, um problema de saúde pública. A Organização Mundial da Saúde (2021) estima que milhões de pessoas morrem anualmente devido à exposição a partículas finas provenientes da queima de combustíveis fósseis. Por isso, a transição para fontes de energia limpa, como solar e eólica, é necessária para proteger o meio ambiente e garantir uma qualidade de vida saudável.

A eficiência energética também desempenha um papel importante nessa transição. Tecnologias modernas, como redes elétricas inteligentes, iluminação de LED e equipamentos industriais de baixo consumo, ajudam a reduzir o desperdício de energia, permitindo que mais pessoas sejam atendidas com os recursos existentes. Além disso, essas soluções podem ser adaptadas às condições locais, como em regiões da Ásia e da África, onde sistemas descentralizados são mais viáveis economicamente do que grandes redes interligadas.

O nexos entre água e energia também é um aspecto importante. A geração de energia em usinas térmicas, por exemplo, consome grandes volumes de água para resfria-

mento, enquanto o tratamento e a distribuição de água exigem energia. Regiões vulneráveis, como a África Subsaariana, enfrentam desafios ainda maiores, já que a escassez hídrica pode limitar o funcionamento de sistemas de geração e distribuição de energia. Soluções integradas, como energia solar e eólica, oferecem alternativas menos dependentes de água.

Na Ásia, projetos inovadores em energia limpa têm mostrado resultados promissores. A Índia, por exemplo, expandiu significativamente sua capacidade solar nos últimos anos, com grandes parques solares que fornecem energia a milhões de pessoas. Além disso, iniciativas locais que distribuem lanternas solares e sistemas de bombeamento de água têm transformado a vida de comunidades rurais, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e promovendo maior autonomia energética.

Embora a transição para uma matriz energética limpa seja essencial, sua implementação requer políticas públicas robustas, financiamento adequado e colaboração internacional. Investimentos em infraestrutura, parcerias público-privadas e subsídios para tecnologias renováveis são ferramentas fundamentais para garantir que a energia limpa seja acessível a todos. Além disso, é imprescindível promover a conscientização sobre o uso eficiente da energia.

O impacto da disponibilidade energética na qualidade de vida vai além de benefícios econômicos ou avanços tecnológicos. Trata-se de assegurar direitos básicos, como saúde, educação e dignidade. Modelos descentralizados, tecnologias inovadoras e políticas inclusivas oferecem um caminho para aumentar a sustentabilidade energética.



Você sabe o que é...

Rios voadores?

Os rios voadores são “cursos de água atmosféricos” formados por massas de ar carregadas de vapor de água, muitas vezes acompanhados por nuvens, e são propelidos pelos ventos. Essas correntes de ar invisíveis passam em cima das nossas cabeças carregando umidade da Bacia Amazônica para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Essa umidade, nas condições meteorológicas propícias como uma frente fria vinda do sul, por exemplo, se transforma em chuva. É essa ação de transporte de enormes quantidades de vapor de água pelas correntes aéreas que recebe o nome de rios voadores – um termo que descreve perfeitamente, mas em termos poéticos, um fenômeno real que tem um impacto significativo em nossas vidas.

Disponível em: <https://riosvoadores.com.br/o-projeto/fenomeno-dos-rios-voadores/>.





CLUBE DE CIÊNCIAS

Léo Heller

Discute sobre a urgência de universalizar o acesso à água

Pesquisador do Instituto René Rachou (Fiocruz Minas), o engenheiro Léo Heller é ex-relator especial da Organização das Nações Unidas – ONU para Água e Saneamento e autor de publicações que discutem a água sob diversas perspectivas: saúde coletiva, políticas públicas e direitos humanos.

O estudioso defende que a água e o saneamento são direitos fundamentais que têm sido violados em regiões vulnerabilizadas.



UNIDADE 3

RECURSOS PARA A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA E ENERGIA LIMPA

3.1 Conservação de recursos hídricos e energéticos

A conservação de recursos hídricos e energéticos é essencial para garantir um futuro sustentável em um cenário global de crescente pressão sobre sistemas naturais devido à expansão populacional, às mudanças climáticas e ao consumo desenfreado. A integração de práticas tecnológicas, ecológicas e educacionais tem demonstrado grande potencial para promover um uso responsável desses recursos. A adoção de abordagens agroecológicas, tecnologias de tratamento avançado e a conscientização sobre o uso de insumos agrícolas e medicamentos são escolhas importantes que já têm sido praticadas.

Soluções baseadas na natureza têm desempenhado um papel fundamental. Infraestruturas verdes, como telhados verdes, jardins de chuva e pavimentos permeáveis, ajudam a gerenciar a água da chuva em áreas urbanas, reduzindo a pressão sobre sistemas de drenagem e prevenindo inundações. Cidades como Melbourne, na Austrália, têm implementado amplamente essas práticas, destacando-se como um exemplo global de planejamento urbano sustentável. Essas soluções naturais contribuem com as cidades, mas também são caminhos adequados para regiões rurais.

No âmbito da conservação hídrica, práticas como a captação de água da chuva, o reúso de águas residuais e a moderniza-

ção das redes de distribuição são pilares importantes. Entretanto, soluções como as **wetlands** construídas vêm se destacando. Com baixo custo, essas áreas úmidas artificiais, projetadas para tratar águas residuais e melhorar a qualidade da água, podem remover muitos contaminantes, incluindo micropoluentes como fármacos e agroquímicos. Países como França, Alemanha e Austrália têm adotado essas tecnologias em larga escala, utilizando wetlands para tratar águas provenientes de rios poluídos e sistemas de drenagem, promovendo a purificação de efluentes antes de sua devolução ao ambiente.

Além disso, práticas agroecológicas, como a permacultura e as agroflorestas, representam uma abordagem regenerativa para o manejo da terra. Essas técnicas combinam cultivos agrícolas com árvores e vegetação nativa, criando ecossistemas resilientes e produtivos. Ao reduzir ou até eliminar a necessidade de agrotóxicos e fertilizantes químicos, essas práticas melhoraram a qualidade do solo e reduzem a contaminação das águas subterrâneas. No Brasil, os sistemas agroflorestais têm ganhado destaque, promovendo um modelo de agricultura que alia produtividade e conservação ambiental. Outros países, como Índia e Quênia, também têm investido na permacultura como solução sustentável para a produção de alimentos. Um destaque desses sistemas é que, se planejados corretamente, podem ser mais lucrativos do que as convencionais monoculturas pela perenidade da produção e controle natural de pragas.

Na conservação da energia, a eficiência energética continua a ser uma prioridade, com cidades inteligentes liderando essa transformação. Em locais como Barcelona e Singapura, redes inteligentes de energia (**smart grids**) integram fontes renováveis, como solar e eólica, ajustando automaticamente o consumo à demanda e reduzindo desperdícios. Em áreas residenciais e comerciais, sensores e automação permitem controlar o consumo de energia de ma-



neira mais precisa, evitando o uso excessivo e promovendo economia. Por exemplo, o potencial do biogás no tratamento de esgoto é uma alternativa sustentável para a geração de energia elétrica.

Em comunidades de baixa renda, fontes renováveis podem transformar realidades locais ao combinar baixo custo com alto impacto. A instalação de sistemas de microgeração, como painéis solares ou turbinas eólicas comunitárias, pode garantir eletricidade limpa para escolas, centros de saúde e outros serviços essenciais, reduzindo a dependência de fontes fósseis. Redes cooperativas de energia fortalecem a gestão compartilhada dos recursos, enquanto iniciativas como cozinhas coletivas com fogões solares ou de biomassa eficiente oferecem alternativas sustentáveis ao uso de lenha e carvão. A modernização da iluminação pública com lâmpadas LED e o uso de biodigestores para transformar resíduos orgânicos em biogás também demonstram como pequenas mudanças estruturais podem gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Outra questão relevante é o uso consciente de medicamentos e agrotóxicos. A presença de resíduos farmacêuticos e químicos agrícolas em corpos d'água é um problema crescente, com implicações graves para a biodiversidade e a saúde humana. Campanhas educacionais em países da União Europeia incentivam a devolução de medicamentos vencidos ou não utilizados em locais apropriados, evitando seu descarte inadequado no meio ambiente. Na Suécia, o impacto ambiental de medicamentos é disponibilizado de forma online a profissionais da área médica e à população, para que, assim, os medicamentos com menor impacto ambiental sejam escolhidos, quando houver mais de uma opção. Além disso, programas de treinamento para agricultores na França e na Nova Zelândia promovem o uso mais racional

de agroquímicos, incentivando a adoção de técnicas como o manejo integrado de pragas e fertilizantes naturais.

A substituição de usinas térmicas e hidrelétricas por fontes renováveis, como solar e eólica, tem se mostrado eficiente em reduzir o consumo de água no setor energético. Na Califórnia, por exemplo, a ampliação da energia solar tem aliviado a pressão sobre os reservatórios de água, que anteriormente eram utilizados para geração hidrelétrica.

Campanhas públicas que promovam hábitos sustentáveis, como economizar energia, evitar o desperdício de água e usar medicamentos e agroquímicos de forma responsável, têm contribuído com a sustentabilidade. Em escolas e universidades, programas que integram práticas de permacultura e educação ambiental estão formando novas gerações com maior consciência ambiental.

Políticas públicas e governança são essenciais para consolidar essas práticas. Modelos de gestão participativa, como os comitês de bacias hidrográficas, permitem que comunidades locais colaborem no desenvolvimento de soluções integradas. Países como Austrália e Canadá são exemplos de como parcerias entre governos, empresas e a sociedade civil podem alavancar inovações tecnológicas e práticas ecológicas.

A conservação de recursos hídricos e energéticos está aliada à adoção de soluções agroecológicas e ao uso responsável de insumos. Ao combinar tecnologias avançadas, abordagens ecológicas e governança, é possível avançar na gestão da água e energia com benefícios para todos os setores da sociedade.

3.2 Eficiência no uso da água e da energia

É importante capacitar as pessoas para que elas se tornem agentes ativos no uso eficiente de recursos como água e energia.



No contexto domiciliar, a adoção de tecnologias eficientes é uma das primeiras medidas que podem ser tomadas. Instalar arejadores em torneiras, chuveiros de baixa vazão e descargas econômicas são formas simples de reduzir significativamente o consumo de água sem comprometer o conforto. Para o uso eficiente de energia, a troca de lâmpadas incandescentes ou fluorescentes por modelos LED, a utilização de eletrodomésticos com certificação energética – prática já adotada em muitos países como Brasil, Canadá, EUA, União Europeia, Austrália e Nova Zelândia – e o aproveitamento da luz natural são passos importantes. Além disso, o uso de sistemas de captação de água da chuva e de aquecimento solar de água pode ser incentivado em residências, reduzindo tanto a demanda por água tratada quanto o consumo energético associado ao aquecimento elétrico.

Já em comunidades, ações colaborativas ampliam o impacto das iniciativas individuais. A criação de hortas comunitárias com sistemas de irrigação eficientes, como gotejamento, pode promover a sustentabilidade ao mesmo tempo em que fortalece os laços sociais. Esses espaços podem incorporar tecnologias de reaproveitamento de água, como o uso de águas cinzas provenientes de lavagens domésticas (após tratamento adequado), para irrigar plantas não comestíveis. Além disso, a instalação de painéis solares em espaços comunitários, como escolas e centros de convivência, gera energia limpa e serve como modelo inspirador para os moradores.

Educação e conscientização são elementos-chave para engajar as pessoas como agentes ativos na conservação de recursos. Por isso, é necessário realizar campanhas locais que ensinem sobre o impacto do desperdício e ofereçam soluções práticas para o cotidiano, como fechar a torneira durante a escovação dos dentes ou desligar aparelhos eletrônicos quando não estão em uso, além de oficinas e cursos comunitários que

abordem temas como a instalação de sistemas de captação de água da chuva, compostagem e uso de energias renováveis.

Uma abordagem inovadora que tem ganhado espaço é o uso de tecnologias digitais para promover a eficiência. Aplicativos móveis podem ajudar as pessoas a monitorar e gerenciar o consumo de água e energia em tempo real, fornecendo alertas sobre picos de uso e dicas para economizar. Equipamentos inteligentes, como assistentes virtuais conectados a dispositivos domésticos, permitem que moradores ajustem o consumo de acordo com suas necessidades, evitando desperdícios.

Em nível comunitário, a implementação de sistemas compartilhados de energia renovável, como micro redes solares, pode ser uma estratégia promissora. Essas redes permitem que várias residências compartilhem a energia gerada, aumentando a eficiência e reduzindo custos. Similarmente, a criação de bancos de água – reservatórios comunitários para armazenamento de água da chuva ou reaproveitamento de águas cinzas – pode ser uma solução prática para regiões onde a escassez hídrica é uma realidade.

O papel das escolas e universidades na promoção da eficiência também é fundamental. Além de educar sobre o uso consciente da água e da energia, esses espaços podem servir como centros de inovação e disseminação de práticas sustentáveis. Escolas que utilizam sistemas de captação de água da chuva, painéis solares e jardins de chuva, além de reduzir seu impacto ambiental, podem difundir a alunos e suas famílias essas práticas.

Governos e empresas podem desempenhar um papel facilitador ao criar programas que incentivem a eficiência. Subsídios para a aquisição de equipamentos eficientes, incentivos fiscais para construções sustentáveis e financiamentos acessíveis para a instalação de tecnologias renováveis são exemplos de como políticas públicas podem catalisar mudanças em larga escala. Em algumas cidades, como São Paulo, programas de



troca de eletrodomésticos antigos por modelos mais eficientes têm ajudado a reduzir o consumo de energia em comunidades de baixa renda e promovendo a inclusão social.

Além das tecnologias e políticas, é importante valorizar o conhecimento tradicional e as práticas culturais que historicamente promovem a eficiência no uso de recursos. Comunidades indígenas e rurais frequentemente possuem estratégias baseadas no aproveitamento máximo dos recursos disponíveis. Resgatar e adaptar essas práticas ao contexto urbano é uma forma de criar soluções locais e resilientes.

A abordagem integrada que destaca a interdependência entre água e energia deve ser considerada em todas as iniciativas. Sistemas que integram a geração de energia renovável e a gestão hídrica, como o uso de painéis solares para alimentar bombas d'água em regiões agrícolas, são exemplos de como uma visão sistêmica pode promover a eficiência de modo abrangente.

Capacitar as pessoas para agirem como protagonistas na conservação da água e da energia é uma estratégia fundamental na construção de uma sociedade mais consciente e resiliente. Ao integrar tecnologias modernas, educação e ações comunitárias, podemos transformar a maneira como utilizamos esses recursos.





Você sabe o que é...

Wetland?

Wetland é a denominação inglesa genérica dada às áreas úmidas naturais onde ocorre a transição entre os ambientes aquáticos e terrestres, reconhecidas como um rico habitat para diversas espécies e capazes de melhorar a qualidade das águas.

Smart grids?

Smart grids, ou redes elétricas inteligentes, são sistemas que integram a geração, consumo e distribuição de energia elétrica de forma eficiente, sustentável, segura e econômica. As smart grids funcionam de forma bidirecional, permitindo que todos os usuários conectados à rede interajam de forma inteligente e dinâmica. Para isso, utilizam tecnologias como a internet das coisas, inteligência artificial e automação.





Purificação da Água com Recursos Locais

Esta atividade prática tem o objetivo de demonstrar como purificar água de forma simples, utilizando recursos acessíveis, para aumentar a conscientização sobre a importância da água limpa e o impacto do saneamento básico no cotidiano e na saúde pública. Recomenda-se que a atividade seja realizada em grupos de três a cinco pessoas. Os filtros desenvolvidos por cada grupo podem ser comparados no final da atividade.

Passo a passo da atividade prática:

1. Introdução e explicação:

- Explique o ciclo hidrológico e os principais contaminantes da água, como sedimentos, bactérias e resíduos orgânicos.
- Aborde a importância da purificação da água, especialmente em áreas rurais ou com acesso limitado à água potável.

2. Montagem do filtro caseiro:

Materiais para o filtro:

- Uma garrafa plástica;
- Algodão ou tecido limpo;
- Carvão ativado (ou carvão comum, lavado e triturado);
- Areia fina;
- Cascalho pequeno;
- Água turva ou contaminada (simulação com água suja, folhas e areia).

Montagem:

1. Corte a garrafa ao meio.
2. Use a parte de cima como o funil para o filtro.
3. Inverta a parte de cima da garrafa (gargalo para baixo).
4. Encaixe ou apoie essa parte sobre a base cortada (ou outro recipiente) para coletar a água filtrada.
5. A parte de baixo da garrafa pode ser usada como suporte para o filtro ou como recipiente para coletar a água filtrada.
6. Insira o algodão ou pano limpo no gargalo para evitar que os materiais de filtragem escapem.



Word



PDF



Acesse os QR Codes acima e faça o download do seu Roteiro de Projeto!



7. Adicione camadas de carvão, areia e cascalho na parte cônica da garrafa.
 - a) Adicione uma camada de carvão (aproximadamente 5 cm).
 - b) Coloque uma camada de areia (5 cm).
 - c) Adicione uma camada de cascalho (5 cm).
8. Certifique-se de que os materiais estão compactos e não se misturem.

3. Filtragem da Água:

- Coloque água suja no filtro.
- Observe e explique o processo de filtração em cada camada:
 - Cascalho: Retém partículas grandes.
 - Areia: Remove partículas menores e algumas impurezas.
 - Carvão: Elimina odores e substâncias químicas.

4. Desinfecção:

- Após a filtração, ferva a água filtrada para eliminar microrganismos. Outros métodos simples de desinfecção da água, como o uso de cloro ou luz solar (**método SODIS - Solar Water Disinfection**), também podem ser utilizados.
- Explique por que a desinfecção é essencial para a segurança microbiológica da água.

5. Conclusão e Reflexão:

- Compare a água antes e depois do processo.
- Compare os filtros e as águas filtradas de cada grupo.
- Discuta como esse método pode ser adaptado para atender a comunidades locais.
- Explore outros métodos simples de purificação, como o uso de cloro ou luz solar (método SODIS).

Recursos necessários:

1. Garrafas plásticas recicladas;
2. Algodão ou tecido;
3. Carvão ativado ou carvão comum;
4. Areia fina (de preferência, lavada);
5. Cascalho;
6. Recipiente para ferver água;
7. Fogareiro ou outra fonte de calor;
8. Amostras de água turva ou contaminada (para simulação);
9. Materiais didáticos (cartazes ou slides explicativos sobre o ciclo hidrológico e a importância da água potável).

SODIS (Solar Water Disinfection) é uma tecnologia simples para tratamento de água, sendo uma alternativa importante para disponibilizar água em situações de emergência ou onde não há acesso à água potável. A ação concomitante entre a temperatura e a radiação ultravioleta do sol provoca a morte dos microorganismos presentes na água.

DISCUSSÃO EM FOCO



Aplique as seguintes questões em sala de aula, elas foram projetadas para incentivar uma maior interação com o conteúdo e a análise sobre os conceitos e temas tratados neste volume. Lembre-se que é possível realizar adaptações e incrementos que achar necessário.

- 1 - Por que é importante tratar a água antes de consumi-la, mesmo quando parece limpa?

Resposta: A água pode conter microrganismos invisíveis, como bactérias e vírus, que causam doenças graves, como cólera e diarreia. Além disso, pode haver contaminantes químicos, como resíduos agrícolas ou industriais, que prejudicam a saúde. Mesmo que pareça limpa, sem o tratamento adequado a água pode ser perigosa para consumo.

Dica para o professor: Aproveite esta questão para promover uma discussão sobre as diferentes formas de contaminação da água, tanto biológica quanto química. Utilize exemplos locais ou mundiais de surtos relacionados à água contaminada, como epidemias de cólera ou poluição de rios por resíduos industriais. Proponha que os alunos façam pesquisas sobre como cada tipo de contaminação pode afetar a saúde humana e o meio ambiente.

- 2 - Durante a construção do filtro, qual camada vocês acham que teve o papel mais importante? Por quê?

Resposta: Cada camada tem sua função. O cascalho remove partículas grandes, a areia retém partículas menores, e o carvão elimina odores, cor e algumas

substâncias químicas. No entanto, o carvão pode ser considerado o mais importante para purificação química e melhoria da qualidade geral da água.

Dica para o professor: Ao discutir as camadas do filtro, incentive os alunos a fazerem uma análise crítica de como os diferentes materiais funcionam na filtragem.

3- Como podemos adaptar ou melhorar o filtro caseiro para torná-lo mais eficiente ou adequado para as necessidades de uma comunidade local?

Resposta: Algumas melhorias incluem:

- Usar camadas adicionais de materiais para aumentar a eficácia.
- Criar um sistema maior para atender várias pessoas.
- Complementar o filtro com cloro ou métodos solares para maior segurança microbiológica.
- Ensinar o uso de materiais locais, como cascas de coco para carvão ativado.

Dica para o professor: Estimule os alunos a pensar em como as condições locais (como o tipo de água disponível e os recursos materiais da região) podem influenciar a escolha dos materiais para o filtro. Pode ser interessante também convidar especialistas em saneamento ou engenharia para uma palestra ou visita, ampliando o aprendizado prático.





UNIDADE 4 INICIATIVAS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E NO USO DE ENERGIA

4.1 Contribuições da sustentabilidade hídrica para o ODS 6

A sustentabilidade hídrica é fundamental para alcançar o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), que visa garantir a disponibilidade de água limpa e saneamento básico para todos até 2030. Este objetivo aborda não apenas o acesso equitativo à água potável, mas também a necessidade de conservação e gestão sustentável dos recursos hídricos em um cenário de crescente demanda e mudanças climáticas. Iniciativas ao redor do mundo têm demonstrado experiências de como contribuir para o cumprimento dessas metas.

Uma das práticas para avançar no ODS 6 é a adoção de sistemas de captação e reúso de água. No Brasil, as cisternas instaladas em áreas rurais do semiárido, por meio do programa *Água para Todos*, têm transformado a realidade de milhões de famílias, permitindo o armazenamento da água da chuva para consumo doméstico e irrigação. De forma semelhante, em Israel, um dos países que é referência em gestão das águas, mais de 80% das águas residuais tratadas são reutilizadas na agricultura, demonstrando o impacto positivo de tecnologias de reúso em larga escala.

A restauração de ecossistemas hídricos degradados também é uma estratégia poderosa. Na África do Sul, o projeto *Working for Water* combina a restauração de rios e zonas úmidas com a criação de empregos para populações vulneráveis. Além de recuperar áreas críticas para o ciclo da água, essa ini-

ciativa combate a escassez hídrica e promove a inclusão social. No Brasil, esforços para proteger os “rios voadores” — massas de vapor de água originadas na floresta amazônica e responsáveis por chuvas em outras regiões — reforçam a importância de conectar a gestão hídrica à conservação ambiental.

Nas cidades, soluções baseadas na natureza têm ganhado destaque. Em Melbourne, na Austrália, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e telhados verdes integram o planejamento urbano, ajudando a reduzir enchentes e a melhorar a infiltração de água. Essas práticas têm sido replicadas em outras cidades, como Nova Iorque, que implementou valetas de biorretenção para reduzir o impacto de enchentes urbanas e tratar o escoamento superficial.

A governança hídrica desempenha um papel central no avanço do ODS 6. Conselhos de bacias hidrográficas, como os estabelecidos no Brasil para gerir grandes sistemas hídricos como o do Rio São Francisco, têm se mostrado eficazes para integrar os interesses de diversos setores stakeholders locais. Esses fóruns permitem que decisões sobre alocação de recursos e medidas de conservação sejam tomadas de forma inclusiva e participativa.

No contexto global, a desigualdade no acesso à água potável e ao saneamento básico continua sendo um dos maiores desafios. Em muitos países da África Subsaariana, como Uganda, projetos comunitários de poços artesanais e sistemas de filtragem simples têm ampliado o acesso a fontes seguras de água. Parcerias internacionais, como a iniciativa *Water for Life*, têm apoiado financeiramente essas ações e promovido a troca de conhecimento técnico.

A tecnologia também desempenha um papel transformador. A dessalinização da água do mar, amplamente usada em países do Oriente Médio como Arábia Saudita e Emirados Árabes Unidos, oferece uma solução para regiões áridas. No entanto, o alto custo energético associado ainda é um desafio, que



está sendo enfrentado com a integração de fontes de energia renovável, como solar e eólica, nos processos de dessalinização.

Outro avanço tecnológico significativo é o uso de sensores e sistemas digitais para monitorar redes de distribuição de água. Em países como Singapura, tecnologias de ponta detectam vazamentos em tempo real, evitando desperdícios e garantindo maior eficiência no fornecimento. No setor agrícola, que consome cerca de 70% da água disponível globalmente, sistemas de irrigação de precisão, como os adotados na Índia, têm demonstrado como reduzir o consumo sem comprometer a produtividade.

Além das soluções tecnológicas e políticas, a educação é um pilar indispensável para alcançar o ODS 6. Programas de conscientização em escolas e comunidades, como os realizados na Alemanha, têm ensinado práticas simples, como o uso racional da água e a correta disposição de resíduos, reduzindo a poluição de rios e lagos. Essas ações criam uma base cultural de responsabilidade ambiental que pode se perpetuar por gerações.

Embora os desafios sejam muitos, as iniciativas descritas mostram que é possível avançar rumo à sustentabilidade hídrica e ao ODS 6. Para isso, é essencial integrar esforços locais e globais, envolvendo governos, organizações não governamentais, comunidades e o setor privado. Conforme as iniciativas aqui reportadas, há caminhos em direção ao ODS 6 mesmo para nações em desenvolvimento, que possuem orçamentos reduzidos e muitos desafios sociais.

4.2 Papel da energia limpa no ODS 7

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) visa garantir o acesso universal e sustentável à energia moderna até 2030. Para atingir esse objetivo, práticas e iniciativas sustentáveis de gestão energética têm desempenhado

um papel central na transição para uma matriz energética mais limpa, eficiente e inclusiva. Ao redor do mundo, diversas estratégias têm demonstrado como é possível alinhar o progresso econômico e social com a sustentabilidade energética.

Uma das abordagens mais impactantes é a expansão das fontes renováveis de energia, como solar, eólica e biomassa. Na Índia, por exemplo, o governo implementou o programa *National Solar Mission*, que visa gerar 100 GW de energia solar até 2030. Esse esforço já resultou em milhões de residências eletrificadas, principalmente em áreas rurais. Da mesma forma, o Marrocos se destacou com o Complexo Solar Noor, uma das maiores usinas solares do mundo, que abastece milhares de famílias e reduz a dependência de combustíveis fósseis.

Em áreas remotas, onde a extensão de redes elétricas convencionais é inviável, sistemas descentralizados têm sido fundamentais. No Quênia, iniciativas como o *M-KOPA Solar* fornecem kits solares acessíveis, permitindo que famílias em comunidades isoladas tenham acesso à eletricidade para iluminação, carregamento de celulares e pequenos aparelhos domésticos. Esses sistemas melhoram a qualidade de vida e incentivam a economia local ao permitir a operação de pequenos negócios.

A substituição de combustíveis sólidos, como lenha e carvão, por alternativas renováveis tem um impacto direto na saúde e no meio ambiente. Fogões solares, amplamente distribuídos na Etiópia por meio de projetos apoiados pela ONU, reduzem a poluição do ar em ambientes fechados, uma das principais causas de problemas respiratórios em regiões rurais. Além disso, os sistemas de biogás, como os adotados em Bangladesh, convertem resíduos agrícolas e esterco em energia limpa, diminuindo a pressão sobre florestas e evitando o desmatamento.

No setor industrial, a transição energética está redefinindo processos produtivos. Empresas na Europa têm adotado sistemas híbridos que combinam energia solar e



hidrogênio verde para alimentar operações industriais, reduzindo emissões de gases de efeito estufa. Na Alemanha, a planta de siderurgia *Thyssenkrupp* utiliza hidrogênio verde em substituição ao carvão, um marco na descarbonização de um setor tradicionalmente intensivo em emissões.

A eficiência energética é outro pilar essencial do ODS 7. Tecnologias como redes elétricas inteligentes (*smart grids*), iluminação LED e equipamentos com certificação de baixo consumo estão se tornando padrão em muitas regiões. Em países como Japão e Dinamarca, as redes inteligentes permitem que o fornecimento de energia seja ajustado automaticamente à demanda, reduzindo desperdícios. Em edifícios comerciais e residenciais, a instalação de sistemas de isolamento térmico e ventilação natural tem sido uma solução eficaz para diminuir o consumo de energia com aquecimento e resfriamento.

A educação e a capacitação são fundamentais para sustentar essas mudanças. No Brasil, programas como o *Energia +* capacitam trabalhadores para atuar em instalações de energias renováveis, fomentando uma mão de obra qualificada para atender a um mercado em expansão. Em países africanos, a parceria entre ONGs e instituições de ensino tem levado cursos sobre tecnologias solares para jovens em comunidades vulneráveis, gerando oportunidades de emprego e empreendedorismo.

A inovação tecnológica também desempenha um papel transformador. Novas baterias de longa duração, como as utilizadas em sistemas de armazenamento na Austrália, aumentam a eficiência de usinas solares e eólicas, permitindo que a energia gerada seja utilizada mesmo em períodos de baixa produção. Além disso, turbinas eólicas mais eficientes e sistemas híbridos que combinam fontes renováveis estão ampliando a competitividade dessas tecnologias em relação às fontes fósseis.



Garantir que a energia limpa seja acessível para todos é um dos principais desafios. Modelos de financiamento inovadores, como subsídios cruzados, têm ajudado a reduzir custos para consumidores de baixa renda. Na América Latina, parcerias público-privadas têm facilitado a instalação de mini redes solares em comunidades indígenas, promovendo inclusão energética.

A cooperação internacional é importante para alavancar a transição energética em nações pobres e em desenvolvimento, especialmente pelo componente tecnológico, que muitas vezes está relacionado à produção energética limpa. Por meio de programas como o *Africa Clean Energy Corridor*, promovido pela Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), países africanos estão colaborando para criar uma infraestrutura regional de energias renováveis. Essa abordagem melhora o acesso à energia e fomenta o desenvolvimento econômico integrado.

Além disso, a integração entre energia e outros setores, como agricultura e transporte, é uma abordagem necessária. Na Suécia, a utilização de biomassa como combustível para ônibus urbanos tem reduzido as emissões de carbono e poluentes atmosféricos no transporte público. Na Índia, sistemas de bombeamento de água movidos à energia solar estão permitindo que agricultores irriguem suas terras de forma sustentável, aumentando a produtividade sem aumentar a pegada ambiental.

A transição para uma matriz energética limpa e sustentável é mais do que uma necessidade ambiental; é uma oportunidade de transformar vidas, promover equidade social e impulsionar economias. As práticas e iniciativas descritas demonstram que um percurso até o ODS 7 depende de aparatos tecnológicos, mas, assim como no caso da sustentabilidade hídrica, há muitas alternativas para avanços mesmo em nações em desenvolvimento.



Com o objetivo de apoiar a sua prática em sala de aula e oferecer intervenções eficazes e enriquecedoras, em cada volume desta Coleção traremos uma metodologia ativa para que você possa explorar seus conteúdos em sala de aula e incrementar sua prática pedagógica!

Utilizamos como apoio o livro de Sonia M. Vanzella Castellar, **Metodologias ativas: Cultura Maker**, que faz parte de uma coletânea cuja curadoria é da FTD Educação para que o fluxo de conhecimento se mantenha sempre ativo!

Metodologias Ativas: Cultura Maker

A cultura *maker* pode ser entendida como aquela que reúne e incentiva pessoas interessadas no fazer artesanal, na criação pelas próprias mãos de tudo aquilo que possa necessitar ou querer. Enquanto um consumidor comum compra um produto industrializado, produzido em massa, um *maker* faz se envolvendo pessoalmente na construção de algo, podendo personalizá-lo escolhendo o material, acabamento, cor e formato, e criando algo único que é a expressão da sua criatividade, engenhosidade, necessidade e vontade.

Como funciona:

1. **Projetos colaborativos:** Os alunos trabalham em equipe, promovendo habilidades de colaboração e comunicação.
2. **Aprendizagem prática:** Os conceitos aprendidos são aplicados em contextos reais, em vez de apenas serem discutidos teoricamente.
3. **Uso de tecnologia e recursos variados:** O uso de ferramentas como impressoras 3D, protótipos ele-



trônicos, materiais recicláveis e outros recursos facilita a exploração e criação de soluções inovadoras.

- 4. Experimentação e prototipagem:** Os alunos experimentam, erram e corrigem, compreendendo que a aprendizagem é um processo contínuo e cíclico, que pode incluir falhas e erros como parte do processo de crescimento.
- 5. Desenvolvimento de habilidades socioemocionais:** Além de habilidades cognitivas, a cultura *maker* também contribui para o desenvolvimento de competências como resolução de problemas, pensamento crítico e criatividade.

Dicas para o seu uso em sala de aula:

Defina projetos práticos e significativos: Inicie com desafios ou problemas reais para serem resolvidos. Por exemplo, um projeto de “construção de um filtro de água” que já falamos por aqui ou a “criação de um dispositivo que economiza energia”. Tais projetos podem engajar os alunos, pois são tarefas que eles percebem que são relevantes e aplicáveis à sua realidade.

Encoraje a colaboração: O trabalho em grupo é essencial na cultura *maker*. Promova debates e discussões sobre os resultados dos trabalhos de forma que todos participem ativamente.

Utilize a experimentação como método de aprendizagem: Ao invés de ensinar conceitos de forma tradicional, deixe que os alunos experimentem e criem protótipos.

Crie um ambiente “maker”: Monte espaços que incentivem a criação e experimentação, como mesas com materiais recicláveis, impressoras 3D e outros recursos.

Fomente a reflexão e o aprimoramento contínuo: Após a criação de um protótipo ou solução, reserve momentos para que os alunos compartilhem suas ideias, expliquem o processo de construção e reflitam sobre os erros e acertos.

Envolva a comunidade e outras disciplinas: A Cultura Maker pode ser ampliada para além da sala de aula. Envolver outras áreas de conhecimento ou até mesmo a comunidade local.

Ao adotar a Cultura Maker, você vai transformar a sala de aula em um ambiente de descoberta, criatividade e inovação. O mais importante é que o aluno não será apenas um espectador do conhecimento, mas um criador ativo, o que favorece um aprendizado profundo e duradouro.

Teste com seu grupo de alunos!



Referências consultadas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe* 2018. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 25 nov. 2024.

ARAB WATER COUNCIL. *Advancing desalination technologies in the Middle East*. Dubai: [s.n.], 2023. Disponível em: <https://arabwatercouncil.org>. Acesso em: 25 nov. 2024.

ATKINS, Peter; DE PAULA, Julio. *Físico-química*. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. *Battery Storage Initiative*. Canberra, Austrália, 2023. Disponível em: <https://www.energy.gov.au>. Acesso em: 25 nov. 2024.

BARCELLOS, D. S.; FAGGIAN, R.; SPOSITO, V.; BOLLMANN, H. A. Blue-Green Infrastructure in cities: climate change adaptation and reducing water pollution by pharmaceutical micropollutants. REGA. *Revista de Gestão de Águas da América Latina*, [S. I.], v. 18, p. 1-14, 2021.

BARCELLOS, D. S.; PROCOPIUCK, M.; BOLLMANN, H. A. Management of pharmaceutical micropollutants discharged in urban waters: 30 years of systematic review looking at opportunities for developing countries. *Science of the Total Environment*, [S. I.], v. 809, p. 151128, 2022.

BARCELLOS, D. S.; ULTRAMARI, C. Blue-Green Infrastructure in Brazilian Cities: From Consensus to Specific Advances. In: Francisco Mendonça; Ariadne Farias; Elaiz Buffon. (Org.). *Urban Flooding in Brazil*. 1. ed. Switzerland: Springer Cham, 2023. p. 39-62.

BRASIL. *Água para todos*. Brasília, DF: Casa Civil, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/novopac/agua-para-todos>. Acesso em: 29 nov. 2024.

CALIFÓRNIA. California Energy Commission. *Solar Energy and Water Conservation Policies*. California: CEC, 2022. Disponível em: <https://www.ca.gov/departments/231/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

CARSON, Rachel. *Primavera Silenciosa*. São Paulo: Gaia, 2010.

ÇENGEL, Yunus A. *Introduction to thermodynamics and heat transfer*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2007.

COLBORN, Theo; DUMANOSKI, Dianne; MYERS, John Peterson. *O futuro roubado: o impacto dos disruptores endócrinos na vida humana e no ambiente*. São Paulo: L&PM, 1997.

COUNCIL ON ENERGY, ENVIRONMENT AND WATER (CEEW). *Sustainable agriculture in India: permaculture*. New Delhi, India: CEEW, 2024. Disponível em: <https://www.ceew.in/publications/sustainable-agriculture-india/permaculture>. Acesso em: 29 nov. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balço Energético Nacional 2024: Ano base 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-e>. Acesso em: 25 nov. 2024.

FIELD STUDY OF THE WORLD. Permaculture knowledge sharing in Kenya. *Field study of the world*, [S. I.], 28 dez. 2015. Disponível em: <https://www.fieldstudyoftheworld.com/permaculture-knowledge-sharing-kenya/>. Acesso em: 29 nov. 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *Water use efficiency in agriculture*. Roma: FAO, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 25 nov. 2024.

GERMAN FEDERAL ENVIRONMENT AGENCY. Education for water sustainability. *Umwelt Bundesamt*, Berlim, 2023. Disponível em: <https://www.umweltbundesamt.de>. Acesso em: 25 nov. 2024.

GOVERNMENT OF INDIA. *National Solar Mission*. Nova Délhi, Índia, 2023. Disponível em: <https://mnre.gov.in>. Acesso em: 25 nov. 2024.

GOVERNMENT OF SWEDEN. *Sustainable Urban Transportation: Biomass in Public Transport*. Estocolmo, 2023. Disponível em: <https://www.government.se>. Acesso em: 25 nov. 2024.

HELLER, Leo. *The human rights to water and sanitation*. New York: Routledge, 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Energy Reports*. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org>. Acesso em: 25 nov. 2024.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. *Renewable energy in off-grid systems: Status and prospects*. [S. I.]: IRENA, 2020. Disponível em: <https://www.irena.org/publications>. Acesso em: 24 nov. 2024.

ISRAEL MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS. *Israel: A global leader in water technology*. Disponível em: <https://mfa.gov.il>. Acesso em: 25 nov. 2024.

LOVELOCK, James. *Gaia: A new look at life on Earth*. Oxford: Oxford University Press, 1979.

MACHADO, Suzana Kahn Ribeiro; SILVA, Paula Alvarenga; VIOLA, Eduardo; TRINDADE, Sérgio Campos. Governança ambiental e o legado de Sérgio Trindade. *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, [S. I.], v. 25, n. 81, p. 1-15, 2020.

MARTIN, Bem. Working for Water in South Africa. *Green Economy Coalition*, [S. I.], 8 nov. 2018. Disponível em: <https://www.greeneconomycoalition.org/news-and-resources/working-for-water-in-south-africa>. Acesso em: 29 nov. 2024.

MOROCCAN AGENCY FOR SUSTAINABLE ENERGY. *Noor Solar Complex*. Rabat, Marrocos: MASEN, 2023. Disponível em: <https://www.masen.ma>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MELBOURNE WATER. Melbourne Water Urban Water Strategy 2022. *Melbourne Water*, Austrália, 2022. Disponível em: <https://www.melbournewater.com.au>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MELO, Aline. 28 dicas simples para economizar energia e água em casa. *Casa e Jardim*, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Programa Energia +*. Brasília, DF: MME, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. *Programa Água para Todos*. Brasília, DF: MDR, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr>. Acesso em: 25 nov. 2024.

M-KOPA SOLAR. *Transforming lives with affordable solar power*. Quênia, 2023. Disponível em: <https://www.m-kopa.com>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MULLER, M. Lessons from Cape Town's drought. *Nature*, [S. l.], v. 559, p. 174–176, 2018.

NAÇÕES UNIDAS. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/>. Acesso em: 23 nov. 2024.

NDAMUKUNDA, Joy. Precision agriculture: Innovations driving India's farming future. *Ethical Geo*, [S. l.], 27. Jun. 2024. Disponível em: <https://ethicalgeo.org/precision-agriculture-innovations-driving-indias-farming-future/>. Acesso em: 29 nov. 2024.

NOBRE, Antonio Donato. *O Futuro Climático da Amazônia: relatório científico*. São José dos Campos: INPE, 2014. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/Futuro-Climatico-da-Amazonia.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2024.

NOVA ZELÂNDIA. Ministry for Primary Industries. *Integrated Pest Management for Sustainable Farming*. Wellington: MPI, 2020. Disponível em: <https://www.mpi.govt.nz/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

ONU ÁGUA. *The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water*. UNESCO, 2023. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report>. Acesso em: 25 nov. 2024.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2>. Acesso em: 25 nov. 2024.

PANIS, C.; CANDIOTTO, L. Z. P.; GABOARDI, S. C.; GURZEN-DA, S.; CRUZ, J.; CASTRO, M.; LEMOS, B. Widespread pesticide contamination of drinking water and impact on cancer risk in Brazil. *Environmental International*, [S. I.], v. 165, p. 107321, 2022.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. O saneamento no Brasil: políticas e interfaces. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. 387p.

SÃO PAULO. *Programa de Incentivo à Sustentabilidade Energética*. São Paulo: Secretaria de Energia e Mineração, 2023. Disponível em: <https://www.energia.sp.gov.br>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SCHOLZ, M. *Wetlands for Water Pollution Control*. Londres: Elsevier, 2023.

SINGAPORE PUBLIC UTILITIES BOARD. *Smart water management systems*. Singapura, 2023. Disponível em: <https://www.pub.gov.sg>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SINGAPURA. Smart Grid and Urban Sustainability. *Smart Nation*, Singapura, 2022. Disponível em: <https://www.smart-nation.gov.sg/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SNOW, John. *On the Mode of Communication of Cholera*. 2. ed. London: John Churchill, 1855. Disponível em: <https://www.ph.ucla.edu/epi/snow/snowbook.html>. Acesso em: 23 nov. 2024.

SMIT, G.; ZHANG, X.; JONES, A. Smart Grids: Advances in energy distribution and management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [S. I.], v. 180, 2022.

SUÉCIA. *Responsible management of medicines and waste. Environmental awareness campaign*. Suécia, 2021. Disponível em: <https://www.sweden.se/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

THYSSENKRUPP STEEL. *Decarbonization of steel production through green hydrogen*. Essen, Alemanha: Thyssenkrupp, 2023. Disponível em: <https://www.thyssenkrupp.com>. Acesso em: 25 nov. 2024.

UNESCO. *World Water Development Report 2020: Water and Climate Change*. Paris: UNESCO, 2020. Disponível em: <https://www.unesco.org/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. *Eficiência energética e uso racional de água*. Florianópolis: LabEEE, 2023. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br>. Acesso em: 25 nov. 2024.

WATER FOR LIFE. *Water for Life: safe water for the world*. Disponível em: <https://www.waterforlife.org/>. Acesso em: 29 nov. 2024.

WBGU - GERMAN ADVISORY COUNCIL ON GLOBAL CHANGE. *The Future of Energy Transition*. Berlin: WBGU, 2021. Disponível em: <https://www.wbgu.de>. Acesso em: 25 nov. 2024.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Household air pollution and health*. Genebra, 2021. Disponível em: <https://www.who.int>. Acesso em: 25 nov. 2024.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Ambient (outdoor) air pollution*. Genebra, 2021. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Acesso em: 24 nov. 2024.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. *Water-Energy Nexus: Business Risks and Rewards*. Washington, DC: WRI, 2014. Disponível em: <https://www.wri.org/>. Acesso em: 23 nov. 2024.

ZERRENNER, Kate. Sustainable agriculture standards in New Zealand. *Triple Pundit*, [S. I.], 20 jun. 2023. Disponível em: <https://www.triplepundit.com/story/2023/sustainable-agriculture-standards-new-zealand/777081>. Acesso em: 29 nov. 2024.

ZHANG, H. *et al.* Microplastics in the environment: A review of analytical methods, distribution, and biological effects. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, [S. I.], v. 112, p. 62-72, 2019.

CHEGOU A HORA DE NOS DAR SEU FEEDBACK!

Queremos saber como foi sua experiência de leitura e o que você aprendeu. Sua opinião é valiosa para aprimorarmos nossos materiais e atender ainda melhor às suas necessidades.



Acesse o QR Code
e compartilhe suas
reflexões conosco!



ACESSE O PORTAL CONTEÚDO ABERTO



Conteúdo relevante e formativo para educadores. Descubra as tendências e assuntos relevantes no mundo da educação. Confira, através das categorias, os recursos que podem te ajudar no dia a dia escolar.



Tudo disponível de forma aberta e gratuita, com atualizações o ano todo.

Leia o QR CODE ou acesse:
conteudoaberto.ftd.com.br



