

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



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.

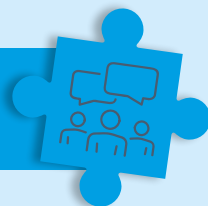
## SUMÁRIO

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.

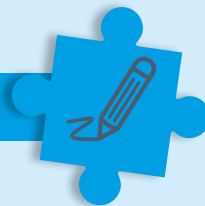
Agradeço a todos os envolvidos, são muitas pessoas dedicadas a este projeto para criar sinergias e viabilizar uma ponte para este trabalho promissor e necessário.

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

**Contexto:** Indicador de sustentabilidade do 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 Galá 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), tecnologias que reduzam o consumo e a gestão controlada e para equilibrar o ambiental. Essas estratégias sempre foram essenciais para a sobrevivência das sociedades.

**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 recursos locais, para promover a conscientização sobre a importância da água limpa e o impacto do saneamento básico na qualidade e na saúde pública. Recurso que já é utilizado e aplicado em grupos de 100 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 metais pesados, 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 limpa;
- Conchas picadas;
- Água limpa ou contaminada (simulação com água suja, tintura e amido).

Montagem:

- Corte a garrafa ao meio.
- Use a parte de cima como o funil para o filtro.
- Insira a parte de cima da garrafa, pingando para baixo.
- Encha-se no topo esse parte sobre a base cortada e cubra rapidamente, para isolar a água filtrada.
- A parte de baixo da garrafa pode ser usada como a parte para o filtro ou como recipiente para a água filtrada.
- Insira o algodão no topo logo no pingote para não que os materiais de filtragem escapem.

Assim que o QR Code acima é lido o download é feito no aplicativo de Pesquisa.

## 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 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 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 ao fluxo de conhecimento e à construção de saberes.

#### Metodologias Ativas: Cultura Maker

A cultura *maker* pode ser entendida como uma prática 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, **micropoluentes** 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.

