

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS**  
**ESCOLA DE ECONOMIA E NEGÓCIOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM**  
**SUSTENTABILIDADE - PPGS**

**EDUARDO CARLOS DUTRA**

**TRANSIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO SOBRE UMA REDE**  
**ESCOLAR NA PERSPECTIVA DO ODS 7**

**CAMPINAS**  
**2025**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS**  
**ESCOLA DE ECONOMIA E NEGÓCIOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM**  
**SUSTENTABILIDADE - PPGS**

**EDUARDO CARLOS DUTRA**

**TRANSIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO SOBRE UMA REDE  
ESCOLAR NA PERSPECTIVA DO ODS 7**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade da Escola de Economia e Negócios da Universidade Católica de Campinas, como exigência para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade.

**Área de Concentração:** Sustentabilidade

**Linha de Pesquisa:** Ciência, Sociedade, Políticas Públicas e Sustentabilidade

**Orientador:** Prof. Dr. Diego de Melo Conti

**Coorientador:** Prof. Dr. Samuel Carvalho De Benedicto.

**CAMPINAS**

**2025**

Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI  
Gerador de fichas catalográficas da Universidade PUC-Campinas  
Dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dutra, Eduardo Carlos

TRANSIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO SOBRE UMA REDE ESCOLAR NA PERSPECTIVA DO ODS 7 / Eduardo Carlos Dutra.  
- Campinas: PUC-Campinas, 2025.

67 f.il.

Orientador: Diego de Melo Conti. Coorientador: Samuel Carvalho de Benedicto

Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Economia e Negócios, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2025.

1. Segurança Energética. 2. Energias renováveis. 3. Energia Solar. I . Conti, Diego de Melo. II. Benedicto, Samuel Carvalho de. III. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Escola de Economia e Negócios. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade. IV. Título.

**EDUARDO CARLOS DUTRA**

**TRANSIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO SOBRE UMA REDE ESCOLAR NA PERSPECTIVA DO ODS 7**

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado em Sustentabilidade da PUC-Campinas, e aprovada pela Banca Examinadora.

APROVADO: 26 de fevereiro de 2025.



---

**Prof. Dr. Diego de Melo Conti**  
(Orientador- PUC-CAMPINAS)



---

**Prof. Dr. Duarcides Ferreira Mariosa**  
(PUC-CAMPINAS)



---

**Prof. Dr. Mauricio Lamano Ferreira**  
(USP)

## **AGRADECIMENTO**

O Presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

Este trabalho se propôs investigar a implementação de energia solar em uma rede de escolas particulares localizada no Sudoeste de São Paulo, abrangendo da educação infantil ao ensino médio. Para tanto, foi empregada uma abordagem exploratória, que possibilitou uma análise mais aprofundada sobre o impacto desta transição energética. Para tal, a pesquisa foi realizada a partir da combinação de entrevistas semiestruturadas com gestores das escolas e observações diretas nas escolas, permitindo um entendimento mais humanizado e detalhado sobre como a transição para fontes de energia renovável está sendo experimentada dentro das instituições. Essas entrevistas foram feitas no intuito de entender os benefícios econômicos que a energia solar trouxe, mas também as mudanças na cultura institucional e na percepção da comunidade escolar. Os resultados demonstram que a implementação de energia solar trouxe percepções bastante positivas para as escolas. A maior vantagem foi a redução em até 30% das contas de energia elétrica, o que gerou economia, frequentemente usada em melhorias na infraestrutura das escolas ou novos projetos pedagógicos. Além disso, a adoção de energia solar se tornou uma combustão para o fortalecimento da imagem das escolas, que passaram a ser vistas como mais comprometidas com o consumo de energia limpa e com a responsabilidade socioambiental.

**Palavras-Chave:** Segurança Energética, ODS 7, Energias Renováveis, Energia Solar

## ABSTRACT

This study set out to investigate the implementation of solar energy in a network of private schools located in the southwest of São Paulo, covering kindergarten through high school. To this end, an exploratory approach was used, which allowed for a more in-depth analysis of the impact of this energy transition. To this end, the research was conducted through a combination of semi-structured interviews with school administrators and direct observations in the schools, allowing for a more humanized and detailed understanding of how the transition to renewable energy sources is being experienced within the institutions. These interviews were conducted with the aim of understanding the economic benefits that solar energy has brought, but also the changes in the institutional culture and the perception of the school community. The results demonstrate that the implementation of solar energy has brought very positive perceptions to the schools. The greatest advantage was the reduction of up to 30% in electricity bills, which generated savings, often used in improvements to the schools' infrastructure or new pedagogical projects. Furthermore, the adoption of solar energy has become a fuel for strengthening the image of schools, which have come to be seen as more committed to clean energy consumption and environmental responsibility.

**Keywords:** Energy Security, SDG 7, Renewable Energy, Solar Energy

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
-------------	---

ABSTRACT .....	7
1. INTRODUÇÃO .....	9
1.1 Definição dos problemas .....	10
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo geral .....	12
1.2.2 Objetivos específicos.....	12
1.3 Justificativa .....	13
1.4 Estrutura do trabalho .....	155
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	166
2.1 Sustentabilidade .....	166
2.2 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) .....	177
2.3 Segurança energética .....	188
2.4 Energias renováveis.....	209
2.4.1 Contexto histórico.....	20
2.4.2 Fontes .....	20
2.4.4 Aspectos negativos e positivos .....	266
2.5 Transição energética .....	31
3. METODOLOGIA.....	33
4. RESULTADOS .....	36
4.1 Implantação do programa de energia solar .....	36
4.2 Análise do Laudo Estrutural para implantação .....	388
4.3 Análise dos Relatórios dos Colégios em Pesquisa.....	48
4.4 Relatório de economia por escola pós-implantação.....	55
4.5 Questões Ambientais e Análise SWOT dos Resultados .....	56
5. Discussão dos resultados.....	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo é movido por energia, desde suas atividades mais simples, como aquecer uma dose de água até a produção de alimentos industrializados. Entretanto, uma parcela da população desconhece ou não se importa em conhecer a fonte e como é produzida a energia que abastece sua casa e é a principal responsável pelas atividades do dia a dia. Esse assunto tem gerado discussões a fim de esclarecer as características e consequências das fontes de geração de energia (PEREIRA, 2019).

Nas últimas décadas, a sociedade despertou para uma nova abordagem sobre os recursos energéticos que utiliza. Começou-se a pensar em fatores como: sustentabilidade, poluição ambiental, custo social e segurança energética, ou seja, uma oferta de energia elétrica capaz de atender à crescente demanda, principalmente nos países emergentes. Os aspectos econômicos ainda continuam a exercer forte influência na definição da matriz energética de um determinado país, porém considerando os diversos fatores, surgem grandes investimentos nas fontes renováveis de energia: tais como energia eólica, solar, biomassa, entre outras.

Dentro desta lógica, as fontes de energia renováveis se mostram favoráveis para a condução de um desenvolvimento sustentável, uma vez que essas fontes podem substituir outras não renováveis, como as fósseis (BIZAWU; AGUIAR, 2016).

A União Europeia estabeleceu como meta que as energias renováveis representassem até 2020, 20% da quantidade total de energia consumida. Como a maioria dos países já atingiu essa meta, fala-se em 30% até 2030. Assim, diminuirão a dependência da utilização de combustíveis fósseis como o petróleo, o gás natural e o carvão na produção de energia elétrica, o que conseqüentemente irá contribuir para a redução da emissão de gases que provocam o aquecimento global (PARLAMENTO EUROPEU, 2020).

Cerca de 90% de geração de energia elétrica no Brasil é feita por hidroelétricas, fontes renováveis de energia, porém o alto custo no investimento de construção e manutenção é muito alto (LOSEKANN; HALLACK, 2018).

Uma das formas de produção energética mais crescente atualmente é a de energia solar, a qual apresenta uma série de vantagens na sua utilização, tanto social, como ambiental. Segundo a Agência Internacional de Energia (2021), a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica aumentou significativamente nos últimos anos.

Em 2021, a IEA relatou que a energia solar foi responsável por quase 60% do crescimento global da capacidade de energia renovável.

A energia solar também oferece benefícios sociais, como a criação de empregos. O Relatório de Energia Renovável e Empregos da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) de 2022 afirma que o setor de energia solar emprega milhões de pessoas globalmente e continua a ser um dos setores de energia renovável que mais cresce em termos de emprego.

Para o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 2022, é essencial que sejam adotadas as fontes de energias renováveis para suavizar as tais mudanças climáticas presentes. É extremamente essencial que as indústrias desenvolvam um papel ativo na redução das emissões de carbono, desta forma, a transição para as energias renováveis será capaz de reduzir de maneira significativa o problema da emissão de carbono industrial (CLIMATE CHANGE, 2022).

Diante desse novo contexto, a Agenda 2030, sobretudo por meio dos ODS 8, 9 e 12, reconhece que a atividade empresarial privada, o investimento e a inovação são elementos impulsionadores da produtividade e do desenvolvimento. As empresas são fundamentais para o desenvolvimento sustentável não somente para seu financiamento, mas também por garantirem a capilaridade das suas ações (SILVA, 2021).

Para Bizawu e Aguiar (2016) o ODS 7, visou garantir que haja acesso à energia com menor custo, confiável e sustentável. Essas energias se fazem necessárias para a transição afim de que haja uma economia mais inclusiva quando se trata da sociedade, além de ser eficiente em relação com o meio ambiente.

Dessa forma, segundo Pereira (2016), é necessário promover a ampliação do uso de energias de fontes renováveis para o setor industrial, com a criação de toda a sua cadeia produtiva no país.

### **1.1 Definição do problema de pesquisa**

Nos últimos anos, observa-se uma mudança significativa no mapa dos investimentos em energia renovável. É evidente que o cenário está se transformando. O investimento em energias renováveis está se deslocando dos países desenvolvidos para nações em desenvolvimento, o que demonstra uma mudança de paradigma no setor. Apesar das incertezas que pairam sobre a indústria, essas nações estão

mostrando coragem e determinação ao investir em fontes de energia limpa e sustentável. Esses relatos são um alerta para os países desenvolvidos, que precisam repensar suas estratégias e políticas de investimento em energia renovável.

Segundo Gutierrez (2021), os países emergentes, aderindo ao Consenso de Washington, também seguiram as ondas liberalizantes em seus mercados de energia. No Brasil, a primeira reforma ocorreu na década de 1990, visando a privatização das empresas geradoras e distribuidoras, em um contexto de grave crise fiscal.

Diante do aumento populacional e desenfreado crescimento econômico no país, se torna um desafio agir com relação ao aquecimento global e a escassez de energia elétrica, sendo necessária a eliminação da “energia suja”. Para Fonseca (2022), tais mudanças vêm sendo observadas de diferentes formas, como através de recordes de temperaturas, variação anormal no volume de chuva em diversas regiões, derretimento das calotas polares e até mesmo pela maior proliferação de vírus e aumento de doenças respiratórias. Tudo isso é potencializado pelo uso desenfreado da energia “suja”, que faz parte de mais de 85% da matriz energética global.

De acordo com Fonseca,

Essa energia provém da quantidade de queima de combustíveis fósseis, ou seja, o carvão, o gás natural e o petróleo, fazendo com que sejam liberados os gases de efeito estufa na atmosfera, assim como o dióxido de carbono e o metano. Também é possível afirmar que um dos motivos da desenfreada emissão de gases se dá por conta do uso de fontes não renováveis (FONSECA et al., 2022, s.p.)

A Revolução Industrial abriu portas para níveis de progresso inimagináveis anteriormente, impulsionando a sociedade para frente. Infelizmente, esse mesmo progresso trouxe consigo o aquecimento global, resultado do uso excessivo desses combustíveis e suas emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Agora, um dos principais desafios globais é encontrar alternativas sustentáveis e eficazes para conter esse aquecimento e reduzir o impacto ambiental, uma tarefa que está nas mãos de todas as nações e requer discussões sérias e aprofundadas.

Conforme apresenta Gueler (2003), com intenção de atender às necessidades básicas da humanidade diante do crescimento populacional, é necessário aumentar o uso de recursos naturais, o que inevitavelmente causa danos ao meio ambiente.

Diante desse cenário, torna-se essencial expandir a disponibilidade de energia limpa para suprir as crescentes demandas da sociedade global.

As energias renováveis têm ganhado destaque no cenário global por serem alternativas sustentáveis às fontes fósseis, como petróleo, carvão e gás natural, que são limitadas e causam impactos significativos ao meio ambiente.

Essas tecnologias não apenas reduzem as emissões de gases de efeito estufa, como também promovem avanços tecnológicos e econômicos. Um exemplo é o crescimento do mercado de veículos elétricos, que se beneficia de fontes renováveis para sua recarga, ou o desenvolvimento de sistemas híbridos que combinam diferentes fontes renováveis para garantir maior eficiência e estabilidade no fornecimento de energia.

Diante do exposto, pergunta-se: Quais são as consequências socioambientais na utilização de energias não renováveis mais especificamente a energia solar no Brasil? Quais as estratégias vigentes para implantação do uso de energias renováveis em uma rede de escolas particulares do estado de São Paulo? A implantação do uso de energias renováveis em escolas otimiza seu lucro e seu compromisso socioambiental?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo central desta pesquisa é realizar uma análise aprofundada sobre o programa de implantação de placas fotovoltaicas para o aproveitamento de energia solar em uma rede de escolas particulares no Estado de São Paulo. O propósito é identificar as possibilidades e os desafios associados à implementação desse sistema, considerando as dimensões econômica, social e ambiental, de forma a compreender sua viabilidade financeira, suas exigências estruturais e seus impactos na sustentabilidade e na comunidade escolar.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Analisar os desafios e benefícios da instalação de placas fotovoltaicas em escolas, com foco na eficiência e no custo-benefício.

Investigar os investimentos necessários, as adequações estruturais e o retorno financeiro do projeto.

Avaliar os impactos ambientais e sociais, incluindo sustentabilidade e conscientização da comunidade escolar.

### **1.3 Justificativa**

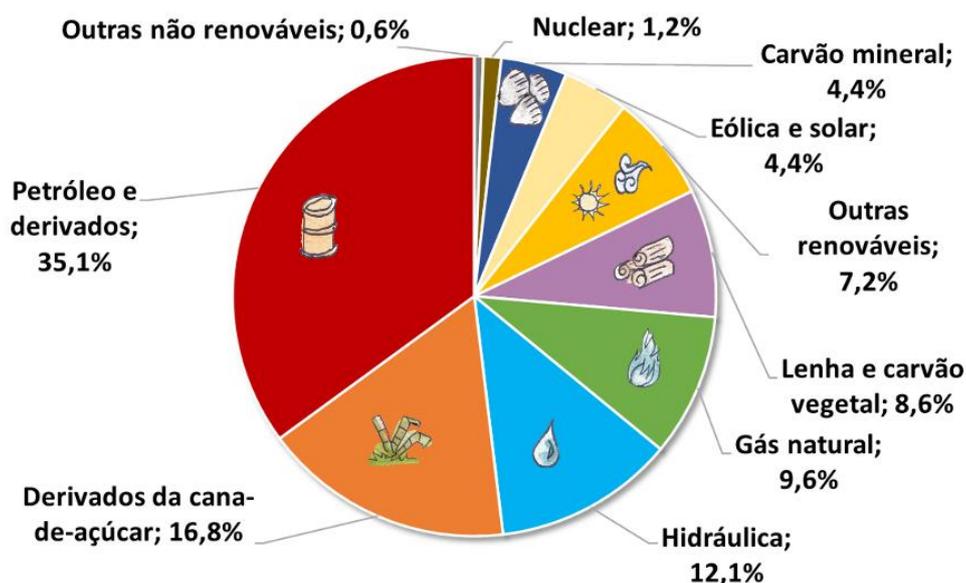
Nos últimos anos, o Brasil tem experimentado uma crise no setor de energia renovável, o que tem gerado repercussões profundas não apenas no campo econômico, mas também no meio ambiente e na sociedade. Este cenário coloca em xeque o modelo de desenvolvimento sustentável que o país vem buscando.

A escassez de investimentos e a ineficiência na exploração de fontes renováveis de energia elevam os custos de produção e consumo, prejudicando a competitividade da indústria nacional e encarecendo os produtos no mercado interno e externo. Esse quadro limita o potencial do Brasil em atingir suas metas de crescimento sustentável e afeta diretamente o bolso dos cidadãos.

A falta de investimentos em fontes de energia renovável, como solar e eólica, força o país a recorrer mais a fontes não-renováveis, que exacerbam a emissão de gases poluentes e contribuem para a aceleração das mudanças climáticas. Esse retrocesso nas políticas energéticas do Brasil coloca em risco a preservação dos ecossistemas e a qualidade de vida das futuras gerações.

A Figura 1 apresenta um quadro da matriz energética mundial, mostrando a necessidade de uma mudança para fontes energéticas mais limpas.

Figura 1. Matriz Energética Mundial



Total em 2022: 622 milhões de TJ – terajoule

Fonte: IEA (2023).

Fontes renováveis como solar, eólica e geotérmica, por exemplo, juntas correspondem a apenas 3,1% da matriz energética mundial, assinaladas como “Outros” no gráfico. Somando à participação da energia hidráulica e da biomassa, as renováveis totalizam aproximadamente 14%. A matriz energética do Brasil é muito diferente da mundial. Por aqui, usamos mais fontes renováveis que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana, eólica e solar e outras renováveis, nossas renováveis totalizam 49,1%, quase metade da nossa matriz energética (EPE, 2023).

Ao mesmo tempo em que o Brasil possui uma matriz energética predominantemente limpa, com 82% de fontes renováveis (IEA, 2022), o país está em 53º lugar em desempenho energético, em relação a 125 países, nos quesitos diversificação, segurança e sustentabilidade energética - de acordo com o ranking mundial elaborado pela consultoria Oliver Wyman, em parceria com o Centro de Risco Global da Marsh & McLennan Companies e com o World Energy Council (WEC). Na Energia Solar, mesmo ainda longe de explorar todo o seu potencial de capacidade de geração, o Brasil já desponta como o 16º país no mundo em capacidade instalada na geração solar com apenas 7,2 GW, de acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar). Ao todo o setor recebeu R\$ 36,5 bilhões em

investimentos e mais de 1,1 milhão de toneladas de gás carbônico que deixaram de ser emitidos na atmosfera (SUNLUTION, 2021).

Portanto, a incorporação de novas fontes renováveis terá um impacto significativo na diversificação da matriz energética do país. Enquanto as fontes hídricas e de biomassa apresentam variações ao longo de períodos mais longos, como estações e anos, as novas fontes se caracterizam por oscilações mais rápidas, com mudanças intradiárias.

Diante desse desafio, torna-se fundamental estabelecer diretrizes para a formulação de políticas públicas que promovam a estabilidade e eficiência do sistema energético, como por exemplo:

Criação de incentivos fiscais para escolas públicas que implementem sistemas de energia renovável, reduzindo os custos iniciais da instalação.

Parcerias público-privadas para financiamento de projetos solares nas escolas, aproveitando os fundos do setor privado para impulsionar a transição energética.

Linhas de crédito específicas para estados e municípios investirem na instalação de painéis solares em unidades escolares.

Programas de formação e capacitação para profissionais da educação e alunos, tornando as escolas centros de aprendizado sobre sustentabilidade e energias renováveis.

#### **1.4 Estrutura do trabalho**

A presente dissertação foi organizada da seguinte forma: a primeira parte traz uma introdução apresentando de forma sintética o assunto tratado ao longo da dissertação, bem como os elementos constituintes deste tópico, como a definição dos problemas, os objetivos e a justificativa do trabalho.

A segunda parte apresenta o referencial teórico, no qual a dissertação é embasada com os conceitos, fatos históricos, registros, pesquisas, análises, possíveis soluções, vantagens, desafios e objetivos serem alcançados conforme pesquisadores e teóricos.

Na terceira parte apresenta a metodologia do estudo, a qual é possui uma natureza aplicada, abordagem qualitativa e objetivo exploratório descritivo.

A quarta parte apresenta os resultados alcançados na pesquisa e a quinta parte, as considerações finais de todo o contexto da pesquisa aplicado e comparados os resultados obtidos nas implantações de energias renováveis em uma rede de escolas particulares presentes no estado de São Paulo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Sustentabilidade**

Segundo Bizawu e Aguiar (2016), sustentabilidade é a capacidade de algo ou alguém se manter e resistir a condições adversas. É a qualidade de um processo ou sistema que permite sua permanência em um determinado nível por um período determinado. Atualmente, esse conceito se tornou um princípio fundamental, no qual o uso dos recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais não pode comprometer a satisfação das necessidades das gerações futuras. Os autores citados ressaltam que é fundamental no quesito ambiental desse conceito, que toda ação humana deve observar os ciclos naturais, o tempo necessário para a recomposição dos recursos e os limites que regem esses processos. Além disso, é imprescindível preservar a integridade do ambiente, consumir de forma consciente, sem ultrapassar a capacidade de renovação dos recursos, e respeitar a diversidade humana, que gera diferentes formas de existência.

Uma mudança de pensamento social se faz necessária. No contexto contemporâneo, a problematização inerente às práticas educativas abarca a discussão acerca fragmentação dos conhecimentos, expressa nos currículos lineares e a dissociação entre os conteúdos escolares e a vida cotidiana. Embora se possa antever avanços substanciais na ressignificação dos processos de ensino e de aprendizagem, a questão da articulação efetiva entre educação, sustentabilidade e justiça social ainda demanda incursões teóricas, epistemológicas e axiológicas que possam dar conta da complexidade do processo educativo e suas potencialidades para a formação cidadã (FERREIRA 2020).

Segundo Aguiar (2021) foi no começo dos anos 1970 que surgiram as primeiras percepções e preocupações relacionadas ao crescimento econômico diante da possibilidade de serem extintos os recursos naturais. Através de empresas e

indivíduos, o denominado “Grupo de Roma”, solicitou que fosse realizado um estudo desenvolvido por um grupo de cientistas do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) com o tema voltado a esta preocupação. A pesquisa resultou no Relatório *Meadows* e foi publicado em 1972. Neste estudo, foram apontados os problemas relacionados ao crescimento desenfreado como consequência do esgotamento de recursos naturais, poluição, aumento da população e imensa industrialização. Por conta do resultado deste estudo foi realizada naquele mesmo ano, a Convenção das Nações Unidas sobre o meio ambiente e Desenvolvimento Humano, diante da preocupação da possível diminuição do crescimento econômico por consequência das limitações ambientais.

A sustentabilidade, sendo um campo interdisciplinar, perpassando por assuntos políticos, sociais, econômicos e biológicos, é um tema com potencial de ser discutido nas escolas com uma riqueza rara de se ver em outras temáticas. Cabe à gestão escolar promover ações que proporcionem o desenvolvimento da conscientização dos alunos e da comunidade local. Dessa forma, a percepção da gestão escolar sobre o conceito de sustentabilidade pode repercutir em ações inovadoras no processo de ensino e de aprendizagem, favorecendo a formação de cidadãos críticos, responsáveis e conscientes de suas atitudes em relação ao meio ambiente (SILVA, 2020).

Por este motivo, Silva (2020) ressalta a necessidade de aprofundar o termo “socioambiental” com a intenção de não separar as necessidades do planeta das necessidades humanas.

## **2.2 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Estes ODS têm sido monitorados pelas Nações Unidas a fim de que avaliar se os itens presentes na Agenda 2030 serão cumpridos no Brasil e no mundo (BRASIL, 2024).

Até 2030 deve-se assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis para serviços de energias renováveis. Como consequência, a expectativa é melhorar a eficiência energética, além de promover o crescimento econômico com

empregos, chegando a níveis elevados de produtividade, com conseqüente melhora na eficiência (ONU BRASIL, 2022).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU são um marco essencial para guiar a humanidade na construção de um futuro mais justo e equilibrado. Cada um dos 17 objetivos reflete áreas fundamentais de atuação para promover o bem-estar coletivo e a preservação ambiental. A erradicação da pobreza e a fome zero são pontos centrais, interligados diretamente a questões de saúde, educação e igualdade de gênero, mostrando a abrangência e a interdependência dessas metas. Além disso, objetivos como ação contra a mudança climática, vida na água e vida terrestre demonstram o comprometimento global com a sustentabilidade do planeta, equilibrando as necessidades humanas com a preservação do meio ambiente.

### **2.3 Segurança energética**

Estudos e pesquisas utilizam definições de segurança energética que consideradas inacabadas ou instáveis, focando principalmente em aspectos técnicos e econômicos, como a segurança no abastecimento de combustíveis fósseis ou os preços ao consumidor, desta forma acaba negligenciando fatores sociopolíticos.

Buscar a segurança energética de um Estado é um objetivo complexo que perpassa questões sobre como prover serviços energéticos justos, acessíveis, viáveis, eficientes, ambientalmente benignos, devidamente governados e socialmente aceitos.

Filho e Santos (2022) afirmam que quando se trata da cadeia de produção dos recursos estando concentrada e a mitigação gradativa do consumo de recursos fósseis induzida pelo compromisso com regimes internacionais, a transição energética apresenta a um episódio conhecido como transição da segurança energética. Pelo ponto de vista dos autores, a incorporação do tema minerais críticos em relatórios de agências internacionais como a IEA e a que essas agências consideram como o aparecimento das energias renováveis deve aumentar a segurança energética dos países. Comentam que embora haja uma necessidade de descarbonizar as economias internacionais, isso é algo que só será possível com o fornecimento adequado de minerais críticos. E assim, afirmam que a má gestão desses recursos

pode resultar em uma transição energética mais cara, lenta e poluente gerando um retrocesso nos objetivos.

Paralelamente às questões relacionadas à oferta de energia e à segurança energética, multiplicaram-se os esforços dos países em responder à comunidade internacional que passou, principalmente, ao longo dos anos 1990, a buscar soluções de diminuição dos efeitos negativos das mudanças climáticas através da minimização de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (IPCC, 2014).

Observar esses fatores pode revelar outros problemas relevantes para a segurança energética. Desta forma, a segurança energética é um tema multifacetado que deve ser levado em conta em qualquer planejamento de governo. A preocupação com a segurança energética entrou na pauta da EU com o choque de petróleo de 1973 e se referiu à segurança de abastecimento de petróleo e gás. Não se trata de uma redução absoluta da dependência externa, mas de minimizar os riscos dessa dependência alta e crescente no caso da União Europeia (SILVA, 2007).

O investimento em fontes renováveis, sustentáveis e limpas na matriz energética tem sido recomendado como alternativa aos insumos fósseis e poluentes de ampla utilização.

Usando como exemplo a energia solar, é exigida uma exposição adequada à luz solar e tecnologia para que seja possível capturar e armazenar. Já no caso da energia eólica, necessita da velocidade dos ventos, sabendo que é algo variável de acordo com a região e época do ano.

Para diminuir os riscos à segurança energética, é indispensável controlar o processo, desde a extração até o consumo, ou seja, controlar tanto a operação vertical quanto horizontal da cadeia. No caso do petróleo e gás, seria ideal controlar tanto a extração e produção, quanto o refino, venda e distribuição. Porém, é necessário um grande esforço para isso.

Em se tratando de diversificar fontes para maior segurança energética, a geração de energia elétrica por meio renovável é uma grande tendência, desde que as linhas de transmissão possam chegar aos consumidores e desde que haja uma regulação mais precisa sobre o setor, pois cada país possui suas regras peculiares.

Os autores acima mencionados, também destacam que é necessária uma integração energética. Essa integração se faz necessária para complementar os mercados de energia entre os países Sul-Americanos, que são considerados como

importadores e exportadores de recursos energéticos. Desta forma seria assegurada uma maior segurança energética e autonomia em nível continental ou regional.

## **2.4 Energias renováveis**

As energias renováveis propõem uma alternativa viável para mitigar a dependência de combustíveis fósseis que trazem como consequência diversos impactos ambientais, assim como, emissão de gases de efeito estufa e a poluição do ar e da água. São diversos os benefícios proporcionados pelas energias renováveis, como os econômicos, a geração de postos de trabalho e a diminuição significativa de custos energéticos.

### **2.4.1 Contexto histórico**

Conforme afirmam Freitas e Dathein (2013) a partir da Conferência das Nações Unidas (ONU) relacionada ao Meio Ambiente, em 1970, muitos países têm colocado como foco das discussões as questões ambientais. Destacando-se principalmente, a COP15 e a Rio+20. Desde então, os órgãos ambientais têm trabalhado para criar formas para agir de maneira a mitigar os impactos ambientais. Neste cenário, o setor energético chama atenção, pois a geração de energia, de maneira histórica, tem necessitado de fontes renováveis e não renováveis. Tais mudanças para tornar os setores produtivos mais sustentáveis, necessitam da adaptação da matriz energética.

O fato de o consumo de energias renováveis no Brasil ser mais relevante que o restante do planeta (14%), não isenta o Brasil de ser alvo de críticas por causa do modelo energético adotado. O país sustenta o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, assim como aumentar o uso de energias renováveis em 18% até 2030 (BRASIL, 2015).

De acordo com Bizawu et al. (2016) a origem das energias renováveis tem seu início em processos naturais que se transformam em radiação solar, sendo ela a principal fonte de energia do planeta. Pode-se afirmar que por serem inesgotáveis, não colocam em risco o equilíbrio térmico do planeta. É preciso agir de forma responsável e consciente para minimizar esses impactos negativos e garantir um futuro sustentável para todos (CAMPÊLO, 2016).

Segundo Oliveira et al. (2016), as energias renováveis têm sido cada vez mais efetivas na composição das matrizes energéticas, sendo protagonistas em substituir fontes fósseis e limitadas. São destacadas pela concorrência econômica e avanços tecnológicos, assim, possibilitando uma conversão mais eficaz.

#### **2.4.2 Fontes**

As fontes de energia são fundamentais para o desenvolvimento econômico, social e tecnológico das sociedades, atendendo às demandas de indústrias, residências e transportes. Dividem-se em renováveis e não renováveis. Diante das mudanças climáticas e do aumento da demanda energética, a transição para fontes limpas e tecnologias mais eficientes é indispensável para assegurar a segurança energética, mitigar emissões de gases de efeito estufa e preservar recursos naturais para as futuras gerações.

A energia solar fotovoltaica, por exemplo, é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores. Esse fenômeno é conhecido como Efeito Fotovoltaico (BRAGA, 2008).

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), a matéria-prima para a geração de energia elétrica é constituída predominantemente por combustíveis, os quais são responsáveis por 65,5% da matriz energética mundial. Ressalta-se que são fontes finitas e causam elevados impactos ambientais, como a chuva ácida e a destruição da camada de ozônio, por liberarem gás carbônico no seu processo de queima (REZENDE, 2019).

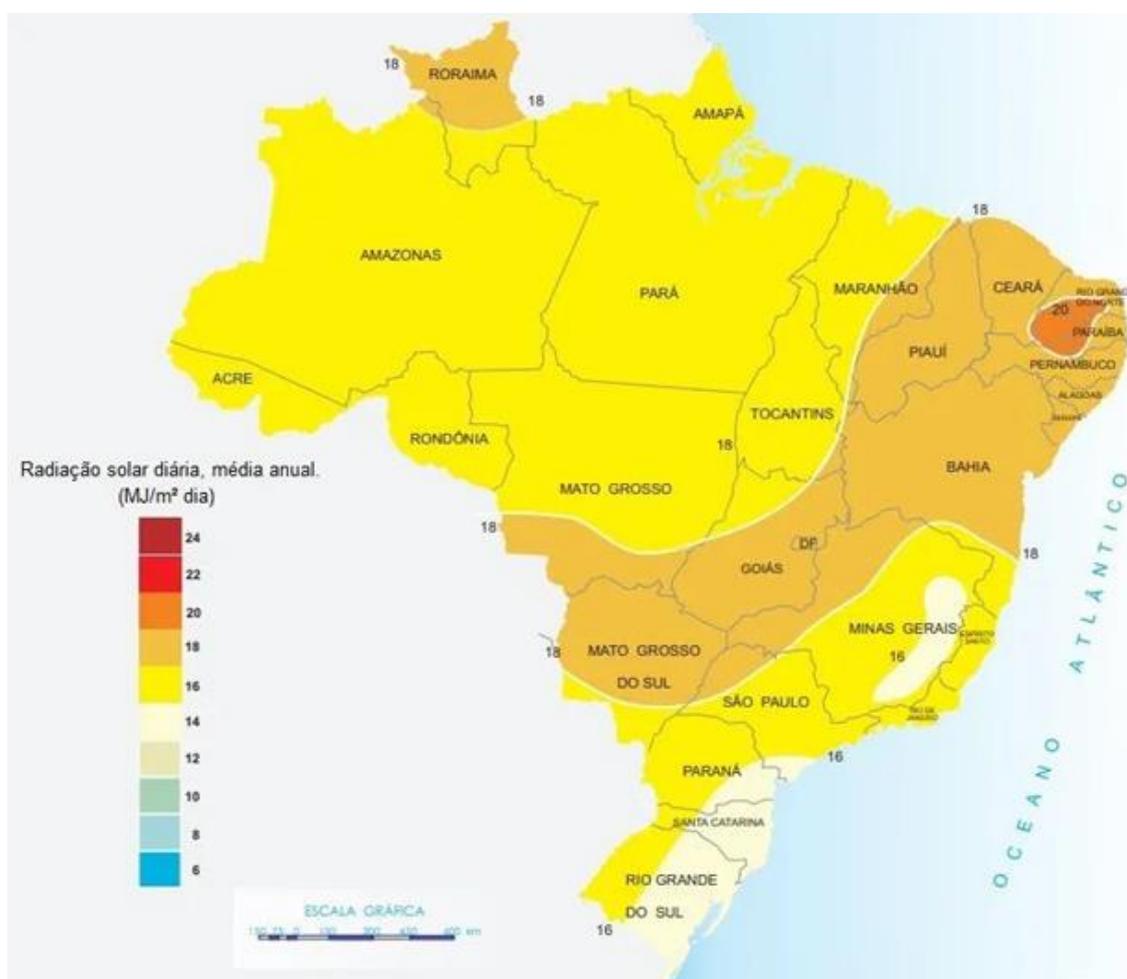
Segundo Braga (2008), a descoberta do efeito fotovoltaico ocorreu em 1839 através do físico francês Edmund Becquerel. O físico observou que uma tensão elétrica surgiu entre os eletrodos de uma solução obtida por selênio quando foi exposta à luz solar. Algum tempo depois, por volta de 1870, o ocorrido passou a ser estudado em materiais sólidos, como o selênio. Somente depois, em 1880, a primeira célula fotovoltaica foi construída. Esta célula utilizava o selênio como material fotossensível. Porém, a eficiência da célula era de apenas 2%, inicialmente.

Segundo Bezerra, (2021) a energia solar não se apresenta uniformemente na base da superfície terrestre. Ela depende de fatores como, estações do ano, latitude e condições atmosféricas.

De toda energia solar que chega à Terra, aproximadamente metade atinge a superfície, totalizando cerca de 885 milhões de TWh/ano, mais de 8.500 vezes o consumo final total de energia mundial (IEA, 2011). Esses valores conferem à fonte solar, considerando seus múltiplos usos, o maior potencial técnico de aproveitamento frente a outras fontes renováveis (IPCC, 2011).

Desta forma, é possível observar na Figura 2 uma média anual de radiação solar no Brasil.

Figura 2. Mapa de radiação anual no Brasil.



Fonte: Solary (2023).

Em síntese, podemos analisar que algumas regiões recebem luz solar por apenas 3 horas ao dia. Em contrapartida, muitas outras localizações recebem mais de 10 horas diárias de sol, demonstrando grande potencial energético.

De todo modo, para complementar o conhecimento sobre o potencial solar no Brasil, pode-se obter dados ainda mais precisos por meio do LABREN – Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia.

Apesar dos avanços no setor, Barros e Gomes (2023) apontam que o crescimento da energia solar deve ser acompanhado por uma abordagem mais ampla e planejada. Isso significa considerar não apenas os benefícios imediatos, como a geração de energia limpa e renovável, mas também os impactos em longo prazo e as políticas necessárias para garantir que esse crescimento seja sustentável e integrado ao planejamento das cidades.

Barros e Gomes (2023) alertam para a importância de alinhar o avanço da energia solar no Brasil com uma visão estratégica que beneficie o desenvolvimento sustentável das cidades e minimize possíveis problemas.

Já energia eólica é uma fonte renovável de grande relevância para a diversificação da matriz energética e a mitigação dos impactos ambientais associados aos combustíveis fósseis. Esse tipo de energia é obtido pela conversão da força dos ventos em eletricidade, utilizando aerogeradores, que transformam a energia cinética do vento em energia mecânica e, posteriormente, elétrica. Além de ser limpa e inesgotável, a energia eólica apresenta baixos níveis de emissão de gases de efeito estufa durante sua operação, destacando-se como uma alternativa sustentável para atender à crescente demanda energética global. No entanto, sua implementação requer planejamento estratégico, considerando aspectos como localização, impactos ambientais e sociais, e integração à infraestrutura elétrica existente.

O modo como é usada essa importante fonte de energia segue evoluindo de acordo com o avanço da tecnologia, desde o início, quando era utilizada para o deslocamento de barcos que utilizavam velas e também para mover os moinhos de vento (PORTOGENTE, 2016).

Rampinelli e Rosa Júnior (2012) enfatizam que a integração da energia eólica à matriz elétrica brasileira não apenas diversifica as fontes de energia, mas também aumenta a segurança energética do país. Essa complementaridade entre energia eólica e hidrelétrica é fundamental, especialmente em períodos de estiagem, quando os reservatórios das usinas hidrelétricas estão em níveis críticos. A energia eólica, ao depender da força dos ventos, não compete pelo uso da água e atua como uma alternativa eficiente para garantir a continuidade do abastecimento energético.

Além disso, o uso dessa fonte de energia contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa, fortalecendo o perfil sustentável da matriz elétrica brasileira, que já é predominantemente renovável. A instalação de parques eólicos, entretanto, exige estudos aprofundados sobre impactos ambientais e sociais, assim como planejamento para integrar essa energia de forma eficiente ao sistema interligado nacional. Por fim, o avanço da tecnologia no setor eólico também promove oportunidades econômicas, como a geração de empregos e o desenvolvimento de regiões onde os parques são instalados, especialmente no Nordeste do Brasil, que possui grande potencial eólico.

Segundo Amponsah,

O caráter renovável e o fato de não lançar poluentes para a atmosfera durante sua operação tornam a energia eólica uma das fontes mais promissoras para mitigação de problemas ambientais tanto a nível global como nacional. Entretanto, a energia eólica, como qualquer outra atividade industrial, também pode causar impactos no ambiente que devem ser considerados e mitigados (AMPONSAH et al., 2014, p. 468).

O texto enfatiza que a energia eólica é uma fonte renovável e sustentável, com grande potencial para reduzir problemas ambientais, tanto globalmente quanto no Brasil, devido à ausência de emissões de poluentes durante sua operação. Contudo, alerta que, apesar de seus benefícios, a energia eólica, como qualquer atividade industrial, também pode gerar impactos ambientais, como alterações no habitat, ruídos e impacto visual. Esses efeitos precisam ser analisados e minimizados por meio de estratégias adequadas de planejamento, garantindo que o desenvolvimento dessa fonte energética seja verdadeiramente sustentável.

Conforme Miranda,

No entanto, algumas barreiras se apresentam para a expansão contínua da geração eólica na matriz elétrica nacional. Um dos argumentos básicos contrários está relacionado com a inconstância temporal não controlável e com previsibilidade limitada do recurso eólico e que pode afetar a qualidade da energia distribuída no sistema elétrico (MIRANDA et al., 2017, p. 8).

Enquanto a indústria de energia eólica mostrou grande efetividade na internalização de componentes, a adaptação à política de energia solar ainda deverá ser avaliada. Assim, surge a necessidade de se estudar estratégias para as possíveis

implantações de energias sustentáveis no país e sua utilização industrial (HALLACK, 2018).

Portanto, é fundamental investir em pesquisas e planejamento para consolidar a integração de fontes renováveis como a energia solar e eólica na matriz energética nacional. Essa integração deve ser acompanhada de políticas públicas que incentivem a inovação tecnológica, promovam a sustentabilidade e garantam que essas fontes sejam aproveitadas de maneira eficiente e equitativa.

Com relação a biomassa, a Agência Nacional de Energia Elétrica define-a como todo recurso renovável constituído principalmente de substâncias de origem orgânica (de origem vegetal ou animal) (ANEEL, 2009). Nos países em desenvolvimento, a produção de energia elétrica a partir da biomassa tem sido bastante defendida e utilizada (BARROS, 2007).

Lora e Teixeira (2001) apresentam como vantagens do uso da biomassa como combustível em relação à utilização de combustíveis fósseis, o fato de ser uma fonte de energia renovável, possuir baixo custo de aquisição e baixas emissões líquidas de CO<sub>2</sub>. Da mesma forma, afirmam que as emissões de óxido de nitrogênio, óxidos de enxofre e partículas são muito menores que as emissões provocadas no uso de óleo combustível e carvão mineral. Diante desse cenário, a agricultura desponta-se como grande oportunidade para atender às necessidades de fontes de energia renovável, principalmente a biomassa (GOVERNO, 2005).

O etanol é considerado um combustível com menor índice poluente. Isso é expresso pelos programas focados na transformação da biomassa de cana-de-açúcar em etanol. O desafio consiste em obter glicose a partir da celulose de maneira sustentável. Os métodos não devem exigir altas temperaturas, pressões ou solventes orgânicos. Além de serem economicamente viáveis.

Segundo Goldemberg,

O progresso no desenvolvimento de alternativas para a energia de biomassa, além de aliviar a pressão em recursos finitos de combustíveis fósseis, pode reduzir os custos de mitigação de emissões de carbono. Como uma tecnologia que evita emissões de GEE, o bioetanol poderia, em breve, alcançar custos positivos conforme se torna mais barato do que a gasolina (GOLDEMBERG, 2009, p. 585).

O avanço no desenvolvimento de alternativas para a energia de biomassa representa uma solução estratégica para mitigar a dependência de recursos finitos de combustíveis fósseis, além de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O bioetanol, em particular, destaca-se como uma tecnologia promissora, com a capacidade de evitar emissões de carbono e, ao mesmo tempo, oferecer uma alternativa mais sustentável em relação aos combustíveis tradicionais.

Em 1992 foi realizada uma conferência promovida pela Organização das Nações Unidas com o objetivo de formalizar acordos para a promoção do desenvolvimento sustentável de forma global. Treze anos depois, entrou em vigor o Protocolo de Quioto. A partir desse marco histórico, as energias renováveis ganharam força para a redução da emissão de gases. A partir dessa mudança, uma variedade de nações e investidores têm demonstrado interesse em produzir álcool combustível, adotando políticas para incorporá-lo em suas fontes de energia. Devido à liderança do Brasil na produção de álcool, o país passou a ser reconhecido como uma das principais potências energéticas do futuro, o que tem atraído um considerável volume de investimentos.

À medida que o processo de produção e a tecnologia de conversão de biomassa se tornam mais eficientes, o bioetanol pode se consolidar como uma opção viável para a substituição de combustíveis fósseis, especialmente em termos de custos.

Com o tempo, a produção de bioetanol tem o potencial de se tornar mais barata do que a gasolina, o que pode implicar uma redução substancial nos custos de mitigação de emissões de carbono. A escalabilidade dessa tecnologia, combinada com o aumento da eficiência na produção, pode resultar em um mercado de energia mais acessível e menos poluente, criando novas oportunidades para a transição para uma matriz energética mais sustentável. Nesse contexto, o bioetanol não só emerge como uma solução para reduzir a pressão sobre os recursos fósseis, mas também como uma ferramenta eficaz no combate às mudanças climáticas, com impactos positivos na sustentabilidade energética global.

### **2.4.3 Aspectos negativos e positivos**

As principais energias renováveis consideradas imprescindíveis para proporcionar uma segurança energética e crescimento econômico renovável, são a energia hídrica, eólica, solar, biomassa e geotérmica demonstrando maior potencial para iniciar as ações relacionadas às mudanças climáticas.

Conforme comenta Ferreira (2020), nos últimos anos foram criados movimentos de incentivo e apoio à pesquisa e implantação das tecnologias renováveis.

Apesar deste novo cenário, no Brasil, o incentivo tem ocorrido de maneira mais significativa por meio dos investimentos públicos e da imposição da lei regulamentada pela Agência de Energia Elétrica (ANEEL). Entre os incentivos, os principais são realizados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBIO) e do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA)

Silva (2022) afirma que por conta do crescimento do país, principalmente no aspecto de construções civis, é possível perceber a carência de edificações ambientalmente sustentáveis. A crise energética do Brasil vem transformando o setor econômico, o meio ambiente e a sociedade atual, fazendo com que a sustentabilidade industrial a este setor seja desvantajosa pelo alto custo empregado no serviço de geração, distribuição e impactos ambientais.

Para Santos et al. (2016) outros motivos que levam à busca por fontes de energia renovável são as estimativas de crescimento populacional global e da atividade econômica, especialmente em países como China e Índia. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), cinco países são esperados para liderar o aumento populacional até 2050, com uma taxa média anual de crescimento de 2,4%: Índia, China, Estados Unidos, Indonésia e Brasil. No Brasil, em particular há outra crescente preocupação, que se refere ao aumento da população urbana, que nos últimos sessenta anos passou de 31% para 86% em detrimento da população rural, o que resulta em uma maior necessidade de energia.

Portanto, no contexto do desenvolvimento sustentável, um dos temas mais importantes é o de energias renováveis, já que elas são essenciais para a transição para uma economia mais inclusiva do ponto de vista social e eficiente na sua relação com o meio ambiente, bem como representam soluções a questões globais

fundamentais como segurança energética, pobreza e mudança climática (BIZAWU, 2016).

Para Santos et al. (2021) a energia cinética (EC) é importante por oferecer os bens e serviços que são indispensáveis à sociedade. Desta forma, impulsiona o crescimento econômico em longo prazo, havendo uma necessidade mínima de extração de matéria-prima. A gestão da EC refere-se ao uso sustentável dos recursos, visando minimizar a produção de forma incerta, otimizando ciclos de energia e recursos.

Cerca de 90% de geração de energia elétrica no Brasil é feita por hidroelétricas, fontes renováveis de energia. Porém o custo no investimento de construção e manutenção é muito alto. Além do mais, as modificações causadas em uma sociedade para a instalação de uma barragem hidrelétrica abrangem desde a destruição da fauna e flora da região local, até mesmo na saúde, costumes e organização da população.

Conforme afirmam Aciolli e Costa (2022), no contexto da produção de energia elétrica, o aumento da utilização de fontes renováveis é uma das principais motivações para limitar as emissões de gases de efeito estufa causadas pela atividade humana, visando assim a redução do impacto das mudanças climáticas. Cada país tem autonomia para decidir sobre a transição para essas fontes de energia, mas tais decisões têm repercussões tanto localmente quanto globalmente. Portanto, é importante analisar como a composição das fontes de energia elétrica de cada país tem evoluído ao longo do tempo. Um aspecto que é válido ressaltar, é que essas mudanças nem sempre foram impulsionadas pelas preocupações com o clima.

Para que processo de transição ocorra é necessário que alguns princípios sejam considerados. Segundo afirma Pimentel (2019), existem princípios como a solidariedade e a responsabilidade entre gerações, que são essenciais para garantir um meio ambiente saudável. Para alcançar a transição energética é crucial adotar local e globalmente uma nova matriz energética, sustentável e baseada em fontes renováveis.

O Brasil é amplamente reconhecido por sua matriz energética diversificada e predominantemente renovável. Dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) indicam que, em 2022, cerca de 83% da eletricidade gerada no país veio de fontes renováveis. A hidrelétrica é a principal fonte, representando aproximadamente 63%

da geração total, seguida por energia eólica, biomassa e solar. Essa predominância de fontes limpas coloca o Brasil em uma posição de destaque no cenário energético global (EPE, 2022).

A transição energética oferece ao Brasil uma gama ampla de oportunidades econômicas. Com a crescente demanda global por energias renováveis, o país pode capitalizar suas vantagens naturais e se posicionar como fornecedor líder de energia limpa e tecnologias associadas.

Embora o país tenha fontes renováveis notáveis, como energia hídrica e etanol, estas enfrentam diversos desafios ambientais. Além disso, apesar da disponibilidade de tecnologias avançadas, os investimentos globais em energia renovável, incluindo no Brasil, diminuíram em 7% em 2017.

Segundo Castro et al. (2019), no Brasil, atualmente, a legislação reconhece os esforços na diversificação da matriz energética e estabelece diretrizes para a expansão energética. Um destaque importante é a Lei nº 10.438/2002 que criou um Programa de Incentivo às energias alternativas, como energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas e projetos de biomassa. Estas iniciativas fizeram parte das ações governamentais para suprir às necessidades energéticas futuras do país. Para alcançar esse objetivo, o governo brasileiro incentivou os pequenos produtores de energia, visando aumentar a oferta energética no futuro e gerar empregos e renda para as comunidades locais. Essa estratégia prioriza o aproveitamento dos recursos naturais energéticos de cada região.

Santos et al. (2021) afirma que a energia fotovoltaica é considerada como uma solução para a geração de energia, pois utiliza uma fonte inesgotável que não polui.

Quanto à energia fotovoltaica é possível afirmar que:

Os sistemas solares fotovoltaicos são uma forma de tecnologia de energia de baixo custo e são reconhecidos como uma fonte de energia confiável, eficiente e ecologicamente correta. Apesar da operação típica de baixo impacto, isso não significa necessariamente que a energia solar seja completamente livre de impactos ambientais e de saúde humana ao longo de seu ciclo de vida. Assim que os painéis fotovoltaicos, inversores e sistema de armazenamento de energia da bateria atingirem o fim de seus ciclos de vida individuais, eles formarão uma grande quantidade de lixo eletrônico (SALIM et al., 2019, p. 548).

O Brasil atualmente enfrenta uma crise de produção energética, pois a despeito de utilizar meios de produção predominantemente renováveis, suas fontes

energéticas envolvem alto custo de construção e manutenção e estão sujeitas às intempéries. Por outro lado, algumas fontes energéticas do país causam impactos ambientais e sociais muito graves.

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo com a metodologia utilizada para produzir energia elétrica por meio da energia solar. Tais sistemas tornaram-se importantes devido à maneira com que eles contribuem para uma sociedade mais sustentável, através de uma energia abundantemente renovável. No entanto, a fonte renovável solar fotovoltaica é considerada fonte intermitente de energia. Esse termo se dá em decorrência das altas variações temporais associadas às condições meteorológicas presentes no local da planta.

É importante incentivar as empresas concessionárias a iniciarem e implementarem ações sustentáveis em seus processos. Tais incentivos podem ser direcionados em diversas formas, como subsídios, incentivos fiscais e reconhecimento público.

Na Lei nº 14.514, de 2022 foram definidos percentuais mínimos como 0,50 (cinquenta centésimos por cento), a serem utilizados para pesquisa e desenvolvimento para eficiência energética, tanto na oferta quanto no final da energia (BRASIL, 2022). O inciso VII desta lei com base na informação anterior, prevê que as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica estão permitidas e incentivadas à utilização de seus recursos para o desenvolvimento em tecnologias com intenção de armazenar energia solar, eólica e de biomassa. (Incluído pela Lei nº 14.120, de 2021). (BRASIL, 2021). O Art. 2º menciona que as concessionárias de produção independente de energia elétrica passaram a ser obrigadas a aplicar, por ano, o valor mínimo de 1% (um por cento) de sua receita líquida em pesquisa e desenvolvimento. Por outro lado, as empresas que já são unicamente geradoras exclusivas de energias renováveis, como instalações eólica, solar, biomassa, e cogeração qualificada são excluídas da obrigatoriedade desta lei. (Redação dada pela Lei nº 10.438, de 2002). (BRASIL, 2002).

Em se tratando ainda de energias renováveis, especificamente da energia fotovoltaica e eólica, Ramos et al. 2023 afirma que:

A energia solar fotovoltaica e eólica é, tendo em vista as condições climáticas favoráveis e suas características condizentes com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o Objetivo 7 (energia limpa e acessível) e o Objetivo 12 (consumo e produção responsáveis). Afinal, são

duas fontes renováveis e cuja exploração ocorre sem a emissão de efluentes nem de gases do efeito estufa. Os impactos ambientais adversos devem ser monitorados e mitigados pelos desenvolvedores, potencializando os efeitos benéficos da atividade (RAMOS et al., 2023, p. 366).

Os principais métodos de captação da energia solar para geração de eletricidade incluem a conversão fotovoltaica, em que a luz do sol é transformada diretamente em energia elétrica por materiais semicondutores das células fotovoltaicas, e o aproveitamento térmico, realizado por placas coletoras solares que aquecem a água para uso em equipamentos e ambientes.

O crescimento dessa tecnologia gera desafios ambientais, especialmente o descarte de painéis fotovoltaicos. No entanto, isso também cria oportunidades para a reciclagem, permitindo a recuperação de matérias-primas valiosas, como o silício, para a fabricação de novos painéis. Esse processo fortalece a economia circular, reduzindo impactos ambientais e otimizando o uso de recursos no setor de energia solar. A expansão da indústria de reciclagem de painéis fotovoltaicos é fundamental para a transição global em direção a um futuro energético mais sustentável e renovável. Para que essa indústria alcance seu pleno potencial, é necessário o estabelecimento de uma infraestrutura institucional robusta, capaz de lidar com o aumento progressivo dos resíduos gerados. A criação de políticas públicas e mecanismos regulatórios eficientes será vital para garantir a viabilidade econômica dessa atividade, permitindo o crescimento do mercado de reciclagem e a contribuição efetiva para a sustentabilidade ambiental em longo prazo.

## **2.5 Transição energética**

Atualmente, a matriz energética é predominantemente baseada em combustíveis fósseis, mas a tendência é que haja uma transição para uma matriz mais voltada para fontes renováveis.

A transição energética vem reconfigurar o sistema energético tal como o conhecemos. O previsível fim da “era do petróleo” pode vir a dar lugar a uma maior eletrificação da economia. O desenvolvimento tecnológico e os continuados apoios às energias renováveis permitiram que aqui se chegasse. No quadro do *energy trilemma* (medição anual dos sistemas energéticos nacionais) as escolhas dos consumidores e o desenvolvimento dos mercados ditarão o futuro. Ao mesmo tempo, a transição energética acarreta múltiplos desafios ao setor elétrico para os quais as respostas

possíveis ainda não estão testadas. O mundo da energia, e o da eletricidade em particular, vão complexificar-se. Estados, reguladores, agentes e consumidores terão de ajustar-se no âmbito de um quadro normativo, também ele em necessária mudança (SANTOS, 2019).

A colaboração é fundamental para que a comunidade internacional consiga lidar de forma eficaz com os desafios da transição energética e das mudanças climáticas. No entanto, alcançar essa cooperação é complexo, envolvendo negociações entre Estados, organizações multilaterais, empresas e outros atores não estatais relevantes na questão.

Desta forma, a diminuição da emissão de carbono dependerá de uma relevante redução da utilização de energias não renováveis como a geração de eletricidade que, atualmente, é responsável pela terça parte das emissões globais.

Cazalbón (2023) comenta que a atual mudança no panorama energético, caracterizada pelo aumento significativo do uso de energias renováveis na produção global de energia, acompanhada por grandes transformações no setor elétrico, requer a implementação de diversas políticas por parte dos governos. Especialmente políticas relacionadas às mudanças climáticas e ao cumprimento de metas estabelecidas em acordos internacionais sobre clima e meio ambiente. Neste contexto, a América do Sul pode desempenhar um papel crucial. Por um lado, a região é rica em recursos energéticos essenciais para essa transição, como energia eólica, solar e biomassa, os quais podem ser compartilhados por meio de interconexões entre países. Além disso, alguns países possuem indústrias locais capazes de abastecer a região e se tornar centros de exportação de energia.

Conforme destaca a EPE (2020), para que ocorra a transição energética se faz necessário além da questão tecnológica, transformações na infraestrutura, nos comércios e nos centros de demanda de energia.

O Relatório *World Energy Outlook* publicado pela IEA em 2023, apresenta o argumento de que a segurança energética e o ajuste às mudanças climáticas serão os principais temas de um futuro bem próximo, destacando a necessidade de uma abordagem que inclua os investimentos em tecnologias, políticas que regulamentes e a orientação para capacitação das instituições com intenção de que haja uma significativa participação de fontes de energias renováveis a nível global (IEA, 2023).

Portanto, tanto a Irena quanto a IEA (2023) concordam que a transição energética exprime desafios socioeconômicos. É necessário que além da tecnologia e regulamentação, também haja a preocupação e ações relacionadas a questões sociais e econômicas, a fim de que a transição seja viável e justa com o objetivo que beneficie toda sociedade e classes.

Finalmente, Hallack et al. (2023) apresentam outras preocupações em relação ao assunto:

A transição energética pela qual o mundo passa atualmente é um processo amplo, que impacta diversos setores, países, suas sociedades e as relações com o meio ambiente, impulsionada primordialmente pela ambição global de combate à mudança climática e descarbonização das economias. Esta transição energética está embasada em condicionantes como desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas e inovações tecnológicas associadas à eletrônica e à entrada na era digital. Um de seus grandes desafios está associado à busca por uma transição com segurança de fornecimento a preços acessíveis. Esses elementos são especialmente importantes para os países em desenvolvimento que tendem a ter demanda crescente de energia e uma baixa disponibilidade a pagar pelos serviços energéticos, como consequência dos níveis de renda da população. (HALLACK et al., 2023, p. 23).

A transição energética global representa uma resposta urgente às mudanças climáticas e à necessidade de descarbonização das economias, mas também é um desafio complexo e multifacetado. Para ser bem-sucedida, ela deve equilibrar o desenvolvimento sustentável com as necessidades emergentes de cada país, especialmente os em desenvolvimento, que enfrentam dificuldades em termos de recursos financeiros e infraestrutura. A inovação tecnológica, como as soluções digitais e as energias renováveis, desempenha um papel fundamental nesse processo, permitindo a diversificação das fontes de energia e a redução da dependência de combustíveis fósseis. No entanto, garantir que essa transição seja justa, eficiente e acessível a todas as nações é uma tarefa delicada, já que os países mais pobres podem ser os mais vulneráveis às mudanças nas políticas energéticas globais e às flutuações dos preços de energia.

### **3. METODOLOGIA**

Com base em Cebrap (2016) e Gil (2019), a presente pesquisa qualifica-se como do tipo qualitativa, de natureza aplicada e exploratória.

A pesquisa qualitativa é particularmente adequada quando o objetivo é estudar crenças, valores, atitudes, relações e práticas sociais, bem como estratégias, modelos de gestão e as transformações ocorridas nos contextos organizacional, social, político e econômico.

A pesquisa exploratória proporciona a capacidade de incorporar conhecimento sobre um determinado problema que venha ser pesquisado. A parte exploratória ocorrerá através da análise e implementação de placas fotovoltaicas em uma rede de escolas particulares.

Para a construção do referencial teórico, as pesquisas foram realizadas no site da IEA, IRENA, Organização das Nações Unidas, Portal de Periódicos CAPES e na Biblioteca digital da PUC Campinas, utilizando termos como desenvolvimento sustentável, sustentabilidade, energias renováveis e escolas.

A pesquisa documental e a bibliográfica são métodos essenciais para realização da pesquisa qualitativa, complementando informações revelando novas perspectivas e aspectos sobre determinado tema. Para tal procedimento as fontes de informações devem incluir relatórios, documentos, artigos científicos e teses realizadas por pesquisadores do tema.

Após levantadas todas as informações, os dados foram tabulados e descritos de forma escrita e ilustrada.

Uma rede de ensino conceituada no ramo de escolas particulares foi escolhida para realização da presente pesquisa. Os critérios para escolha dessa rede incluíram a proximidade do primeiro autor deste estudo à instituição, e, portanto, uma redução nos empecilhos para o levantamento dos dados, e, também, a relevância da rede para o cenário educacional estadual, já que é uma rede fortemente presente nos municípios do estado de São Paulo (Figura 3). A instituição é regida por uma orientação central: divisões administrativas e associações. Sendo que, cada associação rege um determinado número de escolas. As associações são divididas por territórios do estado, assim denominadas: Paulista Sul (APS), Paulista Central (APaC), Paulista Leste (APL), Paulistana (AP), Paulista Oeste (APO), Paulista Sudeste (APSe), Paulista do Vale (APV) e Paulista Sudoeste (APSo).

Figura 3. Número de unidades, professores e alunos da rede escolhida como alvo do estudo, referentes ao ano de 2024.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A associação selecionada para este estudo foi a Associação Paulista Sudoeste (APSo), pertencente à União central Brasileira - UCB. Esta associação rege os colégios que estão presentes nas seguintes cidades: Hortolândia, Sorocaba, Indaiatuba, Porto Feliz, Piracicaba, Itararé, Tatuí (Figura 4). A escolha da associação se deu devido ao fato de o autor deste estudo ter contato direto com os gestores de algumas unidades, e por já ter sido gestor de uma das escolas da rede e conhecer um pouco mais a realidade da região.

Figura 4. Localização das unidades escolares.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Os dados foram solicitados ao tesoureiro da mantenedora. O colégio de Tatuí e Itararé não forneceu todos os dados solicitados (Laudo Estrutural), por não terem recebido da empresa prestadora do serviço de instalação. Para analisá-los, utilizou-se da técnica de análise de conteúdo, a partir da definição de categorias que foram definidas com base nos dados e que estão dispostas no capítulo de Resultados.

Dessa forma, as categorias criadas para análise dos conteúdos foram: i) Implantação do programa de energia solar; ii) Análise do laudo estrutural para implantação; iii) Análise do relatório mensal de gastos e economia; iv) Relatório de consumo de quilowatts (por colégio); e v) Questões ambientais e análise SWOT dos resultados. Quando pertinente, os dados fornecidos foram mantidos no seu formato original, ou seja, como foram fornecidos – Figuras – com a finalidade de manter a precisão da informação, uma vez que ao leitor fica vedado o acesso pela internet aos dados fornecidos.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Implantação do programa de energia solar**

O documento disponibilizado para estudo se trata de um Relatório Conclusivo referente ao monitoramento da geração das usinas e as medições do consumo do mês de julho de 2024. Utilizamos este mês como referência porque foi o mês em que foram fornecidos os relatórios. Embora não seja o ideal a utilização de apenas um mês, não conseguimos acesso a mais dados. Inclusive, a possibilidade de analisar o mês de julho foi interessante, porque é mês de férias em todas as unidades, o que reflete o consumo energético basal do colégio, sem a utilização por alunos e outras fontes. Neste documento a empresa responsável apresenta à administração dos colégios um resumo dos dados coletados e as alterações necessárias conforme o desempenho mensal a partir do período de implantação.

O projeto para implantação de energia solar nas escolas foi realizado através de etapas, entre elas, levantamento de informações do local, estudo de viabilidade e possibilidades, elaboração e desenvolvimento do projeto inicial, fornecimento de materiais, execução dos serviços, testagens até que a conexão do sistema tenha finalmente sido estabelecida.

A empresa fornecedora apresentou o orçamento, porém, foi informado que nele não constavam as adequações necessárias, tais como, manutenções e adequações estruturais, as quais foram necessárias para que o projeto se iniciasse. Todas as adaptações do ambiente foram de responsabilidade da mantenedora dos colégios (União Central Brasileira). A mantenedora dos colégios não forneceu informação relacionada aos custos necessários para as adaptações.

Para a execução do projeto elétrico foi preciso estabelecer o processo de conexão dos painéis ao inversor e à rede de energia. Tal processo precisou ser aprovado pela concessionária de energia. Os painéis solares fotovoltaicos são compostos por:

- Módulos de silício policristalino
- Mini disjuntores de corrente alternada
- Estruturas metálicas
- Dispositivos de proteção contra surtos
- Inversor
- Conectores
- Cabos

Os créditos são medidos em kW/h e ficam disponíveis até 60 meses, desta forma, se os créditos não forem utilizados no mês vigente, podem ser gastos nas contas de luz seguintes. Além disso, há uma possibilidade de transferência dos créditos para outra unidade, no caso, os locais nos quais possuírem o mesmo CPF ou mesmo CNPJ, e os que estiverem no raio possível para o alcance da mesma concessionária.

Os módulos podem ser usados individualmente ou em sistemas, para criar projetos de geração de energia de qualquer tamanho, tanto em sistemas autônomos (Off-grid) quanto conectados à rede (On-grid) (BEZERRA, 2021). On-grid significa “na rede”. Este sistema fica conectado à rede elétrica. Também existe o sistema híbrido, o qual possui todos os componentes de ambos os sistemas.

O Quadro 1 descreve brevemente a composição e utilidade do sistema.

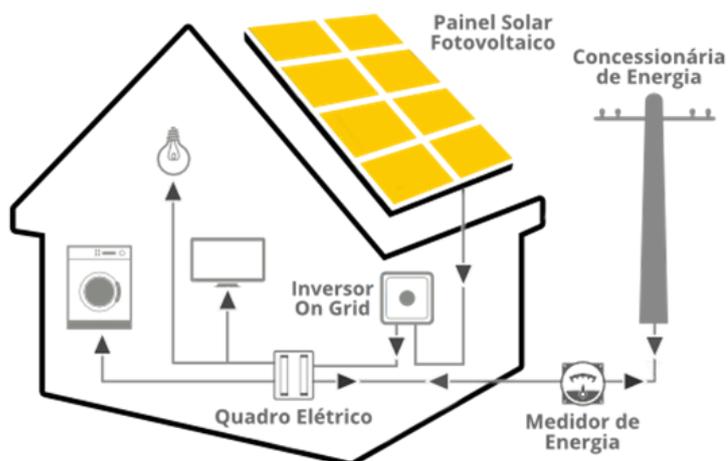
Quadro 1. Componentes e utilidade do sistema fotovoltaico.

1. Módulos solares	Fazem a captação da energia, podendo ser dimensionados conforme a demanda de energia, transformando a energia solar em elétrica.
2. Controladores de energia	São utilizados para evitar possíveis sobrecargas na bateria. Os controladores aumentam a sua vida útil.
3. Inversores	Transformam os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (AC). Além disso, são responsáveis pela simultaneidade com a rede elétrica.
4. Baterias	Fazem o armazenamento da energia elétrica, caso não tenha sol, assim, o sistema ainda poderá ser utilizado.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa (2024).

A seguir é apresentada uma visão simplificada de como a instalação do sistema é realizada, bem como a lógica do seu funcionamento (Figura 5).

Figura 5. Instalação do sistema fotovoltaico On-grid e a lógica de seu funcionamento.



Fonte: SEE Energia (2021).

No sistema fotovoltaico On-grid, os painéis solares geram energia elétrica a partir da luz solar e a enviam para a rede elétrica pública. Durante o dia, quando a geração de energia solar é alta, o excedente de energia produzido é injetado na rede, gerando créditos energéticos. Esses créditos podem ser utilizados à noite ou em dias nublados, quando a geração solar é insuficiente para atender ao consumo. O medidor bidirecional registra tanto a energia consumida da rede quanto a energia injetada, permitindo um balanço entre o que foi consumido e o que foi produzido. Dessa forma, o consumidor paga apenas pela diferença entre a energia consumida e a energia gerada, podendo até zerar a conta de luz se a produção for igual ou superior ao consumo.

#### 4.2 Análise do Laudo Estrutural para implantação

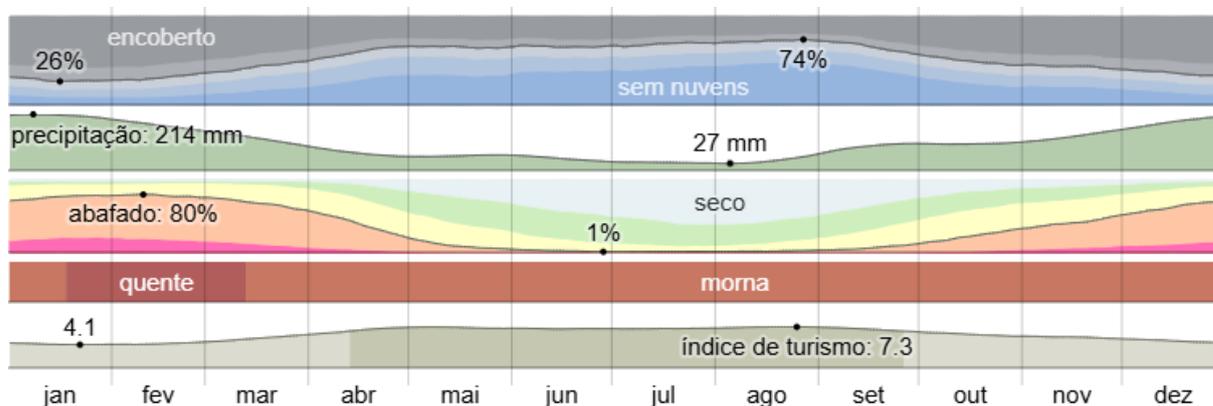
Foram realizados os laudos em cada uma das unidades escolares com intenção de avaliar possíveis riscos e necessidades de nas estruturas metálicas, além de verificar suas condições atuais para instalação de placas fotovoltaicas. Foi necessário identificar se a colocação das placas fotovoltaicas nas coberturas dos colégios poderia acarretar problemas estruturais, ou seja, se os parâmetros normativos da ABNT NBR 8800:2008 (Projeto de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto de edifícios) são atendidos corretamente.

A seguir, apresentamos um breve diagnóstico e imagens resultantes da avaliação e laudos de cada uma das escolas.

## 4.2.1 Diagnóstico e análise do colégio de Hortolândia

A Figura 7 apresenta alguns dados climatológicos da cidade de Hortolândia.

Figura 7. Clima em Hortolândia.



Fonte: Weather Spark (2024a).

Em Hortolândia, o verão é longo, morno, abafado, com precipitação e de céu quase encoberto; o inverno é curto, agradável e de céu quase sem nuvens. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 13 °C a 30 °C e raramente é inferior a 9 °C ou superior a 34 °C.

Na escola de Hortolândia, algumas inconformidades foram encontradas e emitidos alguns pareceres sobre a cobertura, onde pontos de corrosão foram encontrados (Figura 8).

Figura 8. Cobertura do colégio de Hortolândia



Nota: Em vermelho: são os pontos que possuem alguma inconformidade. Em verde: pontos em conformidade. Em azul: bases e ponto de ligação.

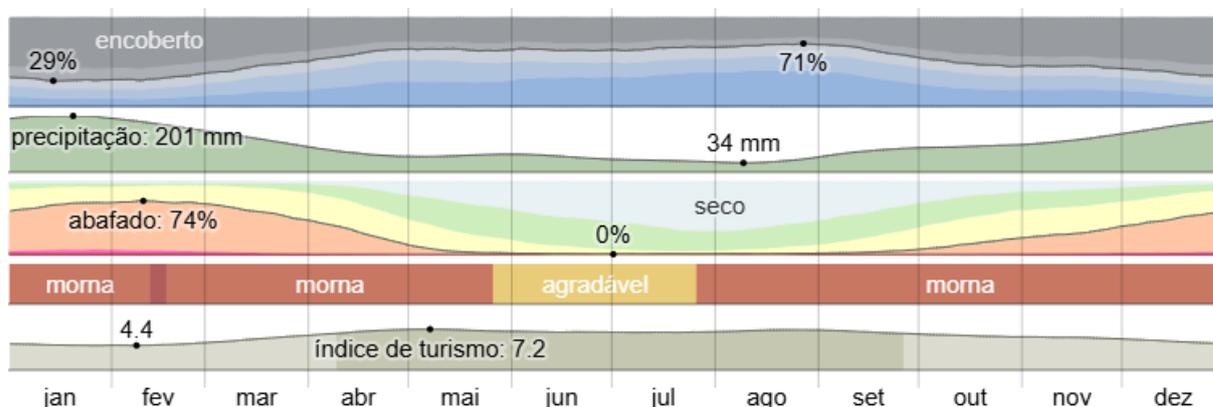
Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora (2024).

A cobertura precisou passar por vários procedimentos de reforço estrutural antes da colocação das placas fotovoltaicas. No estado em que estava a estrutura não estava apta para receber as placas fotovoltaicas. A estrutura encontrava-se em médio estado de conservação. Após serem efetuadas as mudanças, o laudo ainda recomendou ser feita uma nova pintura de proteção contra a corrosão. Concluiu-se que as estruturas necessitavam de grandes adequações para receber o novo carregamento.

#### 4.2.2 Diagnóstico e análise do colégio de Sorocaba

A Figura 9 apresenta alguns dados climatológicos da cidade de Sorocaba.

Figura 9. Clima em Sorocaba

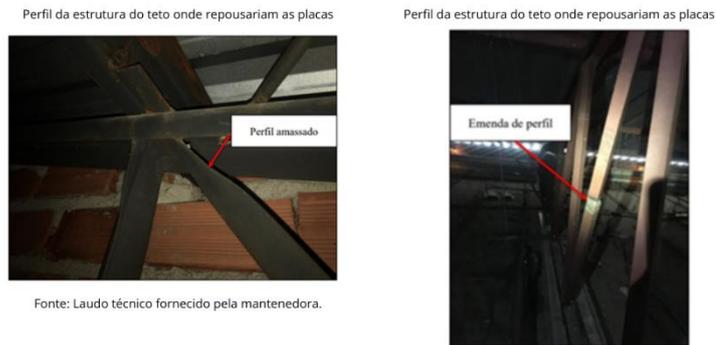


Fonte: Weather Spark (2024b).

Em Sorocaba, o verão é longo, morno, abafado, com precipitação e de céu quase encoberto; o inverno é curto, agradável e de céu quase sem nuvens. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 13 °C a 29 °C e raramente é inferior a 9 °C ou superior a 33 °C.

De forma semelhante, porém, um pouco mais amena, a estrutura da escola de Sorocaba também apresentou algumas inconformidades, mas não no aspecto corrosão (Figura 10).

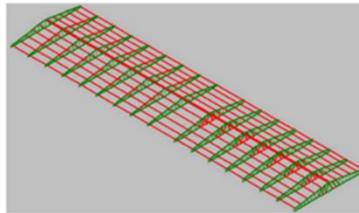
Figura 10. Cobertura do colégio de Sorocaba



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

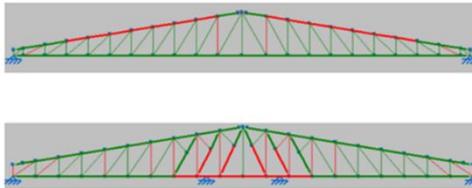
Representação da estrutura do teto onde repousariam as placas (vista superior e lateral)



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Nota: Em vermelho: são os pontos que possuem alguma inconformidade. Em verde: pontos em conformidade.

Representação da estrutura do teto onde repousariam as placas



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Nota: Em vermelho: são os pontos que possuem alguma inconformidade. Em verde: pontos em conformidade. Em azul: bases e ponto de ligação.

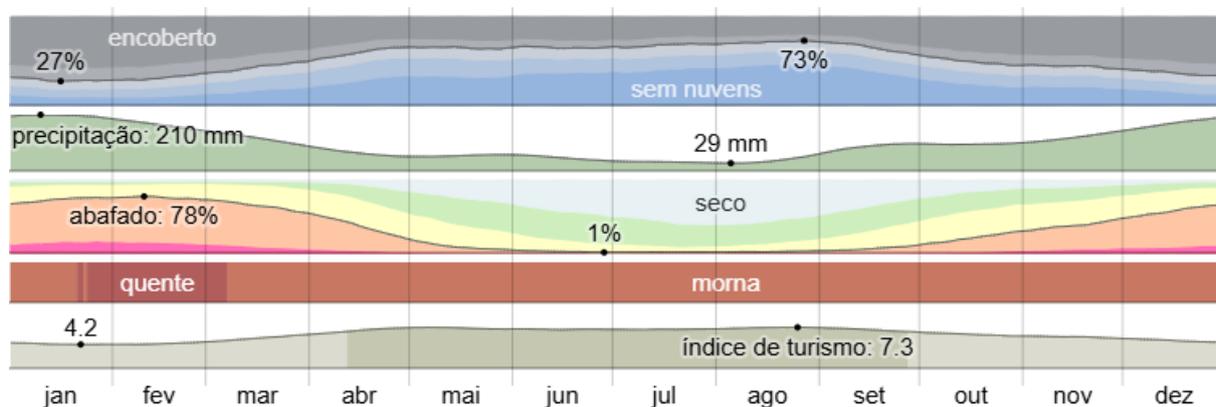
Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora (2024).

Antes de serem colocadas as placas fotovoltaicas sobre a estrutura, recomendou-se fortemente que os reforços contidos no projeto de reforço fossem implementados. A estrutura encontrava-se em regular estado de conservação com alguns pontos de corrosão. Após serem efetuadas as mudanças deveria ser feita uma nova pintura de proteção contra a corrosão. Concluiu-se que as estruturas necessitavam de grandes adequações para receber os novos carregamentos.

#### 4.2.3 Diagnóstico e análise do colégio de Indaiatuba

A Figura 11 apresenta alguns dados climatológicos da cidade de Indaiatuba.

Figura 11. Clima em Indaiatuba



Fonte: Weather Spark (2024c).

Em Indaiatuba, o verão é longo, morno, abafado, com precipitação e de céu quase encoberto; o inverno é curto, agradável e de céu quase sem nuvens. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 13 °C a 30 °C e raramente é inferior a 9 °C ou superior a 34 °C.

Embora houvesse manutenções a serem feitas neste colégio, diferente das anteriormente citadas a escola não apresentou maiores empecilhos à implementação (Figura 12).

Figura 12. Cobertura do colégio de Indaiatuba

Existência de reforço na estrutura



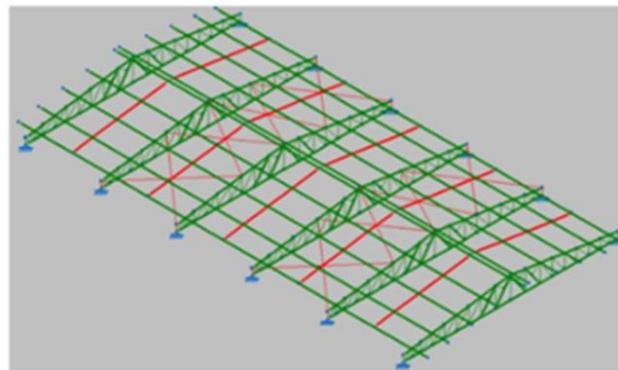
Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Existência de pilar de reforço na estrutura



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

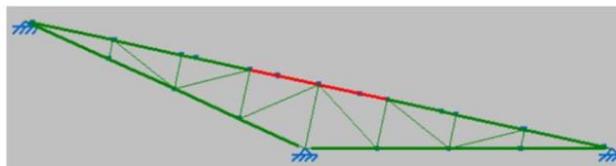
Representação da estrutura do teto onde repousariam as placas (vista superior e lateral)



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Em vermelho: são os pontos que possuem alguma inconformidade. Em verde: pontos em conformidade. Em azul: bases e ponto de ligação.

Representação da estrutura do teto onde repousariam as placas



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Nota: Em vermelho: são os pontos que possuem alguma inconformidade. Em verde: pontos em conformidade. Em azul: bases e ponto de ligação.

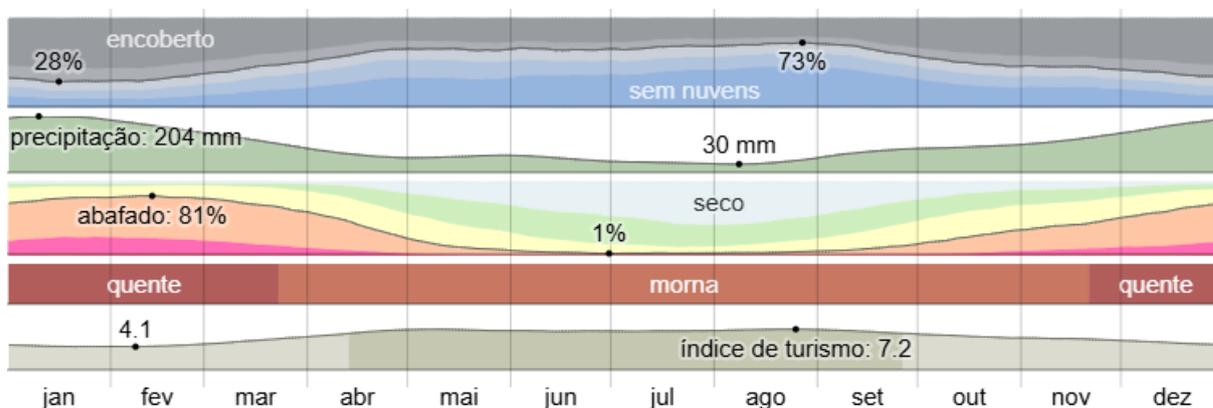
Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora (2024).

No colégio de Indaiatuba foram identificadas algumas inconformidades na estrutura, porém, nenhuma delas foi de fator relevante para que atrapalhasse ou interrompesse o projeto de implantação das placas fotovoltaicas. Aconselhou-se que fossem feitas as manutenções necessárias.

#### 4.2.4 Diagnóstico e análise do colégio de Porto Feliz

A Figura 13 apresenta alguns dados climatológicos da cidade de Porto Feliz.

Figura 13. Clima em Porto Feliz



Fonte: Weather Spark (2024d).

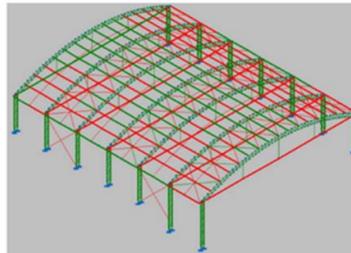
Em Porto Feliz, o verão é longo, quente, abafado, com precipitação e de céu quase encoberto; o inverno é curto, agradável e de céu quase sem nuvens. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 13 °C a 30 °C e raramente é inferior a 9 °C ou superior a 34 °C

Neste colégio, alguns ajustes foram recomendados, pois, parte apresentava boa adequação, e parte não. A Figura 14 apresenta elementos da estrutura do Colégio de Porto Feliz.

Figura 14. Cobertura do colégio de Porto Feliz



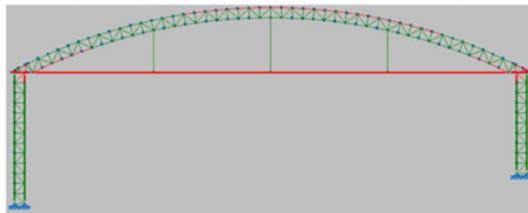
Representação da estrutura do teto onde repousariam as placas (vista superior e lateral)



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Nota: Em vermelho: são os pontos que possuem alguma inconformidade. Em verde: pontos em conformidade. Em azul: bases e ponto de ligação.

Representação da estrutura do teto onde repousariam as placas



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Nota: Em vermelho: são os pontos que possuem alguma inconformidade. Em verde: pontos em conformidade. Em azul: bases e ponto de ligação.

Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora (2024).

A cobertura da figura 14 apresentou boa capacidade estrutural. Entretanto, como os movimentos das placas fotovoltaicas seriam consideráveis, haveria a necessidade de reforços pontuais. O fato de ela ter sido concebida de forma correta e possuir projeto estrutural, facilitaria muito a sua adequação para resistir os novos carregamentos.

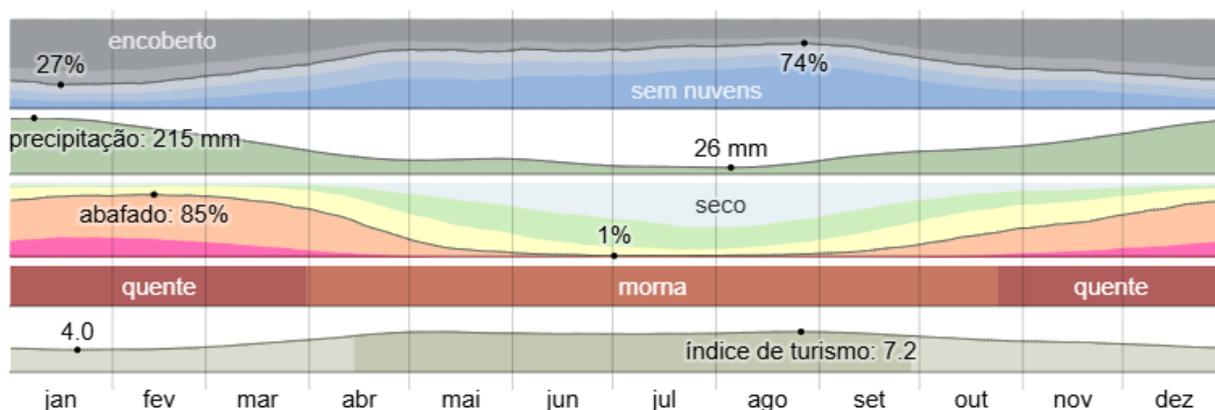
A estrutura encontrava-se em regular estado de conservação apresentando pontos de corrosão. Após os reparos de reforço sugeriu ser repintada. No caso da cobertura da figura 14, mesmo tendo uma aplicação pequena de carga devido às placas fotovoltaicas, as ações do vento demandariam um reforço mais substancial.

Nesta estrutura houve o agravante de ter sido feita de forma empírica sem projeto estrutural, e algumas inconsistências devido a isso foram observadas.

#### 4.2.5 Diagnóstico e análise do colégio de Piracicaba

A Figura 15 apresenta alguns dados climatológicos da cidade de Piracicaba.

Figura 15. Clima em Piracicaba



Fonte: Weather Spark (2024e).

Em Piracicaba, o verão é longo, quente, abafado, com precipitação e de céu quase encoberto; o inverno é curto, agradável e de céu quase sem nuvens. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 12 °C a 31 °C e raramente é inferior a 9 °C ou superior a 34 °C.

De todos os colégios que disponibilizaram os seus dados, o de Piracicaba foi o que apresentou os maiores problemas estruturais (Figura 16). Houve mesmo a recomendação de não instalação das placas sobre a cobertura. Posteriormente, ficamos sabendo que a implantação foi feita sem os devidos ajustes e o teto desabou.

Figura 16. Cobertura do colégio de Piracicaba

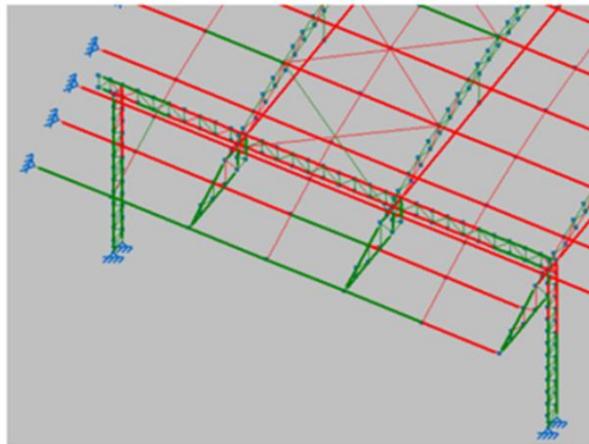


Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Representação da estrutura do teto onde repousariam as placas (vista de baixo)



Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora.

Nota: Em vermelho: são os pontos que possuem alguma inconformidade. Em verde: pontos em conformidade. Em azul: bases e ponto de ligação.

Fonte: Laudo técnico fornecido pela mantenedora (2024).

Destaca-se que a treliça de apoio na cobertura da Figura 16 apresentava uma deformação visual de mais de 100 mm com o carregamento existente. Esta deformação exagerada poderia estar conduzindo regiões de peças a um estado de escoamento do aço, podendo ele estar trabalhando em fase de recuperação do diagrama tensão x deformação, estágio que precede a ruína. Mais grave do que isto eram as peças comprimidas com estabilidade instável na iminência de flambagens locais e globais.

Para o reforço da treliça de apoio na cobertura da Figura 16 seria necessário macaqueamento da mesma. Sob hipótese nenhuma as placas fotovoltaicas deveriam

ser instaladas nesta estrutura sem o devido reforço. O risco de ruptura e colapso era real na situação em que estava. Concluiu-se que as estruturas necessitavam de grandes adequações para receber o novo carregamento.

O Quadro 2 apresenta uma breve comparação entre as observações para implantação entre os colégios estudados.

Quadro 2: Comparação entre as semelhanças e diferenças encontradas na análise do Laudo Estrutural de cada colégio.

Colégio	Semelhanças	Diferenças
Hortolândia	Deficiências estruturais substanciais.	Necessitou de significativas adequações e reforços para a instalação das placas.
Sorocaba	Deficiências estruturais substanciais.	A estrutura apresentava-se em estado regular, necessitando de reparos, principalmente relacionados à corrosão dos ferros.
Indaiatuba	Menor diagnóstico de deficiências.	Por conta da boa estrutura, os reparos são mínimos, não apresentando nenhum risco relacionados à instalação das placas.
Porto Feliz	Possui uma boa estrutura, porém com pequenas necessidades de ajustes.	A estrutura necessitou de dois reforços e pinturas após os reparos.
Piracicaba	Apresentou deficiências extremamente críticas e graves, proporcionando grandes riscos.	Necessitou de grandes adequações e reforços para tornar possível e viável a instalação das placas.

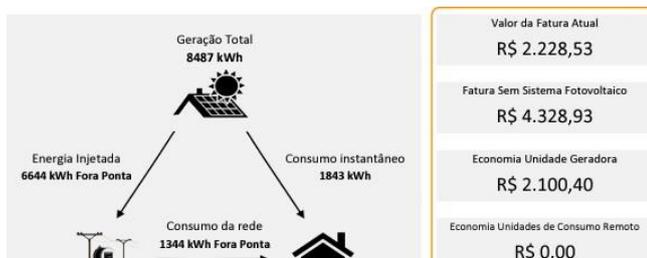
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa (2024).

### 4.3 Análise dos relatórios dos colégios em pesquisa

Realizou-se a análise dos relatórios de gastos e economia de cada colégio para avaliar, na prática, se a implementação do sistema fotovoltaico atingiu um dos principais objetivos estabelecidos pelos gestores: a redução de custos.

Os dados referentes aos custos do colégio de Hortolândia são apresentados na Figura 17.

Figura 17: Custos referentes à unidade de Hortolândia

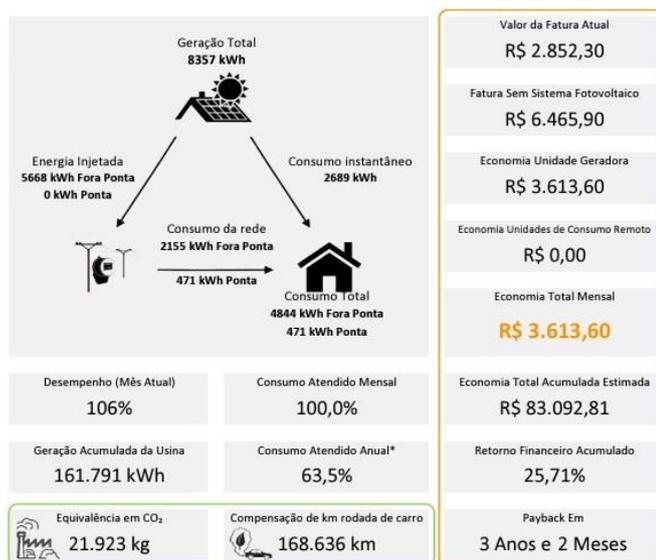


Fonte: Dados de pesquisa (2024).

No colégio da cidade de Hortolândia, o gasto da usina ocorreu conforme expectativa da implantação. Não houve aumento de consumo comparado a julho do ano anterior (2021). Porém, devido a necessidade de manutenção da rede elétrica do colégio, o sistema ficou fora de operação por seis dias. Foram acumulados créditos de 5.130 kWh.

Os dados referentes aos custos do colégio de Piracicaba são apresentados na Figura 18.

Figura 18: Custos referentes à unidade de Piracicaba



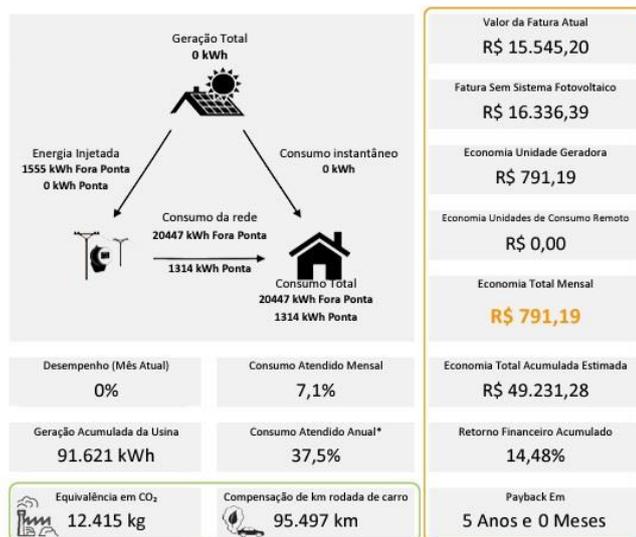
Fonte: Dados de pesquisa (2024).

Na unidade de Piracicaba, a geração do mês de julho esteve levemente abaixo da expectativa da implantação, ou seja, houve aumento do consumo comparado a

julho do ano anterior (2021). Não houve pausas ou falhas no sistema gerando créditos de 3149 kWh. Esta unidade apresentou baixo consumo de energia reativa.

Os dados referentes aos custos do colégio de Tatuí são apresentados na Figura 19.

Figura 19: Custos referentes à unidade de Tatuí

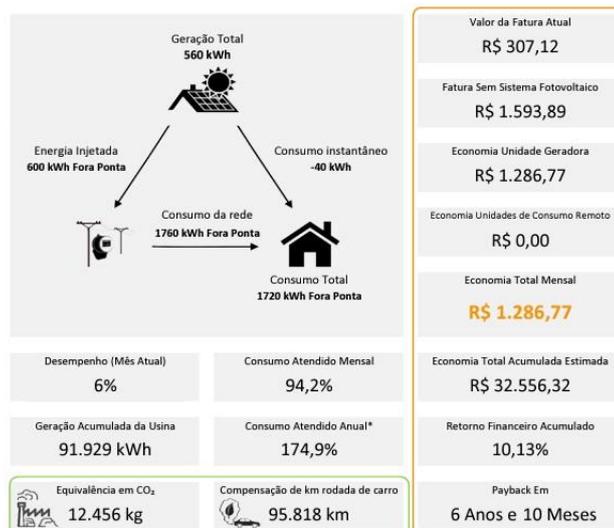


Fonte: Dados de pesquisa (2024).

No colégio da cidade de Tatuí, a geração da usina no mês de julho ocorreu dentro da expectativa, ou seja, houve redução de consumo comparado ao ano anterior (2021). Não houve pausas ou falhas no sistema gerando créditos de 2781 kWh. Esta unidade apresentou baixo consumo de energia reativa.

Os dados referentes aos custos do colégio de Sorocaba são apresentados na Figura 20.

Figura 20: Custos referentes à unidade de Sorocaba

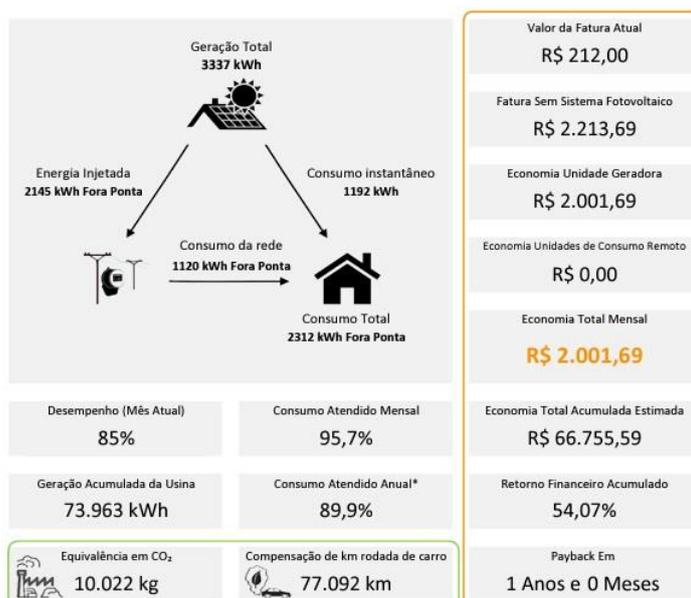


Fonte: Dados de pesquisa (2024).

No colégio de Sorocaba, a geração mensal da usina ocorreu abaixo da expectativa, pois o sistema e os inversores foram desligados. A demanda foi levemente acima da contratada, sua otimização pode gerar uma economia anual de aproximadamente R\$ 3.796,00. Esta unidade, apresentou baixo consumo de energia reativa.

Os dados referentes aos custos do colégio de Porto Feliz são apresentados na Figura 21.

Figura 21: Custos referentes à unidade de Porto Feliz

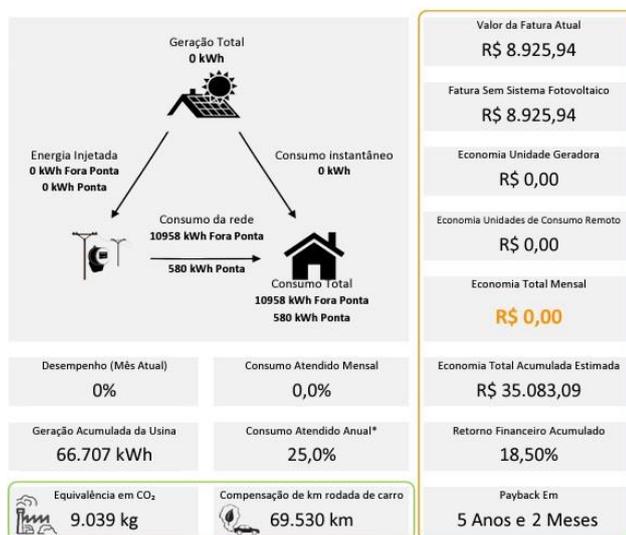


Dados de pesquisa (2024).

A geração mensal da unidade do colégio de Porto Feliz ocorreu abaixo da expectativa, pois o sistema e os inversores permaneceram desligados. O relatório apresenta aumento de consumo comparado a julho do ano anterior. Os créditos computados na fatura foram de 53620 kWh. Esta unidade apresentou baixo consumo de energia reativa.

Os dados referentes aos custos do colégio de Itararé são apresentados na Figura 22.

Figura 22: Custos referentes à unidade de Itararé

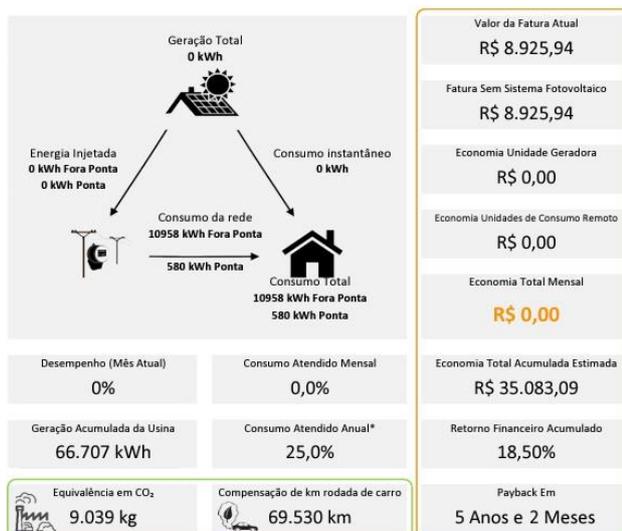


Fonte: Dados de pesquisa (2024).

Na unidade de Itararé, a geração da usina ocorreu levemente abaixo da expectativa do projeto. Esta unidade apresentou redução de consumo comparado a julho de 2021. Não houve consumo de energia reativa nesta unidade.

Os dados referentes aos custos do colégio de Indaiatuba são apresentados na Figura 23.

Figura 23: Custos referentes à unidade de Indaiatuba



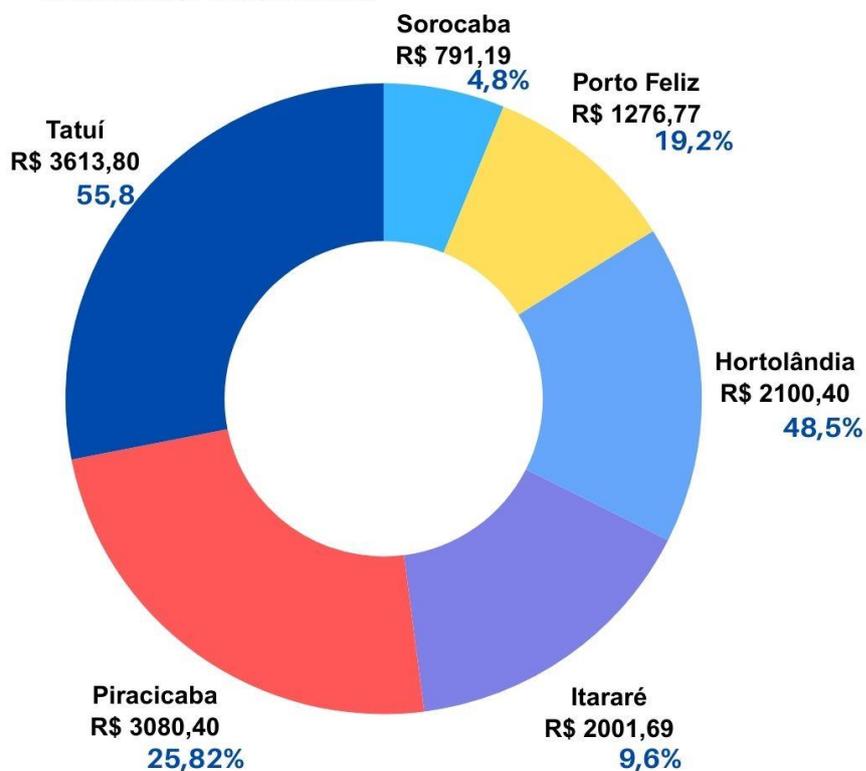
Fonte: Dados de pesquisa (2024).

A geração mensal da unidade do Colégio de Indaiatuba ocorreu abaixo da expectativa, pois o sistema e os inversores permaneceram desligados. O relatório apresenta aumento de consumo comparado a julho do ano anterior. Os créditos foram computados de forma correta, não acumulando-o. Esta unidade apresentou baixo consumo de energia reativa.

O Gráfico 1 apresenta de forma sintetizada a economia nos colégios estudados ao comparar o consumo de fevereiro de 2023 a fevereiro de 2024.

Gráfico 1: Economia referente a um ano de consumo(fevereiro de 2023 a fevereiro de 2024).

Gráfico de economia referente ao mês de fevereiro de 2024, comparado ao mesmo mês do ano anterior.



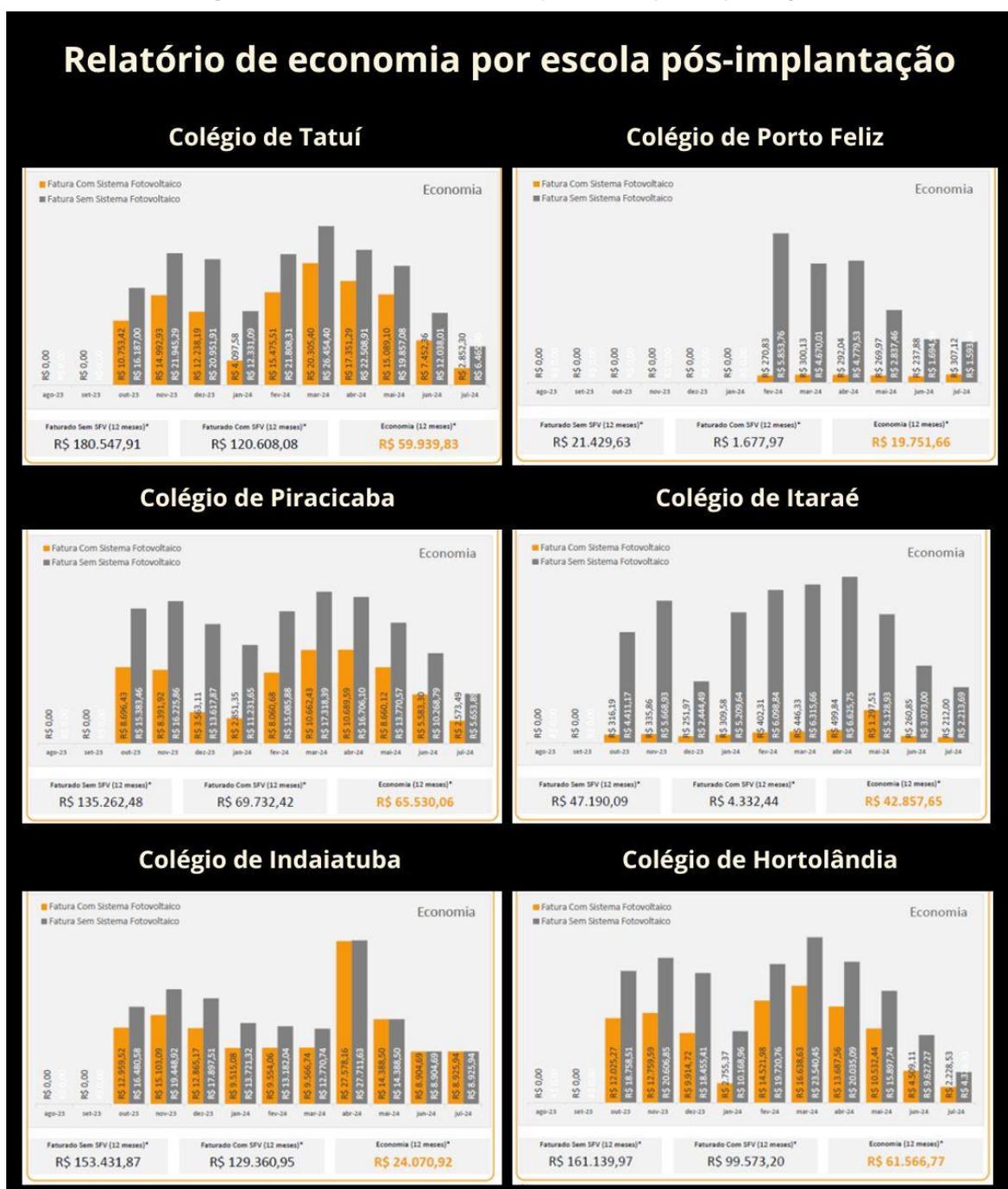
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

No Gráfico 1 é possível observar a economia de cada unidade escolar no mês de julho de 2024. O mês em referência, apresenta situações atípicas como manutenções que levaram os sistemas a ficarem desligados em alguns casos até durante todo o mês conforme aponta o relatório conclusivo. Apesar destas demandas, nota-se economia para o mês em questão.

#### **4.4 Relatório de economia por escola pós-implantação**

A Figura 24 apresenta uma síntese do relatório de economia por escola pós-implantação do sistema fotovoltaico.

Figura 24: Relatório de economia por escola pós-implantação.



Fonte: prestação de contas geradas pela empresa instaladora, disponibilizada pela mantenedora (2024).

#### 4.5 Questões ambientais e Análise SWOT dos resultados

Com a implantação, as escolas passaram a fazer parte do grupo de instituições que se envolvem e preocupam-se com as questões ambientais e responsabilizam-se em diminuir os impactos, utilizando fontes inesgotáveis, além da diminuição de CO<sup>2</sup>.

Embora os benefícios sejam importantes, foi possível perceber que houve desafios desde a implantação até as possíveis demandas do cotidiano. No período de implantação, todos os colégios precisaram investir na adequação dos ambientes necessários. Tal necessidade é de responsabilidade da mantenedora dos colégios e não da empresa implantadora. O tempo também foi um desafio, pois o projeto teve início no período de férias, com objetivo de finalização antes do início das aulas por conta do possível transtorno no ambiente escolar. Então, a mantenedora precisou acelerar a compra dos equipamentos necessários, além de acompanhar o período de implantação de perto.

Outro aspecto que também preocupa é a necessidade de descarte dos equipamentos no fim de sua vida útil, pois, os colégios deverão encontrar um local adequado para descarte consciente quando necessário.

Ao analisar os documentos cedidos pela mantenedora e observar as estruturas, desafios e benefícios nas escolas, como última análise foi aplicada a análise SWOT (acrônimo em inglês: **Strengths** (Forças), **Weaknesses** (Fraquezas), **Opportunities** (Oportunidades), **Threats** (ameaças) tendo como base os resultados obtidos na presente pesquisa.

Foi possível identificar como pontos fortes o impulsionamento das energias renováveis promovendo práticas ambientais, além de mitigar os impactos ambientais. Outro ponto forte observado foi a economia significativa apresentada nas contas de energia na comparação com o período pré-implantação. A reputação da instituição pode ser beneficiada ao promover práticas de sustentabilidade, mostrando-se responsável e ser valorizada em alinhar os ensinamentos pedagógicos com a prática aplicada no ambiente escolar.

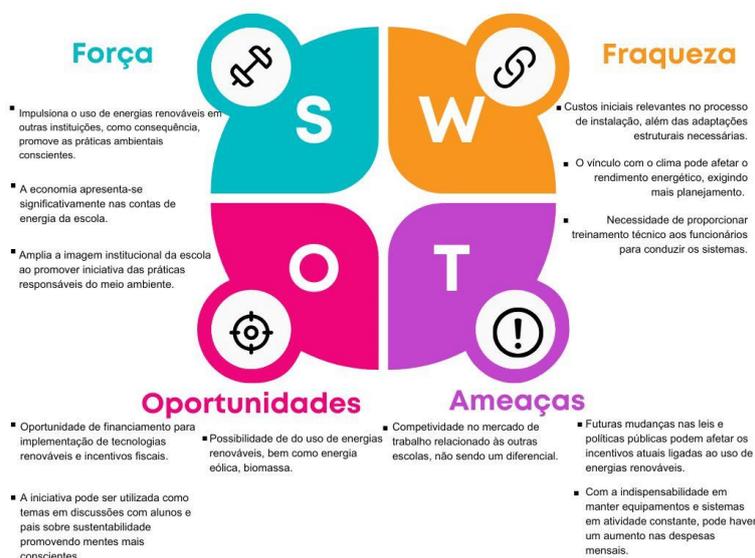
Na análise das fraquezas do projeto, apresentaram-se relevantes os custos necessários para a implantação, bem como materiais adquiridos, adequações essenciais para que o projeto fosse aplicado com eficiência e alinhamento com a regulamentação necessária. Outra vulnerabilidade notada é com relação à dependência do clima, sendo extremamente necessário o planejamento eficaz no projeto de implantação ao prever tais possibilidades. Houve também, o desafio de treinamento dos funcionários com intenção de que se habilitassem para lidar com as necessidades do sistema durante a rotina escolar.

Como oportunidades, a aquisição do projeto da utilização de energias renováveis nas escolas, proporcionou às escolas a possibilidade de receberem financiamentos proporcionados pelas políticas públicas, incentivos fiscais como, 50% de descontos em IPI para compras de equipamentos e dedução da base de cálculo do IR (imposto de renda para pessoas jurídicas).

Por fim, como ameaças, apesar das instituições receberem diversos benefícios e oportunidades, os desafios e ameaças se fazem presentes. Por conta de a promoção da utilização de energias renováveis ter como consequência uma estratégia de marketing, pode gerar maior competitividade com outras instituições que buscam diferenciais para aumentarem o número de matrículas. Outro aspecto relevante observado como ameaça são as possíveis mudanças nas leis e regulamentações futuramente, fazendo-se necessárias novas adequações que podem gerar mais custos e adaptações, fazendo com que haja aumento nas despesas mensais dos colégios.

A Figura 25 apresenta de forma didática os resultados da Análise SWOT referente à implantação e utilização do sistema fotovoltaico dos colégios estudados.

Figura 25: Síntese dos resultados da Análise SWOT referente à implantação e utilização do sistema fotovoltaico dos colégios estudados.



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados da pesquisa (2024).

## 4.6 Discussão dos resultados

A pesquisa analisou a implantação de placas fotovoltaicas em escolas particulares no Estado de São Paulo, com foco nos benefícios financeiros proporcionados pela redução dos custos de energia. O programa demonstrou um impacto econômico expressivo, permitindo que as instituições redirecionassem recursos para melhorias pedagógicas, estruturais e de segurança, aumentando sua competitividade no mercado educacional.

Durante o processo de implantação, a necessidade de investimentos variou conforme as condições estruturais das escolas. Enquanto a unidade de Indaiatuba exigiu apenas ajustes simples, as de Sorocaba e Piracicaba demandaram intervenções mais onerosas para garantir a segurança das instalações. Esses custos adicionais reforçam a importância de um planejamento financeiro detalhado para evitar gastos imprevistos que possam comprometer a viabilidade do projeto.

Os relatórios financeiros indicaram que a economia gerada pelo uso da energia solar não apenas cobriu os custos iniciais em médio prazo, mas também gerou excedentes que foram reinvestidos estrategicamente. No entanto, desafios como o investimento inicial elevado e a dependência de condições climáticas demonstram a necessidade de incentivos fiscais e linhas de financiamento acessíveis para acelerar a adoção dessa tecnologia no setor educacional.

A análise SWOT evidenciou que, além da economia direta na conta de energia, o programa fortalece a reputação das escolas, agregando valor à marca e atraindo novos alunos, o que representa um diferencial competitivo. Para garantir o sucesso financeiro em longo prazo, é essencial um planejamento sólido, capacitação contínua de profissionais e acompanhamento das mudanças regulatórias.

Os resultados corroboram estudos sobre o impacto positivo das energias renováveis na gestão financeira de instituições educacionais, reforçando que a adoção da tecnologia fotovoltaica permite liberar capital para investimentos estratégicos. No entanto, obstáculos como a necessidade de manutenção contínua e as limitações estruturais das edificações exigem uma abordagem financeira criteriosa para maximizar os retornos.

Por fim, a pesquisa destaca que políticas públicas e incentivos fiscais podem reduzir significativamente os custos iniciais, viabilizando a expansão da energia solar no setor educacional. Além da economia imediata, a iniciativa fortalece a

sustentabilidade financeira das escolas, garantindo maior previsibilidade orçamentária e otimizando a gestão de recursos.

Em síntese, o programa de energia solar não apenas reduz despesas operacionais, mas também impulsiona a valorização institucional e o crescimento econômico sustentável das escolas participantes, consolidando-se como um investimento estratégico altamente rentável.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente pesquisa realizou um estudo exploratório em seis escolas que implementaram o sistema de energia solar fotovoltaico no ano de 2024. Foi possível observar alguns documentos fornecidos pela mantenedora dos colégios como, contas de energia anteriores à implantação e relatórios conclusivos pós-implantação, além das observações realizadas diretamente nas escolas.

Ao estudar sobre energias renováveis, mais especificamente a energia solar que é o foco desta pesquisa, é possível afirmar que esta é uma excelente opção de energia renovável, ou seja, limpa e eficiente, principalmente por seu baixíssimo impacto ambiental. A empresa não forneceu diretamente o custo inicial do projeto, quando comparado a outros tipos de geração de energia. Ainda assim, a energia solar é uma das opções mais viáveis quando são considerados os benefícios ambientais e financeiros.

Baseado nas observações feitas e nos dados fornecidos fica evidente que a pivotagem entre sistemas nos colégios é viável por trazer benefícios significativos tanto no aspecto econômico, quanto na questão da mitigação dos impactos ambientais, quando se realiza a análise de consumo de kW/h.

Através dos relatórios conclusivos, notou-se que houve uma redução substancial nos custos com energia elétrica, com percentuais significativos de redução dos valores comparados às contas anteriores e à implantação. Observou-se também que através da economia financeira gerada, foi possível adquirir equipamentos que ofereceram melhor qualidade ambiental para os alunos.

Além das vantagens econômicas, a energia solar, por ser uma fonte renovável em constante crescimento, demonstra vantagens ecológicas consideráveis para as escolas envolvidas no projeto.

O presente estudo forneceu importantes informações e possibilitou que houvesse conclusões relevantes sobre os benefícios e desafios na implantação das placas fotovoltaicas em escolas. Porém, é importante salientar que para que haja mais avanços, é necessário que se dê ao estudo continuidade, a fim de que sejam aprofundadas de maneira mais detalhada e analisados os aspectos limitados da presente pesquisa, como não ter conseguido acesso às contas de energia dos colégios e o impacto ambiental real gerado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLLY, R. M. S.; COSTA, F. S. Avaliando a transição energética através da análise de clusters das matrizes de energia elétrica de 40 países. **Cadernos do IME - Série Estatística**, Rio de Janeiro, v. 52, p. 1, 2022. <https://doi.org/10.12957/cadest.2022.71319>

AGUIAR, M. P. A perspectiva emancipatória do direito ao desenvolvimento no contexto de uma cultura de sustentabilidade. **REJUR - Revista Jurídica da UFERSA**, Mossoró, v. 4, n. 8, jul./dez. 2020, p. 47-71.

<https://doi.org/10.21708/issn2526-9488.v4.n8.p47-71.2020>

AMPONSAH, N. *et al.* Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of life cycle considerations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 39, p. 461-475, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.087>

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Painel de Geração Distribuída**. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiY2VmMmUwN-2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4M-GU2NTkxliwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTct-NDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSI-sImMiOjR9>. Acesso em: 01 abr. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012**. 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren20120482.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ANEEL. Fontes de Energia. **Banco de Informações de Geração (BIG)**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BARROS, E. V. B. A matriz energética mundial e a competitividade das nações:

bases de uma nova geopolítica. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 47-56, junho 2007. <https://doi.org/10.22409/engevista.v9i1.183>

BEZERRA, F. D. Energia solar. **Caderno Setorial ETENE**, Ano 6, n. 174, julho, 2021. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/834/1/2021\\_CDS\\_174.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/834/1/2021_CDS_174.pdf). Acesso em: 20 mar. 2025.

BIZAWU, K.; AGUIAR, P. L. M. Energias renováveis e desenvolvimento sustentável: desafios e perspectivas para os países emergentes. **Conpedi Law Review**, v. 2, n. 4, p. 394-411, jul.- dez. 2016.

BRAGA, R. P. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. 80 f. 2028. Trabalho de conclusão (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. **Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000**. Dispõe sobre a realização de investimentos em P&D em eficiência energética, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9991.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9991.htm). Acesso em: 24 abr. 2022.

BRASIL. **LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002**. 2002. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/l10438.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10438.htm). Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. 2015. Disponível em: [http://www.itamaraty.gov.br/images/ed\\_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf](http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf). Acesso em: 13 nov. 2024.

BRASIL. **LEI Nº 14.120, DE 1º DE MARÇO DE 2021**. 2021. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/L14120.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14120.htm). Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL. **LEI Nº 14.514, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2022**. 2022. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/L14514.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14514.htm). Acesso em: 20 mar. 2025.

CAMPÊLO, J. C. Energias Renováveis e Sustentabilidade: um olhar geográfico para o parque eólico de Marcolândia, estado do Piauí, Brasil. **REGNE**, v. 2, n. Especial. 2016. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10552>

CASTRO, S. C. Energias renováveis: energia eólica, seus efeitos e ganhos ambientais. **ITEGAM-JETIA**, v. 5, n. 19, p. 103-108, set. 2019.

CAZALBÓN, A. Y.; KERR-OLIVEIRA, L. Integración energética en América del Sur: retrospectiva y desafíos en el contexto de la transición energética. **Revista Tempo do Mundo - RTM**, n. 32, ago. 2023. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13404/1/Tempo\\_Mundo\\_32\\_artigo2\\_integracion\\_energetica.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13404/1/Tempo_Mundo_32_artigo2_integracion_energetica.pdf). Acesso em: 20 mar. 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz energética e elétrica**. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 18 mar. 2025.

FERREIRA, H. M. Educação, sustentabilidade e justiça social: uma análise epistemológica do pensamento de Hans Jonas e Edgar Morin. **Polyphonía**, v. 31, n. 1, jan.-jun. 2020. <https://doi.org/10.5216/rp.v31i1.66944>

FILHO, L. P. **Os revezes legais e o desafio de tornar o Brasil a matriz energética mais limpa do mundo**. 2021. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/72/o/TCC\\_Loren\\_final\\_corrigido.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/72/o/TCC_Loren_final_corrigido.pdf). Acesso em: 08 jan. 2025.

FONSECA, A. B. et al. Transição energética: desafios e oportunidades. **Consciência**, Dossiê 238, 12 de setembro, 2022. Disponível em: <https://www.comciencia.br/transicao-energetica-desafios-e-oportunidades/>. Acesso em: 12 set. 2022.

FREITAS, G. S.; DATHEIN, R. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. **Nexus Econômicos**, v. 7, n.1, jan./jun. 2013. <https://doi.org/10.9771/1516-9022rene.v7i1.8359>

GELLER, H. S. **Revolução energética: políticas para um futuro sustentável**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Relume Dumará/USAid, 2003.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300004>

GOMES, J. B.; BARROS, V. G. Cenário e políticas do planejamento energético: energia solar e as necessidades de planejamento territorial. **Revista de Ciências da**

**Administração**, v. 25, n. 65, p. 1-17, jan.-dez. 2023. <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2023.e96280>

GOVERNO lança Plano Nacional de Agroenergia. **Agroanalysis: Revista de Agronegócios da FGV**, v.25, n.10, p.34-35, 2005. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/issue/view/2911/482>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GUTIERREZ, M. B. G. P. **Função do Estado no setor de energia nos países da OCDE: equilibrando a segurança energética, a eficiência e a sustentabilidade**. Brasília: IPEA, 2021. Texto para Discussão 2667. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10653/1/td\\_2667.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10653/1/td_2667.pdf). Acesso em: 20 mar. 2025.

HALLACK, M. et al. O tempo do mundo da segurança, integração e transição energética justa. **Revista Tempo do Mundo - RTM**, n. 32, ago. 2023. <https://doi.org/10.38116>

IRENA. **International Renewable Energy Agency**. 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/News/pressreleases/2024/Oct/Highest-Annual-Growth-of-Renewables-Jobs-in-2023-Reaching-16-point-2-Million-PT>. Acesso em: 26 jan. 2025.

LORA, E. E. S.; TEIXEIRA, F. N. Energia e Meio Ambiente. In: Milton Marques; Jamil Haddad; André Ramon Silva Martins. (ORG). **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos**, v. 1. Itajubá: UNIFEI, 2001. p. 30-93.

LOSEKANN, L.; HALLACK, M. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. In: DE NEGRI, J. A.; ARAÚJO, B. C.; BACELETTE, R. (Orgs.). **Desafios da nação: artigos de apoio**, volume 1. Brasília: Ipea, 2018. p. 631-655. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8446/1/Novas%20energias%20renováveis%20no%20Brasil\\_desafios%20e%20oportunidades.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8446/1/Novas%20energias%20renováveis%20no%20Brasil_desafios%20e%20oportunidades.pdf). Acesso em: 11 mar. 2024.

MIRANDA, R. *et al.* Contributions to the analysis of integrating large-scale wind power into the electricity grid in the Northeast of Brazil. **Energy**, v. 118, p. 1-12, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.138>

OLIVEIRA, A. C. *et al.* Popularização de conceitos e tecnologias de geração de energia com fontes renováveis em escolas de ensino médio de Itabira – MG. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 7, n. 1, p. 59-64, jan.-jun. 2016.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGES. **AR6 Climate**

**Change 2022:** Mitigation of Climate Change. 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>. Acesso em: 21 jul. 2024.

PARLAMENTO EUROPEU. **Energias renováveis**. 2020. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU\\_2.4.9.pdf](https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU_2.4.9.pdf). Acesso em: 11 mar. 2024.

PEREIRA, N. X. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f6c16661-fca3-4df7-bd82-37bf507e7d00/content>. Acesso em: 08 jan. 2025.

PIMENTEL, C. C. Transição energética, governança ambiental e a formulação de políticas econômicas: o Programa Renovabio como modelo de governança multilateral. **Revista Videre**, Dourados, MS, v. 11, n. 22, jul./dez. 2019. <https://doi.org/10.30612/videre.v11i22.10524>

PORTOGENTE. **Energia Eólica**. 2016. Disponível em: <https://portogente.com.br/portopedia/doce/76182>. Acesso em: 08 jan. 2025.

RAMOS, C. E. Educação ambiental: origem e perspectivas. **Educar**, Curitiba, n. 18, p. 201-218, 2001. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.240>

RAMOS, T. F. B. et al. Análise dos procedimentos de licenciamento ambiental dos complexos de energia solar fotovoltaica e eólica no Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral, v. 24, n. 1, 2023. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v24.858>

RAMPINELLI, G. A.; ROSA JÚNIOR, C. G. Análise da geração eólica na matriz brasileira de energia elétrica. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p. 273-302, 2012.

REZENDE, J. O. **A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável**. Ponta Grossa: Atena, 2019.

SALIM, H. K. et al. Drivers, barriers and enablers to end-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 211, p. 537-554, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.229>

SANTOS, A. M. *et al.* Energia fotovoltaica e a Resolução ANEEL nº 1000/2021. **Engenharias**, v. 27, n. 122, p. 1-17, mai. 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/energia-fotovoltaica-e-a-resolucao-aneel-no-1000-2021/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SANTOS, H. F.; GUILHERME, S. R.; ALVES, M. G. Biomassa como energia renovável no Brasil. **Revista UNINGÁ Review**, v. 29, n. 2, p. 6-13, jan.-mar. 2017. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1966>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SANTOS, M. F. Transição energética: enquadramento e desafios. **Revista Videre**, Dourados, v. 11, n. 22, jul./dez. 2019. <https://doi.org/10.30612/videre.v11i22.11217>

SILVA, M. A. Crise energética no Brasil: o papel da construção civil no desenvolvimento sustentável. In: Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 10., 2022, Marabá-PA. **Anais...**, UNIFESSPA/ENSUS, 2022.

SILVA, P. A.; SANTOS JÚNIOR, R. P. Educação ambiental e sustentabilidade: é possível uma integração interdisciplinar entre o ensino básico e as universidades. **Rev. Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 25, n. 3, p. 803-814, 2019. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190030007>

SILVEIRA, A. S. **Análise Técnica e Econômica Para e Implantação de Gerador Eólico Residencial**. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2207/TCC%20Versão%20Final%20-%20André%20da%20Silva%20Silveira%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 jan. 2025.

SOLARFY. **Mapa solarimétrico do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://solarfy.com.br/blog/potencial-solar-no-brasil-confira-aqui-o-mapa-solarimetrico/#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20um%20dos,a%2015%20trilh%C3%B5es%20de%20megawatts>. Acesso em: 18 mar. 2025.

SUNLUTION. **Os revezes legais e o desafio de tornar o Brasil a matriz energética mais limpa do mundo**. 2021. Disponível em: <https://sunlution.com.br/os-revezes-legais-e-o-desafio-de-tornar-o-brasil-a-matriz-energetica-mais-limpa-do-mundo/>. Acesso em: 23 mar. 2025.

WEATHER SPARK. 2024a. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30191/Clima-característico-em-Hortolândia-São-Paulo-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 18 mar. 2025.

WEATHER SPARK. 2024b. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30153/Clima-característico-em-Sorocaba-São-Paulo-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 18 mar. 2025.

WEATHER SPARK. 2024c. Disponível em:  
<https://pt.weatherspark.com/y/30167/Clima-característico-em-Indaiatuba-São-Paulo-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 18 mar. 2025.

WEATHER SPARK. 2024d. Disponível em:  
[https://pt.weatherspark.com/y/30157/Clima-característico-em-Porto-Feliz-São-Paulo-Brasil-durante-o-ano#google\\_vignette](https://pt.weatherspark.com/y/30157/Clima-característico-em-Porto-Feliz-São-Paulo-Brasil-durante-o-ano#google_vignette). Acesso em: 18 mar. 2025.

WEATHER SPARK. 2024e. Disponível em:  
<https://pt.weatherspark.com/y/30183/Clima-característico-em-Piracicaba-São-Paulo-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 18 mar. 2025.