

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**SULIVAN DA SILVA LEONEL**

Formado em Direito pela FESPPR, advogado criminalista e tributário.

O presente trabalho buscou apresentar um panorama da energia solar no Brasil e no mundo, e analisar a viabilidade econômica financeira no âmbito da UFPR como alternativa para redução de custos, diversificação energética e desenvolvimento sustentável.

**ENERGIA SOLAR: UM OLHAR SUSTENTÁVEL E SEUS REFLEXOS NO  
AMBIENTE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**CURITIBA**

**2021**

**SULIVAN DA SILVA LEONEL**

**ENERGIA SOLAR: UM OLHAR SUSTENTÁVEL E SEUS REFLEXOS NO  
AMBIENTE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Artigo apresentado ao Curso de Especialização em Direito Ambiental Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como parte dos requisitos para obtenção da Certificação de Especialização em Direito Ambiental.

Orientador: Prof. José Osório do Nascimento Neto.

**CURITIBA**

**2021**

## **Energia Solar: Um olhar sustentável e Seus Reflexos No Ambiente Da Universidade Federal Do Paraná**

Sulivan da Silva Leonel

### **RESUMO**

Considerando as dificuldades financeiras que a Universidade Federal do Paraná vem enfrentando nestes últimos anos, em virtude do corte de verba destinada ao seu custeio, aliado ao compromisso de ampliar a participação de fontes renováveis na matriz energética, principalmente fonte solar, o presente estudo visa apresentar um panorama da energia solar no Brasil e no mundo, e analisar a viabilidade econômica financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos, diversificação energética e desenvolvimento sustentável na Universidade. Os resultados apontam que a implantação de energia solar fotovoltaica para redução de custos, diversificação e desenvolvimento sustentável serão possíveis conforme aponta os estudos.

Palavras-chaves: Energia Solar fotovoltaica. Redução Custos. Diversificação. Desenvolvimento Sustentável. UFPR.

### **ABSTRACT**

Considering the financial difficulties that the Federal University of Paraná has been facing in the last year, due to the funding cut destined to its funding, allied to the commitment to increase the participation of renewable sources in the energy matrix, mainly solar source, the present study aims to present an overview of solar energy in Brazil and around the world, and analyze the economic and financial viability of photovoltaic solar energy as an alternative for cost reduction, energy diversification and sustainable development at the University. The results indicate that the implementation of photovoltaic solar energy for cost reduction, diversification and sustainable development will be possible as the studies point out.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy. Cost Reduction. Diversification. Sustainable development. UFPR.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com as incertezas econômicas, políticas e sociais que assolam o Brasil, em especial a educação, área diretamente afetada neste último ano com a nova política de restrição orçamentária, com corte de verbas destinadas às universidades federais e alinhado ao combate a pandemia Covid-19, faz-se necessário analisar a viabilidade econômica financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos, diversificação energética e desenvolvimento sustentável.

Nas palavras do reitor da Universidade Federal do Paraná: “O corte de verbas da universidade pode comprometer o pagamento das contas de água, luz e também de serviços contratados, como limpeza e segurança”. (G1PR e RPC CURITIBA/2019).

Existente há décadas, mas ganhando espaço importante na matriz energética global a partir do início do século XXI, a geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos é tida cada vez mais como esperança para tornar a geração de eletricidade mais sustentável.

A preocupação com a preservação do meio ambiente e a busca pela diversificação da matriz elétrica, associado com o aumento na demanda por energia e desenvolvimento sustentável, impulsionou a geração de energia elétrica no mundo a partir de fontes renováveis, como a fonte solar, já que nos últimos anos, tem-se verificado um aumento significativo no valor das faturas de energia em várias regiões brasileiras a ponto de superar o aumento da inflação (PEREIRA, 2018).

A energia é essencial para a sociedade viver de forma confortável e próspera, sendo premissa para um país se desenvolver, e considerando o aumento significativo no valor das faturas de energia se faz necessário diversificar a atual matriz energética, que até então repousa majoritariamente em fontes tradicionais.

Neste viés, a energia solar fotovoltaica poderá ser uma boa opção, já que:

Dentre as fontes de energias renováveis, destaca-se por ser autônoma, por não poluir o meio ambiente, por ser uma fonte inesgotável, renovável, porque oferece grande confiabilidade e por reduzir custos de consumo no longo prazo (DUTRA, 2013, p.225).

Para isso, se faz necessário diversificar a atual matriz energética, que até então repousa majoritariamente em fontes tradicionais, com predominância das termelétricas, geradas com a utilização do carvão, óleo e outras fontes não renováveis e que contribuem significativamente para o efeito estufa, aquecimento global e de catástrofes climáticas.

Neste viés, a energia solar fotovoltaica poderá ser uma boa opção para redução de custos da UFPR, já que dentre as fontes de energias renováveis, destaca-se por ser autônoma, por não poluir o meio ambiente, por ser uma fonte inesgotável, renovável, porque oferece grande confiabilidade e por reduzir custos de consumo no longo prazo (DUTRA, 2013).

Neste turno, se faz necessário analisar os princípios do direito ambiental à luz da Constituição Federal de 1988, em especial ao princípio do Desenvolvimento Sustentável, como base para o presente artigo.

Para esse fim, adota-se o conceito de desenvolvimento sustentável originário do Relatório Brundtland, documento intitulado Nosso Futuro Comum, de 1987, baseado no princípio de que o ser humano deve usufruir dos recursos naturais de acordo com a capacidade de renovação dos mesmos, a fim de evitar seu esgotamento. (ONU, 1987).

Neste viés, a importância da visão sustentável não apenas no contexto ambiental, mas também econômico e social, formando os três pilares para o desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, o presente trabalho apresenta um diagnóstico do potencial e indicativo de o quão promissor seria esse caminho na busca pelo contorno do obstáculo que hoje é a redução do custo com energia elétrica no âmbito UFPR especificamente do campus Agrária e se ele é o suficiente para suprir seu consumo anual através de fontes renováveis, em especial a energia solar.

Para estimar a viabilidade econômica da implantação de energia solar fotovoltaica na UFPR, foram analisados estudos e projetos em curso e finalizados nas demais universidades federais brasileiras, adequando aos gastos com energia da UFPR para traçar uma estimativa de potencial de geração elétrica através de sistemas fotovoltaicos e, por fim, foi feito o balanço da viabilidade econômica financeira.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

No desenvolvimento teórico deste estudo apresenta temas que embasam conceitualmente a problemática da pesquisa em questão.

No capítulo 3, apresenta o direito ambiental a luz do princípio do desenvolvimento sustentável; no capítulo 4 aponta as Legislações brasileiras pertinentes; no capítulo 5 descreve a importância e a diversificação das fontes renováveis para matriz energética; no capítulo 6 trata-se do potencial e perspectivas de geração de Energia Solar Fotovoltaica no mundo e Brasil; por fim no capítulo 7 apresentam-se indicadores para análise de viabilidade econômica financeira de projeto no âmbito da UFPR.

## **3. PRINCÍPIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

O Direito Ambiental deve ser firmado em princípios e normas específicas, que têm como premissa buscar uma relação equilibrada entre o homem e a natureza ao regular todas as atividades que possam afetar o meio ambiente. O fato de que o desenvolvimento sustentável tenha respaldo na comunidade brasileira e poder, através do Direito Ambiental, fazer parte de uma disciplina jurídica, torna o termo capaz de definir um novo modelo de desenvolvimento para o país.

O princípio do desenvolvimento sustentável vem estampado de maneira expressa na nossa Carta Magna. A Constituição Brasileira de 1988 ofereceu um capítulo inteiro ao tema Meio Ambiente. Em seu artigo 225, estabelece que:

Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

O art. 170, inciso VI, da nossa Lei Maior, informa o seguinte:

A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios: (...) VI- defesa do meio ambiente,

inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e de seus processos de elaboração e prestação. (CRFB, 1988).

Vê-se, assim, que a Constituição Federal “abraçou” o Desenvolvimento Sustentável.

Esse cuidado com o desenvolvimento de atividades econômicas, é devido, principalmente, pela atenção que se deve com relação à escassez de recursos naturais pelo qual o planeta vem passando: Os recursos ambientais não são inesgotáveis, tornando-se inadmissível que as atividades econômicas desenvolvam-se alheias a esse fato. Busca-se com isso a coexistência harmônica entre economia e meio ambiente. Permite-se o desenvolvimento, mas de forma sustentável, planejada, para que os recursos hoje existentes não se esgotem ou tornem-se inúteis. . (FIORILLO, 2006, p. 27).

Para Carla Canepa:

“O desenvolvimento sustentável caracteriza-se, portanto, não como um estado fixo de harmonia, mas sim como um processo harmônicas de mudanças, no qual se compatibiliza a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais com o presente e o futuro.” (CANEPA, 2007, p. 63).

Segundo o relatório Brundtland, que foi o pioneiro a usar o termo Desenvolvimento Sustentável, no ano de 1987, por elaboração da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a melhor conceituação para o tema é esta: O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais. (ECO, 2019).

Diante disso, verifica-se a necessidade de um desenvolvimento sustentável, sob o viés econômico, social e ambiental, através de fontes renováveis de energia, diferente do desenvolvimento atual, que é baseado no lucro e privilegia uma pequena parte da sociedade.

#### 4. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Em 2012, a ANEEL deu grande passo para ampliar a geração de energia solar fotovoltaica em unidades consumidoras ao editar a Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, criando o sistema de compensação de energia, no qual injeta-se a energia produzida na rede, sendo tal energia abatida do consumo da própria unidade ou de outra do mesmo titular.

A Resolução nº 482, de 2012, que posteriormente foi alterada pela Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015, estabelece as seguintes definições para micro e minigeração distribuída e para o sistema de compensação de energia.

“Art. 2º (...)

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;

Conforme estabelecido no § 1º do art. 6º da Resolução, a energia injetada na rede gerará um crédito em quantidade de energia ativa que deve ser utilizado em até sessenta meses.

Com a Resolução nº 687, de 2015, criou-se a possibilidade de geração

distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.

Em 2015, o Ministério de Minas e Energia, por meio da Portaria MME nº 538, de 15 de dezembro de 2015, criou o Programa de Geração Distribuída – ProGD, que tem como objetivo promover e incentivar a geração distribuída a partir de fontes renováveis e cogeração em edifícios públicos e privados (residenciais, comerciais e industriais).

Porém, atualmente, existe um clima de instabilidade jurídica que paira sobre o setor, em vista que ele é regulamentado apenas por resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). O projeto de lei 5829/19, conhecido como o marco legal da geração distribuída solar, promete instituir normas que acelerem a instalação de sistemas de energia solar e reduzam a conta de luz da população.

Um dos principais pontos do projeto é prever uma regra de transição gradual e equilibrada para que haja o pagamento da rede de distribuição pelos micro e minigeradores de energia solar. O modelo deixaria a instalação dos painéis mais atrativa, que de acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar), caso aprovado, o marco legal da geração distribuída provocaria uma redução de custos de aproximadamente 150 bilhões de reais somente no uso das termelétricas até o ano de 2050, uma vez que a geração de energia própria e renovável pelos consumidores reduziria a carga sobre o sistema. A fonte termelétrica é uma das principais responsáveis pelos aumentos na conta de luz. (ABSOLAR, 2020).

## **5. FONTES RENOVÁVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA**

Por um longo período de tempo, a humanidade comportou-se como se os combustíveis fósseis adviessem de uma fonte inesgotável. O petróleo, o gás natural e o carvão mineral passaram a desempenhar papel fundamental nas tarefas diárias que desempenhamos e nos bens e serviços de que dispomos. O desenvolvimento e

o crescimento do mundo industrializado, por muito tempo, foram alimentados por essas fontes de energia.

Com o passar dos anos, fontes térmicas fósseis e nucleares foram introduzidas na matriz energética brasileira pelo mundo industrializado, levando a uma matriz hidrotérmica, com despacho majoritário.

Com a disseminação de conceitos relativos à sustentabilidade, inclusos na agenda política de diversos países e também devido às dificuldades hídricas enfrentadas nos últimos anos, a matriz elétrica brasileira passa por necessidade de renovação e diversificação.

Tendo em vista esse panorama, torna-se ainda mais importante o debate com vistas a mitigar os impactos ambientais e econômicos causados pelo consumo inconsciente e não planejado de energia elétrica.

## 5.1 IMPORTÂNCIA

Com a eminente desarmonia entre desenvolvimento econômico e meio ambiente que vivenciamos hoje em dia, torna-se imperioso discutir-se acerca das fontes renováveis e não renováveis de energia, sendo certo que há grande empenho na promoção da adoção de energias renováveis na matriz energética brasileira.

E não poderia ser diferente, afinal, o modelo atual de geração de energia e a forma como cuidamos dos resíduos que ela produz não é o bastante para assegurar a boa conservação dos ciclos naturais do planeta e para deixá-lo preparado para acolher as futuras gerações, já que para o progresso na utilização de energias renováveis deve ser buscado incessantemente, haja vista os diversos benefícios que trarão para o equilíbrio do meio ambiente.

Além disso, a utilização de energias renováveis é importante pelo viés econômico, em que o uso de recursos mais baratos para a produção de energia beneficia a preservação do meio ambiente, uma vez que a maior parte se utiliza de meios naturais, abundantes e reaproveitáveis para a produção de energia elétrica (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2019).

As energias de fontes renováveis possibilitam o tão buscado desenvolvimento sustentável, por meio do desenvolvimento econômico, da igualdade social e da proteção ambiental. Com essas considerações, nota-se que para se alcançar o desenvolvimento sustentável é essencial a utilização de fontes de energia renováveis, porquanto as fontes fósseis não se adequam nessa definição (UCZAI, 2012, p. 24 a 26).

O Brasil possui grande potencial para o desenvolvimento de energias renováveis. Esse é o entendimento de Luciano Freire, Diretor de Engenharia da QG Energia e atua no setor elétrico há mais de 25 anos em distribuição, geração e comercialização de energia (FREIRE, 2019, p. 31).

O potencial brasileiro para Energias Renováveis Complementares é gigantesco. Para a geração de energia elétrica fotovoltaica, seja centralizada ou distribuída, temos excelentes índices de irradiação solar, do Oiapoque ao Chuí, de leste a oeste. Nossos ventos são diferenciados: constantes, unidirecionais e proporcionam elevados fatores de produtividade, bem superiores àqueles encontrados na Europa. (FREIRE, 2019, p. 31).

Ainda segundo Freire, além da grande fartura que nosso país apresenta quando se trata de fontes de energias renováveis, essas fontes ainda atuam de forma a complementar uma à outra.

Não bastasse a abundância, essas fontes são altamente complementares em diversas formas de sazonalidade. Na sazonalidade diária, é comum encontrar regiões onde a velocidade do vento é maior durante à noite com perfeita associação diurna com a geração solar fotovoltaica. Existem várias outras formas de complementariedade que, separadamente ou combinadas, dão, ao mesmo tempo, flexibilidade e constância na produção de energia. (FREIRE, 2019, p. introdução).

As energias de fontes renováveis representam, assim, importantes vantagens para o meio ambiente, vez que contam, na maioria das vezes, com baixo custo, e, ademais, dispensam processos artificiais que ocasionam prejuízo para a natureza.

## 5.2 DIVERSIFICAÇÕES DAS FONTES RENOVÁVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil necessita ampliar sua matriz energética, tornando-a cada vez mais renovável, visando o cumprimento das metas de redução das emissões de gases de efeito estufa ao qual se comprometeu em 2015 na 21ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21).

O objetivo estipulado é de reduzir em 37% as emissões de gases de efeito estufa do país em 2025 (para 1,3 gigatonelada de CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>e) – e 43% (para 1,2GtCO<sub>2</sub>e) em 2030 tendo como base o ano de 2005 – quando as emissões de CO<sub>2</sub> no país atingiram o pico de 2,1 GtCO<sub>2</sub>e – dependerá de um redimensionamento da matriz energética brasileira, diminuindo a participação dos combustíveis fósseis. (FERRAZ; CODECEIRA, 2017).

A necessidade cada vez maior do consumo de energia e o impacto ao meio ambiente causado pelas matrizes de energias não renováveis obrigaram o governo e a sociedade a pensar em outras possibilidades para geração de energia elétrica mais limpa. Sob essa óptica, as fontes alternativas de energia, como eólica, solar e biomassa, apresentam-se como excelentes opções. E não apenas por causarem impactos absurdamente menores, mas também, porque previnem a emissão de toneladas de gás carbônico na atmosfera (BERMANN, 2008, p.26).

Visando à fomentação do uso de fontes alternativas de energia, foi criado, em 26 de abril de 2002, pela Lei nº 10.438, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa).

Muito mais do que ser utilizado como uma importante ferramenta na busca para a diversificação da matriz energética do país, o Proinfa visa a garantir mais confiabilidade e segurança ao abastecimento de energia, principalmente após a crise do setor e o racionamento de 2001. O programa ainda viabiliza uma maior inclusão dos pequenos produtores de energia elétrica, diversificando a quantidade de agentes do setor (BERMANN, 2008, p.21).

Um ponto interessante é que, apesar de alternativa, a energia solar não está contemplada no programa. Segundo Bermann isso acontece porque “a energia solar é aplicada a sistemas de pequeno porte, em comunidades isoladas, e o Proinfa, é

destinado a tecnologias mais amadurecidas, com possibilidade de manter unidades de maior porte, o que não é o caso da energia solar”. (BERMANN, 2008, p. 22).

Barral acredita que precisa de mais aprimoramento do modelo de avaliação da segurança energética do país neste novo cenário, bem como defende que a solução precisa ter razoabilidade econômica, de modo a não onerar excessivamente os consumidores, tampouco prejudicar investidores. (AMBIENTE ENERGIA, 2019).

Embora o Brasil esteja à frente da média global em matéria de produção de energia limpa quando comparado a outros países, essa conquista deve-se à sua grande produção de energia hidroelétrica. Essa fonte de energia, no ano de 2017, chegou ao patamar de 64,6% da capacidade instalada no país, com 1.306 usinas. (MME, 2019).

“Já temos uma indicação nos próximos 30 anos de que esgotaremos esse potencial. Então é importante que o Brasil desenvolva novas fontes para a produção de energia elétrica dentro da política de diversificar a matriz, o que temos feito nos últimos 15 anos”. (MME, 2019).

Além disso, o Brasil está engajado com a 21ª Conferência das Partes (a COP 21) com outras Nações na busca da redução da emissão de gases de efeito estufa, bem como da expansão da utilização de biocombustíveis e do aumento na participação de novas energias renováveis na matriz energética. (FERRAZ; CODECEIRA, 2017, p. 114 a 116).

Diante desse cenário, torna-se importante o Brasil diversificar sua matriz energética, sobretudo, tendo como foco a utilização das novas fontes de energias renováveis.

## **6. ENERGIA SOLAR**

### **6.1 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**

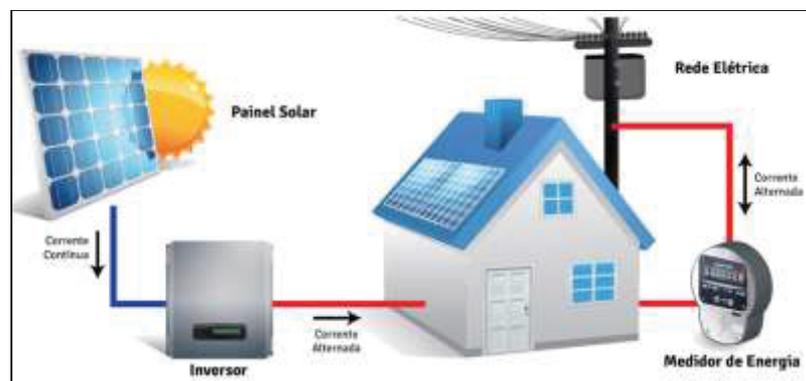
Um sistema FV é composto de diversos itens, sendo o principal deles o módulo solar FV. Os demais componentes, mais usualmente utilizados nos sistemas residenciais ou em usinas solares segundo ONUDI (2013), são: estrutura de sustentação dos módulos (geralmente metálica e inoxidável), inversor de corrente

(contínua para alternada), diodos de by-pass e de bloqueio, fusíveis e disjuntores, cabos elétricos, terminais de proteção contra sobretensões e descargas atmosféricas e caixas de conexão. Dentre as funções de cada parte, o módulo FV desempenha o papel central e é quem determina a potência do sistema. Já o sistema de conversão de corrente faz o câmbio do tipo de corrente gerada pelos módulos (corrente contínua) para o tipo de corrente da rede elétrica pública (corrente alternada), além de alinhar a frequência, fase e tensão também (RÜTHER, 2020).

Existem três configurações de sistemas fotovoltaicos: sistemas isolados, sistemas conectados à rede e sistemas híbridos.

A figura 1 ilustra um sistema fotovoltaico conectado à rede, cujos componentes são painéis FV, inversor, medidor de energia e um quadro de distribuição para a aplicação.

**Figura 1** - Sistema conectado à rede.



**Fonte:** SOLAR BRASIL (2021).

O efeito fotovoltaico, descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica por meio do uso de células solares, o processo mais comum de geração de energia elétrica a partir da energia solar. Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. Segundo SILVA, cerca de 80% das células fotovoltaicas são fabricadas a partir do silício cristalino. (NASCIMENTO, 2017, p.6).

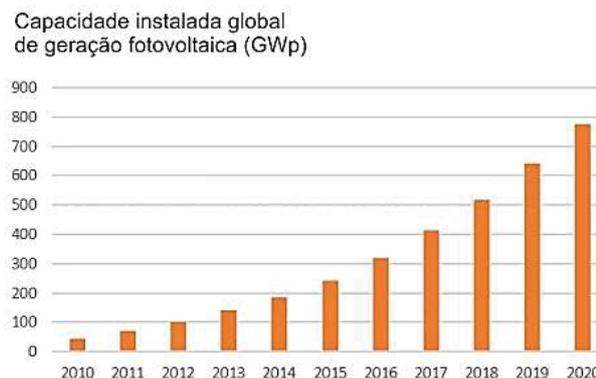
A utilização da fonte solar para gerar energia elétrica proporciona diversos benefícios, citados por ABSOLAR, tanto do ponto de vista elétrico como ambiental e socioeconômico. (ABSOLAR, 2020).

Do ponto de vista elétrico, contribui para diversificação da matriz, aumento da segurança no fornecimento, redução de perdas e alívio de transformadores e alimentadores. Sob o aspecto ambiental, há a redução da emissão de gases do efeito estufa, da emissão de materiais particulados e do uso de água para geração de energia elétrica. Com relação a benefícios socioeconômicos, a geração de energia solar fotovoltaica contribui com a geração de empregos locais, o aumento da arrecadação e o aumento de investimentos. (RCT, 2019)

## 6.2 NO MUNDO

A capacidade de produção de energia solar no mundo foi estabelecida em 512,3 GW de instalações fotovoltaicas cumulativas, especialmente em sistemas conectados à rede (on grid) nos últimos anos. Com isso, os principais países que utilizam a tecnologia como fonte de energia alternativa são representados por: Índia, (32,9 GW), Reino Unido (13 GW), Grécia (2,7 GW), República Tcheca (2,2 GW), Romênia (1,4 GW), Ucrânia (1,3 GW), Bulgária (1 GW) e Eslováquia (0,5 GW).

**Figura 2** - Evolução da Capacidade Instalada de Energia Solar Fotovoltaica



Fonte: PORTAL CANAL SOLAR (2021).

Em ascensão, e acompanhando o gráfico, de tendências mundiais, aponta inclusive que os países estão investimentos fortemente na geração de energia solares fotovoltaicos.

Alguns países se destacam neste cenário, que foi marcado pelo crescimento massivo do mercado na China, que em 2019, a China passou a liderar a capacidade total instalada de energia solar fotovoltaica (FV), com 205,07 GWp, seguida pelo Japão com 61,84 GWp, EUA com 60,54 GWp e Alemanha com 49,16 GWp, conforme Infográfico ABSOLAR.

**Figura 3 – Infográfico ABSOLAR**

Ranking mundial de capacidade instalada solar fotovoltaica

Posição	País	Potência Acumulada até 2019 (MW)
1°	China	205.072
2°	Japão	61.840
3°	EUA	60.540
4°	Alemanha	49.016
5°	Índia	34.831
6°	Itália	20.900
7°	UK	13.616
8°	Austrália	13.250
9°	França	10.562
10°	Coreia do Sul	10.505
11°	Espanha	8.761
12°	Holanda	6.725
13°	Turquia	5.995
14°	Ucrânia	5.936
15°	Vietnam	5.695
16°	Brasil	4.533
17°	Bélgica	4.531

Fonte: ABSOLAR (2019).

### 6.3 NO BRASIL

Estudo divulgado pelo MME (Ministério de Minas e Energia), no Boletim Mensal de Energia de agosto, apontou que a produção de energia solar deve chegar a 18 TWh em 2021, o que representa uma alta de 67% com relação aos 10,7 TWh verificados em 2020. Segundo o boletim, deste montante a GD terá o maior crescimento, gerando 10,8 TWh em 2021, contra 4,8 TWh em 2020, um aumento de cerca de 125%. (CANALSOLAR, 2021).

Em comparação com outros países, e reconhecendo a necessidade de avanço brasileiro no uso da fonte solar, vale ressaltar que diferentemente dos países

líderes em produção mundial, de matriz energética com base principalmente em combustíveis fósseis, a matriz energética brasileira é predominantemente renovável, com forte presença hidráulica, o que possivelmente diminui o apoio a políticas de incentivo à fonte solar.

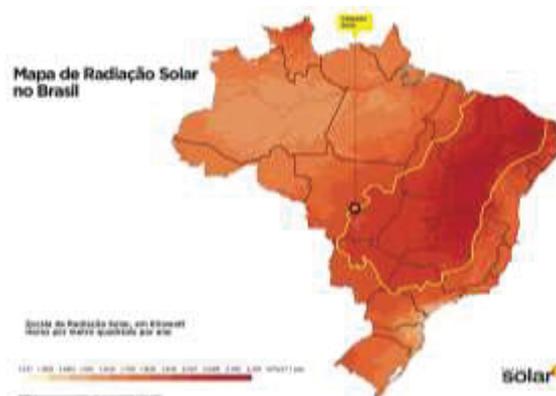
Porém o Brasil, cujo território é amplamente favorecido com elevados índices de radiação solar, necessita de metodologias eficientes que o permitam explorar plenamente seu potencial de geração de energia elétrica e térmica. (EPE, 2012).

#### 6.4 POTENCIAL E PERSPECTIVAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

O Brasil é um país continental com grande parte de seu território na zona tropical e que recebe uma enorme radiação solar, sendo muito maior do que países europeus que vêm utilizando o recurso solar, como Alemanha, Itália e entre outros (LACCHINI; RÜTHER, 2015, p. 786).

A figura 4 apresenta os níveis de radiação solar médio no Brasil, que apresenta o potencial gigantesco para se aproveitar, chegando a aproximadamente  $2.281\text{kw}^2$  por hora radiação.

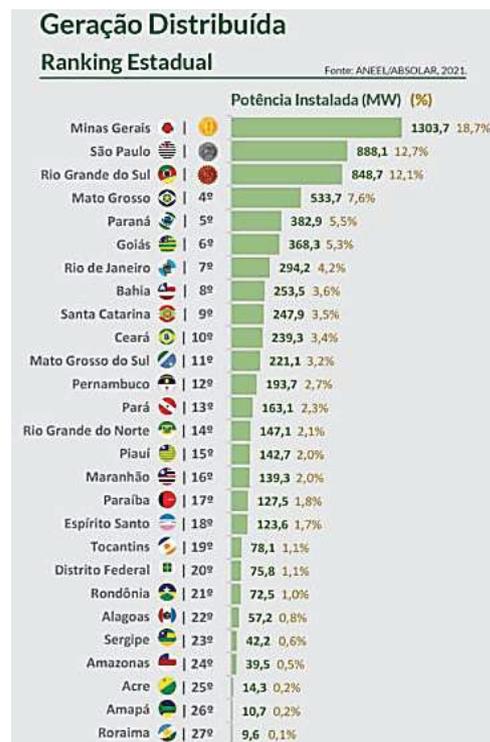
**Figura 4 – MAPA DE RADIAÇÃO SOLAR**



Fonte: PORTAL SOLAR (2021).

Sendo assim, a figura 5 do infográfico ABSOLAR, aponta o ranking estadual de geração distribuída no Brasil, o Paraná ocupa a 5ª, com potência instalada de 382,9MW, representando 5,5% da capacidade atual brasileira.

**Figura 5 – RANKING POTÊNCIA POR ESTADOS**



**Fonte:** ABSOLAR (2021).

Portanto, além de grande potencial para o aproveitamento solar, o país também apresenta um enorme potencial para a utilização da energia solar em sistemas solares fotovoltaicos isolados ou interligados à rede elétrica (Jardim, 2007).

Assim, considerando o contexto histórico de crescimento global e brasileiro no setor apontados nas figuras 2 e 3, mormente por receber altos níveis de radiação conforme demonstrado no mapa da figuras 4 observa-se que o Brasil, em especial o estado do Paraná, embora não estejam explorando todas as suas capacidades de produção, permanecem com grandes perspectivas de crescimento.

## 7. VIABILIDADE ECONOMICA NO ÂMBITO A UFPR

Conforme se extrai do portal da transparência da UFPR, do relatório de despesas com manutenção dos 3 últimos anos, estes apontam que a UFPR possui gasto médio anual de R\$13.921.256,00 com energia elétrica, que pontam também:

**Figura 6 – DESPESA ANUAL E MÉDIA ANUAL**

<b>Despesa Anual</b>		<b>Média Mensal de Despesas</b>	
<b>ANO</b>	<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>ANO</b>	<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>
<b>2016</b>	<b>R\$ 14.465.214,00</b>	<b>2016</b>	<b>R\$ 1.205.434,50</b>
<b>2017</b>	<b>R\$ 13.989.556,81</b>	<b>2017</b>	<b>R\$ 1.165.796,30</b>
<b>2018</b>	<b>R\$ 13.309.000,00</b>	<b>2018</b>	<b>R\$ 1.109.083,30</b>

Fonte: PRODUZIDO PELO AUTOR (2019).

Com estes valores levantados foi possível avaliar que a instituição precisa adotar medidas urgentes visando reduzir os gastos com energia elétrica através de fontes renováveis de geração de energia elétrica.

Em 2017 a UFPR deu um passo importante para redução das despesas com energia elétrica, ao elaborar projeto de eficiência energética e por consequência ser selecionada para participar de um Programa de Eficiência Energética (PEE) promovido pela Copel e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017).

Os resultados de algumas iniciativas foram imediatos com a substituição das lâmpadas menos eficientes por LED, que foi possível aumentar a iluminação do ambiente ao mesmo tempo em que se reduz os gastos com energia elétrica, já que a tecnologia possui alto rendimento e baixo consumo.

Ao todo, serão substituídas 40 mil lâmpadas convencionais e fluorescentes por lâmpadas LED, também serão instalados painéis solares, para criação construção de uma usina fotovoltaica, que irão abastecer grande parte do centro politécnico, com 3,1 mil painéis fotovoltaica, gerando 1,2 MW de energia. (COPEL, 2019).

Assim, o Campus Politécnico, já mapeado apresenta potencial futuro de redução do consumo que chega a 60% da conta atual. Por ora, está encaminhada

uma redução de 15 %, o que representa economia de R\$ 1,5 milhão por ano conta o professor James Baraniuk, professor do Delt e presidente da CICE. (UFPR, 2019).

Na linha do projeto, em 2020 a UFPR, em parceria com a Copel e Aneel, implantou no campus Centro Politécnico a maior usina fotovoltaica em carport do país, com a instalação de 2.376 painéis sobre as 375 vagas do estacionamento do Setor de Ciências Biológicas, além de outros 538 painéis sobre os telhados dos prédios de Engenharia Química e Engenharia Elétrica, totalizando uma área de 7 mil metros quadrados instalados com painéis geradores de energia.

O sistema tem uma capacidade de produção energética de 1.300 MWh/ano, equivalente à metade do consumo diário das residências de Curitiba. O excesso de eletricidade produzido pelos painéis da UFPR é depositado num banco de energia administrado pela Copel, podendo ser utilizado pela Universidade no período de um ano. Além disto, a geração de energia fotovoltaica evita a emissão de 96 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, o que equivale ao plantio e cultivo por 18 anos de 480 pinheiros.



**Fonte:** ENERGI (2021).

Por meio da Energi a Universidade Federal do Paraná (UFPR) fomenta a realização de pesquisas que possibilitem a otimização da produção, distribuição e consumo de eletricidade a fim de tornar a universidade um exemplo de autossustentabilidade, referência para a sociedade paranaense quanto ao uso inteligente de energia.

Para isso, estimula o conhecimento científico com os Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento e de Eficiência Energética que visam a redução dos gastos com eletricidade através da instalação de fontes renováveis de energia, otimização dos meios de transmissão e estímulo ao consumo consciente.

Os projetos são realizados pela Fundação de Apoio da Universidade Federal do Paraná (FUNPAR) e pela própria instituição, com a finalidade de implementar ações que dizem respeito ao uso mais eficiente de eletricidade. O Projeto de Eficiência Energética é realizado com o convênio da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), além da colaboração de professores, servidores e alunos do Departamento de Engenharia Elétrica, Departamento de Arquitetura, Departamento de Física, Setor de Artes, Comunicação e Design e Superintendência de Infraestrutura da universidade.

A disponibilização de energia limpa é um dos objetivos da instalação de painéis solares nos demais campus da Universidade, possibilitando a manutenção do conforto ambiental em seus edifícios, laboratórios, salas de aula e demais instalações, enquanto gera economia de recursos da UFPR com a redução do uso da eletricidade fornecida pela Copel.

Como se vê, a viabilidade do projeto já está presente, revelando que sobre o mesmo olhar para o desenvolvimento sustentável, apresenta reflexos positivos, precisando porém de um olhar mais aprofundado considerando os gastos anuais e mensais e expectativas de economia, já que o projeto traz uma economia inferior a capacidade de produção, suprimindo pouco mais de 10% dos gastos com energia elétrica.

É preciso inclusive também considerar que a UFPR, já no campus agrária possui uma área territorial muito ampla, e várias edificações espalhadas por todos os campus, que podem ser melhores exploradas para fins de produção de energia através da fonte solar, buscando um completo cobrimento das edificações por sistemas FV conectados à rede.

Certamente são breves apontamentos, mais fundamentais para um diagnóstico amplo de até que ponto a energia solar pode ser um instrumento de economia para a universidade, que traria retorno à médio e longo prazo, com uma análise de seu potencial de geração.

A hipótese então se baseia de que a utilização máxima das coberturas das edificações e demais áreas livres poderia gerar uma grande quantidade de energia elétrica, que mesmo não sendo o suficiente para atender a todo o consumo dos campus da UFPR, seria o suficiente para reduzir drasticamente os gastos com

faturas de energia elétrica e que provavelmente o investimento nos sistemas FV de geração distribuída (GD) se pagaria em médio prazo (até dez anos).

## **CONCLUSÃO**

Uma vez entendido a importância do desenvolvimento sustentável e seus reflexos econômicos, sociais e ambientais, o estudo objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética no âmbito da UFPR, agregando todos os campus.

Para isso, realizou-se pesquisa exploratória, por meio de um estudo de caso recente da UFPR. Para a análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica foram analisados os gastos dos últimos anos, potencial de geração atual e futuros, considerando o mapa de radiação e áreas territorial e predial.

No caso do campus Agrária da UFPR, após o estudo de seu consumo elétrico, projeção futura e edificações existentes, concluiu-se que é possível instalar módulos para suficientemente atender a toda necessidade anual elétrica, sobrando ainda uma grande margem se comparada ao consumo anual para ser atendido pela rede de GD no local, considerando valores projetados para 2017 os projetos já consolidados.

Os resultados revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados projetados.

Conclui-se portanto que além de reduzir custos, os ganhos oferecidos por um projeto desses vão além dos ganhos na área econômica, já que outra área beneficiada é a da sustentabilidade, através da geração limpa de energia, sem emissão de gases do efeito estufa (durante a conversão de energia solar em energia elétrica) e utilização de um recurso natural abundante na superfície terrestre; e também a área social, através do sentimento de coletivismo causado pela participação em campanhas de dependência da sociedade, como a de redução de consumo elétrico.

É importante ressaltar que esse trabalho tem como principal entrega a metodologia e iniciativa de estudo de suprir o consumo elétrico da UFPR com energia solar FV e não os números encontrados para o período de realização do projeto. As análises mais específicas, como a política e econômica, precisam de estudos que se renovem com o passar do tempo, dado que a legislação de GD e os preços dos sistemas FV sofrem mudanças grandes ano a ano. Felizmente, o cenário dos últimos cinco anos mostram mudanças positivas, com uma maior permissão para instalação de sistemas de GD e queda rápida no preço para geração de energia FV, como mostradas no trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABSOLAR** (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica). Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html>>. Acesso em: 10 Set. 2021.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Brasília – DF, 2017. Acesso 09 Set. 2021.

AMBIENTE ENERGIA (meio ambiente, sustentabilidade e inovação) – **Brasil precisa diversificar fontes de energia sem gerar ineficiência, afirma EPE**. Disponível em:< <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2019/04/brasil-precisa-diversificar-fontes-de-energia-sem-gerar-ineficiencias/35678>>. Acesso em 06 Set. 2011.

BERMANN. C. **ENERGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE. Artigo: CRISE AMBIENTAL E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS**. p. 1 a 10, 2008. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v60n3/a10v60n3.pdf>. Acesso em 06 Set. 2021.

CANEPA, Carla. **Cidades Sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade**. São Paulo: Editora RCS, p. 63, 2007.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia. **UFPR vai economizar cerca de R\$1MILHÃO por ano com projeto de eficiência energética**. Disponível em:<<https://drive.google.com/file/d/1tIEHXtHL91BQdGA89ea8VICDsRz-z7sM/view>>. Acesso em 10 Set. 2021.

Energi UFPR: maior usina solar fotovoltaica em carport do Brasil funcionará em campus de Curitiba. Disponível em:< <https://energi.eletrica.ufpr.br/>>. Acesso em 22 Out. 2021.

DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. **Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia.** *Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD*, v. 34, n. 124, p. 225 a 243, 2013.

ECO - **O que é Desenvolvimento Sustentável.** *Dicionário Ambiental.* Rio de Janeiro, ago. 2014. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28588-o-que-e-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em: 05 Out 2021.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Energias Renováveis e Eficiência Energética em Cidades.** Rio de Janeiro, maio/2012. Disponível em:<<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>> Acesso em 09 Set. 2021.

FERRAZ, R.T; CODECEIRA, A. **Diversificação da Matriz de Energias Renováveis no Brasil: O Desenvolvimento das Novas Fontes de 2010 a 2016** - *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada* (2017) Vol.2, nº4. P. 114 a 116. Disponível em:<<http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/890/422>>. Acesso em 06 Set. 2021.

FIORILLO, C. A. P, *Curso de Direito Ambiental Brasileiro*, 2 ed. Saraiva, 2006, p. 27 à 29.

FREIRE, LUCIANO. **ENERGIAS RENOVÁVEIS COMPLEMENTARES: BENEFÍCIOS E DESAFIOS – CADERNO FVG ENERGIA.** 2019. P. 31 Disponível em:<<https://fgvenergia.fgv.br/publicacoes/cadernos-fgv-energia>>. Acesso em 06 Set. 2021.

G1PR e RPC CURITIBA - **Reitor diz que corte de verbas na ufpr pode comprometer o pagamento das contas de água e luz a partir de setembro.** Disponível em:<<https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2019/08/14/reitor-diz-que-corte-de-verbas-na-ufpr-pode-comprometer-o-pagamento-das-contas-de-agua-e-luz-a-partir-de-setembro.ghml>>. Acesso em: 10 Out. 2021.

LACCHINI,C; RÜTHER, R. **A influência de estratégias governamentais no retorno financeiro do capital investido em sistemas fotovoltaicos localizados em diferentes zonas climáticas do Brasil.** Volume 83. P. 786-798. 2015 Disponível: em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148115300082>> Acesso em: 19 Out. 2021.

MME - Ministério de Minas e Energia (MME). **Boletim mensal de monitoramento do setor elétrico.** Brasília: MME, 2019.

MINISTÉRIO PÚBLICO DEFERAL - **Por que precisamos de energias renováveis e que tipo de energias são essas?** Disponível em:<<http://www.turminha.mpf.mp.br/proteja-a-natureza/meio-ambiente/por-que-precisamos-de-energias-renovaveis-e-que-tipo-de-energias-sao-essas>>. Acesso 19 Out. 2021.

MUNDO EDUCAÇÃO - **Fontes Renováveis De Energia**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>>. Acesso em 21 Out. 2021.

NASCIMENTO. R. L. **ENERGIA SOLAR NO BRASIL: Situação e Perspectivas**. Disponível:<[file:///C:/Users/user/Downloads/energia\\_solar\\_limp%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/energia_solar_limp%20(6).pdf)>. p. 6, 2017. Consultoria Legislativa. Estudo Técnico, Mar.2017. Acesso em 10 Out. 2021.

ONU - ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. P. 4 a 5 e 11 a 13. 2015. Traduzido pelo Centro de Informações das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf> >. Acesso em: 22 Out. 2021.

PEREIRA JR, A. O. et al. **Estratégias para promover energia renovável no Brasil**, Golden, v. 15, n. 1, p. 681 a 688, 2011. Disponível em:<<https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v15y2011i1p681-688.html>>. Acesso em 19 Out. 2021.

**PORTAL SOLAR**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>> Acesso em: 22 Out. 2021.

ROSA, V. H. S. **Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil: em busca de um modelo sustentável**. P. 142 a 143, 2007. 440. f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Acesso em 22 Out. 2021.

SOLARBRASIL. <<https://www.solarbrasil.com.br/blog/energia-solar-fotovoltaica-conceitos/>>. Acesso em 07 Nov. 2019.

UCZAI, Pedro. **Energias Renováveis — Riqueza Sustentável ao Alcance da Sociedade**. P. 24 a 26. 2012. Disponível em:< <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudios/pdf/energias-renovaveis-pdf>>. Acesso em 06 Nov. 2019.

UFPR – Universidade Federal do Paraná. **Prédio-piloto da UFPR será autossuficiente em energia em 2020 com avanço de projetos com Copel e Aneel**. Disponível em:<<https://www.ufpr.br/portalufpr/noticias/predio-piloto-da-ufpr-sera-autossuficiente-em-energia-em-2020-com-avanco-de-projetos-com-copel-e-aneel/>>. Acesso em 10 Nov. 2019.