

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO**

Faculdade de Economia, Administração, Contábeis e Atuariais

Curso de Administração

JOÃO LÚCIO BERNARDES NORONHA

**A ENERGIA SOLAR NO BRASIL: UMA ANÁLISE HISTÓRICA  
SOBRE O SETOR**

São Paulo - SP

2025

JOÃO LÚCIO BERNARDES NORONHA

**A ENERGIA SOLAR NO BRASIL: UMA ANÁLISE HISTÓRICA  
SOBRE O SETOR**

Trabalho de Conclusão de Curso para  
obtenção do título de bacharel em  
Administração da Pontifícia  
Universidade Católica de São Paulo,  
orientado pelo Professor Doutor  
Eduardo Fernandes Pestana Moreira.

São Paulo - SP

2025

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço a Deus e à minha família, em especial, meu pai, Joaquim José da Costa Noronha, minha mãe, Marta de Azevedo Bernardes, minha irmã, Ana Cecília Bernardes Noronha e minha avó, Márcia de Azevedo Bernardes pelo apoio incondicional e pela jornada de vida que possibilitou a conclusão deste trabalho.

Um agradecimento especial ao Professor Eduardo Moreira, por sua orientação, dedicação e pelos conhecimentos técnicos e acadêmicos que foram fundamentais para a estruturação e o sucesso desta pesquisa. Também agradeço à Professora Drª Hiroco Fuita, orientadora da minha Iniciação Científica, que serviu como base e inspiração para o desenvolvimento deste trabalho.

Expresso minha gratidão a Rodolfo Molinari Filho e ao fundador Eduardo Bomeisel (Órigo Energia) por terem concedido depoimentos que trouxeram uma perspectiva valiosa e prática do mercado, enriquecendo o estudo de caso. Agradeço também à Órigo Energia pela disponibilidade em fornecer acesso a essas informações.

Aos professores do curso de Administração da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), que contribuíram com o conhecimento necessário para minha formação profissional e acadêmica.

Por fim, agradeço aos meus amigos e colegas, que tornaram a jornada universitária mais leve.

## **Resumo**

A energia solar fotovoltaica se consolidou como a segunda maior fonte da matriz elétrica nacional, marcando uma das grandes transições energéticas do mundo. Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) analisa a evolução e a consolidação da Geração Distribuída (GD) no Brasil, com foco nos marcos regulatórios e modelos de negócio que impulsionaram o crescimento nos últimos dez anos. A metodologia combinou pesquisa bibliográfica, análise documental das normas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com destaque para a Resolução Normativa n.º 482/2012 e a Lei n.º 14.300/2022, e um estudo de caso do modelo de Energia Solar por Assinatura (Geração Compartilhada), complementado por uma entrevista com especialistas do setor. Os resultados demonstram que a segurança jurídica estabelecida pelo *Net Metering* foi o catalisador inicial do setor, impulsionando a capacidade instalada de forma exponencial, o que posicionou o Brasil entre os líderes globais de expansão. A análise aponta que a inovação, como o modelo de assinatura, democratizou o acesso à fonte solar, superando barreiras como o alto investimento e a falta de espaço. No entanto, o setor enfrenta desafios estruturais, como a dependência da importação de módulos fotovoltaicos e a necessidade de modernização da rede. Conclui-se que o futuro do setor pode estar condicionado à integração de Smart Grids, Armazenamento de Energia em Baterias e o desenvolvimento de Recursos Energéticos Distribuídos (REDs), garantindo a estabilidade e a continuidade da expansão da fonte solar no contexto de um sistema elétrico descentralizado.

**Palavras-Chave:** Energia Solar Fotovoltaica; Geração Distribuída (GD); Lei 14.300/2022; Geração Compartilhada; Smart Grids.

## **Abstract**

Photovoltaic solar energy has consolidated itself as a central pillar in the Brazilian energy transition, becoming the second largest source in the national electric matrix in just over a decade. This Final Course Paper (TCC) aims to analyze the historical and regulatory trajectory of Distributed Generation (DG) in Brazil, evaluating the impact of legal frameworks and business models that propelled this exponential growth. The methodology employed combined bibliographic research and document analysis of key regulatory acts, with emphasis on Normative Resolution No. 482/2012 and Law No. 14,300/2022, complemented by a case study of the Solar Energy Subscription model, exemplified by Órgão Energia, and market data provided by ABSOLAR and sector agencies. Results demonstrate that the legal certainty established by *Net Metering* was the initial catalyst for the sector, but scalability and democratization of access were driven by innovative business models, such as Shared Generation, which relieved the final consumer of the initial investment. The analysis indicates that the growth in installed capacity (surpassing 60 GW) positions Brazil as a global leader in expansion, but projects future challenges related to intermittency and the need for grid modernization. It is concluded that the future of the sector may be conditioned upon the integration of Distributed Energy Resources (DERs), Energy Storage (Batteries), and the adoption of Smart Grids, which will enable efficient energy flow management and ensure the continuity of solar source expansion within the context of a decentralized electric system.

**Key Words : Photovoltaic Solar Energy; Distributed Generation (DG); Law 14,300/2022; Shared Generation; Smart Grids.**

## Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo I: Fundamentação Teórica e Contexto Global.....</b>	<b>10</b>
1.1. História da energia solar .....	10
1.2. Evolução global da energia solar, conceito e tecnologia fotovoltaica .....	10
1.3. O cenário energético brasileiro .....	12
1.4. A produção de energia solar no Brasil .....	15
<b>Capítulo II: O Marco Legal e a Revolução da Geração Distribuída .....</b>	<b>22</b>
2.1. Panorama geral e políticas estatais de incentivo para a energia solar no Brasil .....	22
2.2. Cenário pré-regulatório e as barreiras iniciais .....	24
2.3. A criação da geração distribuída (RN 482 e RN 1.000) .....	25
2.3.1. O marco fundador: a Resolução Normativa nº 482/2012 (REN 482) .....	25
2.3.2. Consolidação e aprimoramento da regulamentação (REN 687 e REN 1.000).....	25
2.3.3. O marco legal definitivo: Lei nº 14.300/2022 .....	27
<b>Capítulo III: O Marco Legal e a Revolução da Geração Distribuída .....</b>	<b>29</b>
3.1. A produção de painéis solares no Brasil e a cadeia de suprimentos .....	29
3.2. O modelo de energia solar por assinatura: inovação e democratização .....	30
3.3. Estudo de caso: a Órgão Energia e a análise do mercado .....	31
<b>Capítulo IV: Crescimento, Desafios e Perspectivas.....</b>	<b>39</b>
4.1. A evolução do setor no Brasil .....	39
4.2. Desafios tecnológicos e de infraestrutura .....	40
4.3. Projeções para o futuro: baterias e recursos energéticos distribuídos (REDs) .....	41
<b>Conclusão.....</b>	<b>44</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>46</b>
<b>Anexo .....</b>	<b>54</b>

## Introdução

A matriz energética global passa por uma transformação sem precedentes, impulsionada pela urgência climática e pela busca por fontes limpas e renováveis. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica emergiu como a solução mais promissora devido à sua escalabilidade, modularidade e ao rápido declínio dos custos de tecnologia. No Brasil, essa transição ganhou velocidade e escala notáveis a partir da segunda década do século XXI, transformando o País em um dos líderes mundiais em capacidade de expansão da fonte solar (ABSOLAR, 2025). A fonte solar transcendeu a barreira da incipiente regulatória e se consolidou como a segunda maior fonte da matriz elétrica nacional, ultrapassando 60 Gigawatts (GW) de capacidade instalada operacional. Essa revolução foi amplamente catalisada pela Geração Distribuída (GD), que permitiu a consumidores e pequenos investidores instalar sistemas fotovoltaicos e injetar o excedente na rede pública, por meio do mecanismo de compensação (*Net Metering*). Contudo, um crescimento dessa magnitude em um período tão curto não é resultado apenas do potencial solar brasileiro, mas sim de uma conjugação de fatores regulatórios, segurança jurídica e, crucialmente, inovação nos modelos de negócio. Diante desse cenário de expansão acelerada e de reajustes regulatórios recentes, promovidos pela Lei n.º 14.300/2022, surge a necessidade de uma análise aprofundada sobre as bases desse sucesso e os desafios futuros. Assim, o presente trabalho se propõe a responder a seguinte pergunta de pesquisa: Quais fatores regulatórios e de inovação de mercado foram determinantes para que a energia solar se tornasse a segunda maior fonte da matriz elétrica brasileira na última década, e quais são os desafios estruturais para a continuidade dessa expansão?

Com base no problema de pesquisa, este estudo estabelece o objetivo geral de analisar a evolução da Geração Distribuída (GD) no Brasil nos últimos dez anos, destacando a influência dos marcos legais e a relevância dos modelos de negócio inovadores, como a Geração Compartilhada, no crescimento quantificado do setor. Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes Objetivos Específicos: analisar o histórico da Geração Distribuída no Brasil, desde a criação do sistema de compensação pela Resolução Normativa n.º 482/2012 até a consolidação da fonte solar na matriz; discutir as mudanças regulatórias introduzidas pela Lei n.º 14.300/2022, avaliando seu impacto na segurança jurídica e nos novos modelos tarifários do setor; avaliar a cadeia de suprimentos da energia solar, identificando os desafios logísticos, a dependência da importação de módulos e a relevância do modelo de Energia Solar por

Assinatura como principal inovação de mercado; e, por fim, quantificar o crescimento da capacidade instalada da energia solar no Brasil, projetando as futuras tendências tecnológicas e de infraestrutura, com foco em *Smart Grids*, Armazenamento em Baterias e Recursos Energéticos Distribuídos (REDs).

A escolha do tema se justifica pela sua alta relevância acadêmica, social e estratégica para o país. Do ponto de vista acadêmico, este trabalho contribui para o campo da Administração, com ênfase em Gestão Estratégica e Inovação, ao estudar como a segurança jurídica e os incentivos regulatórios, o fator macro, criaram um ambiente propício para que a inovação disruptiva de modelos de negócio, o fator micro, escalasse a GD no mercado de energia, como poderemos obsercar em uma entrevista realizada no trabalho. Além disso, o estudo de caso da Geração Compartilhada (popularizada pelo modelo de Energia por Assinatura) ilustra como barreiras de mercado, como o alto investimento inicial e a falta de espaço físico, foram superadas por meio de soluções financeiras e logísticas. Sob a perspectiva social e estratégica, a transição para a fonte solar promove a diversificação da matriz, reduzindo a dependência de fontes hídricas e termelétricas, o que confere maior segurança e resiliência ao sistema elétrico nacional. O crescimento do setor também está diretamente ligado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU (ODS 7 e ODS 13), promovendo a geração de empregos e investimentos em uma economia de baixo carbono.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso baseou-se fundamentalmente na revisão bibliográfica. Este método permitiu o aprofundamento teórico sobre a evolução do setor de energia solar no Brasil ao longo da última década, por meio da análise de material já publicado, como artigos científicos, monografias, teses e relatórios técnicos. Especificamente, a pesquisa envolveu a análise documental das principais normas regulatórias da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), incluindo as Resoluções Normativas n.º 482/2012 e n.º 1.000/2021, e a Lei n.º 14.300/2022. Adicionalmente, dados quantitativos sobre a capacidade instalada e o crescimento do mercado foram extraídos de relatórios de entidades setoriais e agências de pesquisa (ABSOLAR e EPE). Por fim, a pesquisa foi complementada por uma entrevista com especialistas de mercado, que serviu como estudo de caso prático para validar e ilustrar os modelos de negócio e os desafios do setor de Geração Distribuída.

Por fim, este Trabalho de Conclusão de Curso está estruturado em quatro capítulos, dispostos da seguinte forma: O Capítulo I (Fundamentação Teórica e Contexto Global) aborda

o histórico da energia solar e o conceito de Geração Distribuída. O Capítulo II (O Marco Legal da Geração Distribuída no Brasil) analisa as Resoluções Normativas n.º 482/2012 e n.º 1.000/2021, culminando na análise dos impactos da Lei n.º 14.300/2022. O Capítulo III (Cadeia de Suprimentos, Modelos de Negócio e Estudo de Caso) examina a cadeia produtiva e detalha o modelo de Energia Solar por Assinatura, exemplificado pela Órgão Energia. O Capítulo IV (O Crescimento Exponencial e os Desafios) quantifica o crescimento da potência instalada e discute os desafios futuros, como a implementação de *Smart Grids* e o avanço de tecnologias de Armazenamento em Baterias e V2G.

## **Capítulo I: Fundamentação Teórica e Contexto Global**

### **1.1. História da energia solar**

Não existe um marco histórico para o início da utilização da energia solar pelo homem se pensarmos nesse termo como o proveito que os seres humanos tiravam dos raios solares. Desde o surgimento dos primeiros hominídeos, eles utilizavam o resultado da conversão de energia solar por plantas para se alimentarem (FARIAS, 2011), seja no período em que eram coletores nômades ou quando se estabeleceram em locais fixos, o que foi proporcionado pelo advento da agricultura. Foi nesse momento que se começou a padronizar a conversão da energia solar para o proveito do ser humano.

A energia solar também pode ser considerada como fonte indireta das outras formas de energia renováveis. Segundo Terciote (2002), a energia gerada pelos ventos só é possível pelo deslocamento de massas de ar quente, da linha do Equador para os polos, em um movimento permanente, resultante das diferenças de temperatura impostas pelos raios solares. O aproveitamento desses ventos para gerar energia elétrica é recente, porém a energia eólica vem sendo utilizada por muito tempo. Povos da antiguidade, como romanos, egípcios e fenícios utilizavam velas em suas embarcações como auxílio para seus remos ou como fonte primária para energia cinética. Já chineses e persas utilizavam os ventos para a movimentação de moinhos para moer grãos ou bombear água, modelos que foram levados à Europa pelas Cruzadas e aprimorados pelos holandeses.

Fato é que o ser humano utiliza a energia solar para seu benefício praticamente desde o seu surgimento no planeta Terra. Seja de forma direta ou indireta, de maneira proposital ou até sem o seu conhecimento, como acontecia na época dos primeiros hominídeos nômades e coletores. Mesmo que a invenção e desenvolvimento de aparelhos capazes de converter esse tipo de energia proveniente dos raios solares em energia elétrica seja algo relativamente recente se comparado com toda a história da energia solar e dos seres humanos, esses dispositivos são a promessa de um novo paradigma energético para a sociedade contemporânea, que necessita de opções e estilos de vida mais sustentáveis, que prejudiquem menos o meio ambiente e a natureza.

### **1.2. Evolução global da energia solar, conceito e tecnologia fotovoltaica**

O que chamamos de energia solar é basicamente a conversão da energia solar em energia elétrica pelo calor e luz, efeitos da radiação, disseminados pelos raios solares em determinados tipos de materiais, chamados de semicondutores. A partir disso, existem dois tipos de processo de aproveitamento da energia solar: o termoelétrico e o fotovoltaico.

O primeiro acontece pela diferença de potencial resultante da aproximação de dois metais em determinadas condições, enquanto o segundo se utiliza de células solares para conversão dos fótons presentes nos raios solares em eletricidade (ANEEL, 2008). O processo de energia térmica é mais comumente utilizado em sistemas de aquecimento para piscinas e de água em edifícios. Nele, a energia solar é transformada em energia térmica, com processos dependentes da gama de temperaturas necessária em cada dispositivo (KEMERICH et al., 2016).

Já o fotovoltaico, o foco do presente estudo, acontece de maneira diferente, e é utilizado de outras maneiras também, se comparado ao método anterior. Nele, existe a conversão dos fótons que existem nos raios emitidos pelo Sol em energia elétrica por meio de semicondutores, em sua maioria feitos com silício amorfo e cristais policristalinos ou monocristalinos (CRESEB, 2006).

O princípio desse fenômeno foi observado pela primeira vez em 1839, por Edmund Becquerel, que notou o surgimento de uma tensão nos eletrodos de uma solução condutora exposta aos raios solares (GACIA, 1995).

Entretanto, foi somente em 1883 que o inventor americano Charles Fritts criou o que é considerada a primeira célula solar, utilizando selênio revestido com uma fina camada de ouro. Embora a eficiência desta célula fosse extremamente baixa, ela estabeleceu o princípio de que materiais semicondutores poderiam ser usados para gerar eletricidade a partir da luz (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY, 2009).

O passo decisivo para a viabilidade comercial ocorreu em 1954, quando cientistas dos Bell Laboratories (Daryl Chapin, Calvin Fuller e Gerald Pearson) desenvolveram a primeira célula solar de silício com uma eficiência de conversão próxima a 6% (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY, 2009). Esta invenção marcou o nascimento da célula solar moderna.

Muito se evoluiu desde então, até chegarmos nas placas solares modernas que são utilizadas atualmente, que funcionam com fios ligados às células fotovoltaicas que captam a corrente elétrica gerada quando essas células são atingidas pelos raios solares. Portanto, um

número maior de células conectadas consegue gerar uma corrente maior se comparado ao processo com células isoladas entre si. Essa corrente elétrica vai para um controlador de carga e chega até o inversor, onde é transformada em energia elétrica. O excedente da energia é armazenado em baterias para ser utilizado em horários de baixa incidência solar ou de alto consumo (KEMERICH et al, 2016).

### **1.3. O cenário energético brasileiro**

A sociedade brasileira, assim como muitas outras ao redor do mundo, se tornou uma fervorosa consumidora de energia. Isso é relativamente normal e até previsível, uma vez que é uma tendência das sociedades modernas a dependência cada vez maior de tecnologias já existentes, além da criação de novas, e todo esse processo, de criação e utilização de dispositivos tecnológicos, demanda energia elétrica. Os telefones celulares são uma representação disso, no Brasil, existem cerca de 250 milhões de celulares para uma população de 203 milhões de pessoas (YOSHIDA, 2023), mas ainda é necessária energia para eletrodomésticos, aparelhos hospitalares, transporte, e muitos outros aparelhos necessários no nosso dia a dia. Por isso, se torna um desafio cada vez maior e mais importante encontrar meios de produção de energia que não impliquem em esgotar os recursos naturais disponíveis no planeta Terra, uma vez que não existe previsão de diminuição desse consumo energético.

A consciência dessa necessidade vem crescendo entre países, empresas e cidadãos, por conta das mudanças climáticas que vêm ocorrendo ao redor do mundo nas últimas décadas, e os investimentos em energia sustentável no mundo têm aumentado, para cada dólar investido em combustíveis fósseis se investe 1,70 dólar em energias renováveis (YOSHIDA, 2023).

E nesse campo, o Brasil é um país com várias possibilidades e muito potencial para se tornar uma potência energética renovável, ajudando o mundo no combate ao aquecimento global que enfrentamos. As novas tecnologias e o investimento crescente na área já se traduzem na realidade como uma grande oferta de energia que preserva o equilíbrio ambiental, não somente se tratando de energia solar, mas a eólica, biodiesel, entre outras, que podem não ser o foco do presente estudo, mas que evidenciam a capacidade brasileira na produção de energia e combate ao aquecimento global.

Já temos as energias solar e eólica como segunda e terceira, respectivamente, matriz energética no país, e essa movimentação e desenvolvimento do setor de energia limpa é um fator que, além de auxiliar a questão sustentável brasileira, acelera o desenvolvimento

econômico, que acaba refletindo o desenvolvimento de diversos setores da nossa sociedade, e com isso, o país e o planeta saem ganhando (YOSHIDA, 2023).

E mesmo com esse cenário brasileiro de uma matriz elétrica limpa se comparada ao resto do mundo, 85% composta por energia limpa comparada com a média de 27% no resto do mundo (YOSHIDA, 2023), o país ainda tem planos para um desenvolvimento da energia renovável bem maior no longo prazo. De acordo com o presidente Luiz Inácio Lula da Silva, o Brasil está trabalhando para ser conhecido como “a Arábia Saudita da energia renovável”, declaração dada em reunião feita em Riad com estadistas e empresários. A comparação é feita no sentido de, assim como a país árabe é o maior exportador de petróleo, que ainda é a base para produção de energia, no mundo, o Brasil se tornar o maior produtor e referência na produção de energia limpa em larga escala no mundo.

A abundância de recursos, como água, luz solar e vento, aliada às dimensões continentais do país sul-americano o colocam em uma situação em que esse tipo de comparação. Além da matriz elétrica acima da média mundial, o Brasil também tem certa vantagem se levarmos em conta todo o tipo de produção de energia, incluindo para utilização em processos industriais e transporte, 47% de fontes renováveis enquanto o resto do mundo tem média de 14% (YOSHIDA, 2023).

De acordo com o professor do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Nivalde de Castro, que coordena o Grupo de Estudos do Setor Elétrico (Gesel) na mesma entidade, o Brasil está, hoje, onde o mundo deseja chegar em 2050, no que se refere ao assunto de energia limpa. E para isso, houve um aumento expressivo no investimento, já que o investimento em energia renovável ultrapassou o investimento em energia não renovável, um cenário que era de igualdade há 5 anos, segundo relatório da Agência Internacional de Energia. Mudança essa que é liderada pela China, que a partir dos anos 2000 começou a investir em outros tipos de energia para se tornar menos dependente do carvão (YOSHIDA, 2023). E esse investimento não aconteceu somente em território chinês, a State Power Investment Corporation (SPIC), que é uma das cinco maiores empresas em geração de eletricidade no mundo, investiu cerca de 12 bilhões de reais no Brasil em cerca de 6 anos de operações (YOSHIDA, 2023).

E esse investimento externo em energia renovável que chega no território brasileiro tem perspectivas de crescimento ainda maior. O ambiente propício para a prática da produção de energia renovável, com vastos recursos naturais, para investimentos, com a abertura de

empresas nacionais para capital estrangeiro, e o compromisso do governo com a transição energética, todos esses fatores em conjunto tornam o Brasil um destino estratégico para organizações com um foco nesse segmento específico ou que procuram bater metas estabelecidas para garantir o cumprimento de normas da abordagem ESG, que prega responsabilidade ambiental, social e de governança.

No momento, o investimento no Brasil se concentra na energia hidrelétrica, por ser um meio de produção de energia limpa com mais tradição no país, chegando a ter representado 90% da matriz elétrica do país nos anos 90 e 50% atualmente, e por conseguir armazenar energia potencial nos reservatórios de água, auxiliando no problema derivados das variações de demanda de energia sazonais ou em diferentes horas do dia (YOSHIDA, 2023).

Apesar dessa diminuição percentual da participação hidrelétrica parecer ruim, ela é favorável, uma vez que a substituição aconteceu por outros tipos de energia renovável, principalmente solar e eólica. Para o presidente da consultoria em energia PSL, Luiz Augusto Barroso, a diversificação da matriz energética com cada vez mais opções de energia limpa é o cenário ideal para alcançar o objetivo de se tornar a “Arábia Saudita da energia renovável” (YOSHIDA, 2023). Para ele, o principal desafio em deixar a fonte energética brasileira cada vez mais limpa é o setor de transportes, que representa cerca de 33% da energia consumida no Brasil e usa, basicamente, apenas combustíveis fósseis (YOSHIDA, 2023).

Uma possível solução apontada por ele seria, no curto prazo, eletrificar a frota de transportes públicos, como ônibus, usar gás natural em caminhões e biocombustíveis para a frota de veículos leves, passando para a eletrificação de todos os meios de transporte no médio prazo, “neutralizando” assim a principal demanda de combustíveis não renováveis no território brasileiro.

Outra matriz energética renovável com grande potencial no Brasil é o hidrogênio verde, proveniente da eletrólise da água usando fontes renováveis. Existem dois destinos para esse tipo de combustível, segundo Castro, a venda ou a utilização interna em indústrias chamadas de difícil descarbonização, como a de cimento e a siderúrgica. É preciso ter uma visão estratégica quando se trata do hidrogênio verde, pois a exportação imediata pode levar à geração de capital de maneira mais rápida, porém, por ser um recurso “básico”, ele possui pouco valor agregado, característica que se reflete no seu preço, portanto a visão a médio-longo prazo se faz necessária para o investimento desse tipo de energia limpa no mercado interno, melhorando a matriz energética brasileira, além de poder exportar os produtos fabricados com essa energia,

que terão maior valor agregado por serem industrializados e, consequentemente, serão mais caros, contribuindo ainda mais para a economia brasileira (YOSHIDA, 2023).

Ainda segundo Castro, o que falta para alavancar o Brasil ainda mais como uma potência da energia limpa é a estruturação desse potencial em uma política de Estado, não apenas de governo, para definir e executar os próximos passos nas próximas décadas para consolidar o país como o principal em energia limpa.

#### **1.4. A produção de energia solar no Brasil**

O Brasil, por diversos fatores, como o ambiental, tem sido, historicamente, uma potência na energia hidrelétrica. A quantidade de rios no território brasileiro, aliada à formação do relevo, gera um potencial enorme para a geração de energia renovável vinda das águas. Potencial esse que foi aproveitado ao longo de vários anos, principalmente entre as décadas de 1960 e 2000, chegando a representar 90% da matriz elétrica brasileira no final da década de 1990 (BOSCO, 2023).

Entretanto, o crescimento desse tipo de energia limpa brasileira tem sido cada vez menor nos últimos anos. Além de hoje, a energia hidrelétrica ser responsável por “apenas” 50% da energia elétrica produzida no país (YOSHIDA, 2023), a capacidade de produção de energia instalada nesse tipo de usina praticamente se estagnou entre 2018 e 2022, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, criando uma previsão de participação de 45% da energia hidrelétrica na matriz brasileira na próxima década (BOSCO, 2023).

Essa mudança de rumos se deve a confluência de diversos fatores que, talvez, se acontecessem de forma isolada até poderiam ser superados, porém a ameaça que gerou essa união fez com que o Brasil precisasse mudar para resolver alguns de seus problemas energéticos e evitasse outros que poderiam vir a acontecer em um futuro a curto ou longo prazo.

No início dos anos 2000, principalmente em 2001, o Brasil passou por um grande racionamento de energia elétrica, causado pelos apagões nacionais em horários e estações de pico de consumo energético. Nem o armazenamento de energia potencial nos reservatórios das usinas era capaz de realizar a cobertura desse déficit (YOSHIDA, 2023). Então, o governo brasileiro já começou a incentivar a construção de outros tipos de usinas e métodos de produção de energia que tornassem o país menos dependente do regime hidrológico (BOSCO, 2023), que por mais que tivesse suas vantagens, já havia sido comprovada sua imperfeição, pois como qualquer outro método de produção de energia elétrica, é um processo sujeito a falhas, e quando

ele é responsável por quase a totalidade da produção nacional e não atende à demanda, o sistema inteiro corre o risco de colapsar, como era recorrente na época.

Além disso, entrou em voga de maneira mais ferrenha a discussão das questões ambientais ao redor do mundo. Porém, é preciso analisar mais a fundo como a produção de energia limpa como a hidrelétrica poderia afetar negativamente o meio ambiente. A questão principal está na construção e funcionamento da estrutura física da usina. Para a construção de uma usina hidrelétrica, existe também a necessidade de construção de uma barragem para conter a água (ROSA, 2007), e é nesse momento de construção que se iniciam vários problemas ambientais e sociais, já que uma grande parte de terra, que muitas vezes é produtiva, acaba sendo alagada no processo, destruindo também o sistema social e ecológico do local, segundo Derrosso e Ichikawa (2014). Para Bermann (2003), olhando para o recorte social da situação, temos o deslocamento compulsório de populações humanas que precisam mudar relações sociais, hábitos e até função produtiva, e do ponto de vista ecológico podemos observar ecossistema, fauna e flora locais alagados para abrigar os reservatórios. Só no Brasil, mais de um milhão de pessoas já foram deslocadas de maneira compulsória por inundação de terras para construção de usinas hidrelétricas (ZHOURI, 2007).

As discussões sobre esses impactos gerados por esse tipo de usina se intensificaram por volta de 2016, quando foi inaugurada a usina de Belo Monte, no Pará. Com capacidade para a geração de cerca de 11.233 megawatts (MW), a segunda maior do Brasil e quinta maior do mundo, a construção desse verdadeiro colosso erguido na região amazônica foi marcada por grandes impactos socioambientais, como o desvio do rio Xingu e inundação de terras indígenas (BOSCO, 2023).

Tal obra acabou se tornando um marco final das grandes usinas hidrelétricas construídas no Brasil. Depois da inauguração de Belo Monte, foram construídas apenas nove outras hidrelétricas em território nacional, sendo a maior delas com potência de 700 MW, pouco mais de 6% da potência da gigante paraense (BOSCO, 2023). Essa mudança de rumo estratégico na matriz elétrica ocorreu pelo fato do principal potencial hidrelétrico brasileiro se encontrar no norte do país, principalmente na região da maior floresta tropical do mundo, que é uma região plana. Portanto, a exploração desse potencial envolveria o alagamento de vastas regiões de uma floresta que já luta contra a sua própria degradação por anos, na desapropriação de terras indígenas que, como ressalta o especialista da consultoria em energia PSR, dificilmente participam em negociações que envolvem o seu próprio futuro, mas são representados por

terceiros, que geralmente não vivenciam o seu dia a dia, o que dificulta uma representação precisa.

Essas discussões contribuíram para moderar a expansão hidrelétrica brasileira. A construção da usina de São Luís do Tapajós, com potencial de produzir 8.040 MW no Pará, não passou da etapa do projeto, por conta do arquivamento do processo de licenciamento ambiental pelo Ibama (BOSCO, 2023).

Portanto, foi necessário encontrar outros meios de produção de energia limpa que tornasse o Brasil menos dependente da energia hidrelétrica, que parecia estar com os dias de avanço, se não contados, muito acorrentados por todas essas questões que a permeavam. Foi nesse contexto que se deu o avanço de tipos de energia como a eólica e a solar no território brasileiro, que hoje em dia, juntas, representam quase 40% da matriz elétrica brasileira (BOSCO, 2023).

Dentre as duas, a que mais se destaca é a energia solar. No balanço divulgado pela Aneel, a energia elétrica produzida nos painéis solares em usinas, residências, propriedades rurais, em prédios comerciais, industriais e públicos representam 16% da produção de energia elétrica nacional, 34.228 MW de potência, enquanto as hidrelétricas possuem potencial de 109.918, resultado de anos de investimento quase que exclusivo, quando se tratava de energia limpa, uma diferença que tem como tendência ser reduzida cada vez mais com o tempo (STEIW, 2023).

E essa tendência não é só brasileira, uma vez que a ONU colocou como um dos objetivos da humanidade para o desenvolvimento sustentável a transição para fontes de energia renováveis. Mas algo chama a atenção na energia solar: quando comparada com outras fontes energéticas, ela cresceu 24% acima dessas outras alternativas. É o que aponta o relatório *Global Market Outlook for Solar Power 2023-2027*, da *SolarPower Europe*, associação que reúne representantes nesse setor de quarenta países. A média global tende a atingir o potencial de 3.532 GW em 2027 (STEIW, 2023), um número muito inferior à realidade brasileira que pode ser explicado pelos fatores de capacidade investimento e incidência solar. Muitos países ao redor do mundo não possuem a convergência dessas duas realidades necessárias para o crescimento da produção de energia solar fotovoltaica. Os países com maior incidência solar são aqueles que se encontram nas proximidades da linha do Equador, e por fatores históricos, muitos deles estão em um estágio do desenvolvimento interno que prioriza a alocação dos recursos financeiros para a resolução de problemas sociais, deixando o avanço do

desenvolvimento energético sustentável em segundo plano, enquanto aqueles com maiores recursos financeiros para investir em energia renovável se encontram em faixas de terra longe da linha do Equador, fazendo com que recebam uma menor incidência de raios solares, que gera um menor potencial para produção de energia fotovoltaica, fazendo com que optem pelo investimento em outros tipos de energia renovável para composição da sua matriz energética.

No Brasil, a situação é um pouco diferente. Para o presidente executivo da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), Rodrigo Sauaia, uma combinação de fatores aconteceu para o avanço da energia solar ser possível, de forma contínua, nos últimos anos (STEIW, 2023).

Um desses fatores é a diminuição do custo para a produção da energia solar causada pelo desenvolvimento tecnológico dos equipamentos necessários para a construção desse tipo de sistema. Houve um ganho de eficiência dos painéis fotovoltaicos com esse desenvolvimento, que gerou aumento da produtividade e um avanço industrial que possibilitou a produção em escala desses dispositivos, consequentemente abaixando custo de produção e o preço deles. Enquanto isso, o inverso aconteceu com o preço da energia elétrica no território brasileiro, que foi reajustado acima da inflação (STEIW, 2023).

Outro agente dessa mudança foi a política de financiamento desses projetos de geração de energia solar por cooperativas de crédito e bancos, tanto públicos quanto privados. O Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) investiu 8,1 bilhões de reais em dezessete projetos de usinas solares desde 2017 e 1,1 bilhão de reais em projetos instalados em casas e prédios, gerando mais 3.428 megawatts para o Brasil, e o Banco Internacional do Desenvolvimento (BID) investiu 300 milhões de reais em usinas fotovoltaicas para abastecimento de parte da demanda de energia da Sabesp (STEIW, 2023).

O fator natural também beneficiou essa escalada da energia fotovoltaica brasileira. O Brasil é um país com um dos maiores índices de incidência solar no mundo. Isso se deve à localização geográfica brasileira, que é cortado pela linha do Equador, faixa caracterizada por sua alta temperatura e incidência solar de forma contínua ao longo de todas as estações. Por conta das dimensões continentais do país, suas regiões apresentam diferentes incidências solares e consequentemente diferentes potenciais para geração de energia solar fotovoltaica. As regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste apresentam maior irradiação, com destaque para estados como Bahia, Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Minas Gerais e Goiás (PEREIRA, 2019), enquanto a Norte é menor por conta da nebulosidade e a Sul apresenta

padrões similares a alguns países europeus, mais ainda assim é maior, a irradiação mínima brasileira varia entre 1.500 e 2.500 Wh/m<sup>2</sup>, enquanto a Alemanha, por exemplo, recebe de 900 a 1.250 Wh/m<sup>2</sup> (PEREIRA, 2019). E ainda sim, uma diferença regional muito menor se comparada à flutuação de “matéria-prima” para outras opções de energia limpa, como a hidrelétrica e eólica, com regiões que possuem uma quantidade de rios muito maior que as outras como é a Norte (BOSCO, 2023) ou com uma incidência de ventos notavelmente mais regulares como é a região Nordeste, responsável pela produção de 90% da energia eólica brasileira (ZIMMERMANN, 2023).

Outra vantagem da energia solar em relação às duas outras formas de produção de energia limpa de maior produção no Brasil é a praticidade. Para a produção de energia eólica é necessária uma área grande o bastante para comportar os “moinhos”, e eles precisam ter uma distância segura entre uns aos outros para que o movimento das pás de um não atrapalhe o movimento dos outros. Para a produção de energia hidrelétrica é necessário um alto investimento e mudanças hercúleas no ambiente em que a usina será construída, expulsando moradores da terra que será inundada para a criação de reservatórios d’água, matando fauna e flora, e deixando o local improdutivo (BOSCO, 2023). Já para a produção de energia fotovoltaica, as placas solares podem necessitar menos espaço e causar menor impacto se sua instalação for feita de forma correta. Existem usinas fotovoltaicas em lagos ou represas já existentes, não sendo necessário ocupar terras para colocar em prática a produção de energia elétrica. E mesmo quando feitas em terra, pode-se utilizar um espaço que não exija desmatamento para conseguir comportar a estrutura dessas placas. Isso porque os lugares com maior potencial de geração de energia elétrica fotovoltaica são aqueles que possuem uma maior incidência de raios solares, e muitos desses locais são áridos e com o solo improdutivo por natureza, então não se perde terra produtiva ou uma vasta quantidade de vegetação nativa como acontece nas usinas hidrelétricas.

É muito por conta desses fatores em conjunto que a capacidade de geração de energia no Brasil tem crescido de maneira tão grande e contínua nos últimos dez anos, passando de um potencial de 14 megawatts em 2013 para os 34.228 megawatts em 2023, com um aumento acentuado a partir de 2017, quando começou um crescimento constante de aproximadamente 100% de potência ao ano, período que coincide com a liberação de crédito para investimentos em massa na criação de sistemas fotovoltaicos no país.

**Figura 1** – Capacidade de geração de energia fotovoltaica no Brasil na última década (em megawatts)



Fonte: Steiw, 2023.

Por conta dos altos preços da energia elétrica no Brasil e diminuição do custo dos materiais utilizados para a geração de energia fotovoltaica várias pessoas optaram por colocar as placas em suas residências, para conseguir gerar sua própria energia elétrica, aplicando o excedente na concessionária de distribuição de energia, e conseguir um abatimento no valor da conta de luz. Esses sistemas instalados em casas e prédios urbanos ou rurais são a chamada geração distribuída, geradora de 70% da energia elétrica solar do país que vem de 2,1 milhões de sistemas conectados à rede. Os outros 30% vêm da geração centralizada, usinas fotovoltaicas de grande porte localizadas em dezessete estados brasileiros com capacidade de produção superior a 5 MW cada (STEIW, 2023). E assim como as pessoas físicas perceberam a vantagem de produzir a própria energia, as grandes empresas e instituições públicas começaram a enxergar um grande valor estratégico na eletricidade fotovoltaica, e por isso a tendência é o crescimento dessa capacidade de geração de energia solar durante os próximos anos no país.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) instalou uma usina fotovoltaica no seu Campus Litoral, que consome 40% da energia produzida, utilizando o resto do montante na rede de distribuição de energia local, que abate o valor do Campus Centro, localizado a 120 quilômetros de distância, em Porto Alegre, com a expectativa de retorno do valor investido em seis anos e economia anual de 300.000 reais nos próximos vinte anos, de acordo com a coordenadora do projeto e professora do curso de Engenharia da Gestão de Energia da UFRGS, Aline Pan. A varejista Magalu, e a fabricante de bebidas Ambev são mais exemplos de empresas utilizando a energia solar como forma de abater custos em seus processos. Segundo pesquisa da Aneel, 8.700 empresas devem ir para o mercado livre de energia como os exemplos

anteriores, ainda em 2024, e até 2029, 97% da produção das grandes usinas deve ir para esse mercado, segundo Rodrigo Ferreira, presidente executivo da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (STEIW, 2023).

## **Capítulo II: O Marco Legal e a Revolução da Geração Distribuída**

### **2.1. Panorama geral e políticas estatais de incentivo para a energia solar no Brasil**

Pode-se associar muito desse sucesso energético renovável brasileiro aos incentivos econômicos criados para essa prática. Apesar da energia limpa ser uma opção melhor para o meio ambiente e, consequentemente, toda a população que depende dele de maneira direta ou indireta, o pensamento de curto prazo, refletido nos custos imediatos, ainda predomina nas decisões de muitos consumidores. Por isso, para dar esse primeiro passo rumo ao desenvolvimento sustentável da humanidade esses incentivos fiscais foram necessários, para que as pessoas e empresas pudessem enxergar os benefícios trazidos pela energia renovável e começassem a investir nessa tecnologia.

No Brasil, essas políticas já vêm de muito tempo. Em 1994 o Governo Federal iniciou a utilização de placas fotovoltaicas em território nacional com o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios para atender comunidades isoladas e sem sistemas energéticos coletivos (PEREIRA, 2019).

Já em 2012, a Aneel publicou as Resoluções Normativas 481/2012 e 482/2012. A primeira permitiu que projetos de 30 a 300 MW de potência que utilizassem fontes de energia renováveis pudessem economizar até 80% nas Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão e Distribuição (TUST e TUSD) pelos dez primeiros anos de sua existência se fossem criados até 2017, e 50% de desconto para os criados após esse ano (PEREIRA, 2019). A segunda estabeleceu condições gerais para micro e minigeração, além do sistema de compensação de energia elétrica (PEREIRA, 2019). Porém, nessa resolução, os sistemas de até 5 MW de potência de fontes renováveis só poderiam compensar essa energia em outro local, diferente do de geração (SILVA, 2015), então foi criada a Resolução Normativa 687/2015, para desburocratizar o processo de inclusão das centrais geradoras aos centros de distribuição elétricos, permitindo compensação na unidade consumidora de diferentes titularidades com regimes de cooperativas ou similares (SILVA, 2015), diminuiu o prazo de aprovação de sistemas fotovoltaicos de 82 para 34 dias, aumentou de 36 para 60 meses o tempo para uso de créditos energéticos, alteração da potência desses sistemas de micro e minigeração elétrica (PEREIRA, 2019).

Outro grande marco do incentivo fiscal que propulsionou os números da energia solar no Brasil aconteceu em 2015, com a isenção do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e

Serviços (ICMS) das operações que envolvem a produção de energia elétrica de fontes solar e eólica, além de isentar os estados de cobrarem esse imposto na energia injetada na rede (PEREIRA, 2019). Houve também a isenção de pagamentos de contribuições como PIS (Programa de Integração Social)/PASEP (Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público)/COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) nas importações ou vendas de máquinas, aparelhos ou instrumentos para obras de infraestrutura em empresas de diversos setores, entre eles o de energia, onde estão incluídas as usinas fotovoltaicas. Nesse mesmo benefício que isenta o PIS/PASEP/COFINS, está inclusa a redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) quando a aquisição for feita por pessoa jurídica. Importante ressaltar que existe também a isenção de PIS/COFINS para micro e mini produção elétrica, a chamada rede distribuída (PEREIRA, 2019).

Também como maneira de incentivo dessa “produção caseira” de energia solar, muitos bancos, públicos e privados fazem parte do Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), criado pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Instituições como BNDES, Banco do Brasil, Bradesco, Santander e Caixa Econômica do Brasil possuem créditos para o setor com baixas taxas de juros, entre 0,9% e 1,3% ao mês (PEREIRA, 2019).

Já voltada para a geração centralizada de energia solar, o Brasil iniciou um processo estratégico de inclusão desse tipo de energia na matriz elétrica por meio de leilões, a partir do 6º Leilão de Energia de Reserva, em 2014, evento que apenas cresceu de importância e valor ao longo de suas edições (PEREIRA, 2019).

Além de incentivos federais existem os incentivos particulares de cada estado que variam de acordo com o potencial de geração de energia que o mesmo possui.

Por exemplo, o estado de Minas Gerais foi um dos pioneiros na construção e apoio de projetos nesse setor energético. Para aumentar a participação da energia solar na matriz elétrica do estado, contribuir com a eletrificação de áreas distantes das redes de distribuição de energia elétrica, melhorar as condições de vida de famílias de baixa renda, diminuir as emissões de gases causadores do efeito estufa e reduzir as áreas alagadas para geração de energia elétrica, algo fortemente marcado na história mineira com a construção da Represa de Furnas, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) lançou a Política Estadual de Incentivo ao uso da energia solar e o Programa Mineiro de Energia Renovável. Algumas medidas implantadas com esses programas foram a instalação de sistemas solares viabilizados por

pesquisas e financiamentos públicos em comunidades dispersas e distantes das redes de transmissão de energia elétrica e garantir prioridade aos empreendimentos de geração de energia renovável em processos de regularização ambiental e contratação de compra de energia (PEREIRA, 2019).

Já em São Paulo, existem outras medidas para incentivar o uso da energia solar. São exemplos a aquisição de bens para o ativo de fabricante de células fotovoltaicas e o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos de geração de energia elétrica por fonte solar fotovoltaica, implantados entre 2011 e 2017 no estado com maior potencial financeiro para o apoio às práticas energéticas renováveis. Mais recentemente, o governo estadual e a Agência de Desenvolvimento Paulista, a Desenvolve SP, desenvolveram um programa de financiamento de até 100% de itens de projetos de energia solar fotovoltaica. Além disso, a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) vem instalando pequenas usinas solares fotovoltaicas em seus empreendimentos e, para produtores rurais, foi criada uma linha de financiamento específica voltada ao setor, advinda da parceria entre o Fundo de Expansão do Agronegócio e o Banco do Agronegócio (PEREIRA, 2019).

## **2.2. O cenário pré-regulatório e as barreiras iniciais**

No início dos anos 2000, apesar do vasto potencial de irradiação solar no território nacional, a energia solar no Brasil era uma tecnologia incipiente, com aplicações restritas a projetos isolados e comunidades remotas. A principal iniciativa nesse período foi o Programa Luz para Todos, lançado em 2003, que visava levar eletrificação a áreas rurais e isoladas. A utilização de sistemas fotovoltaicos como solução se deu alguns anos após o início do programa, para viabilizar projetos localizados em áreas de difícil acesso, ou de custo muito grande para os métodos tradicionais da época. (CARVALHO, 2007). Apesar o programa ter demonstrado a viabilidade técnica da energia solar em certas condições, ela ainda enfrentava barreiras significativas para a expansão do mercado conectado à rede. Altos custos de implementação gerados por falta de escala de produção no país e falta de regulamentação específica, sem regras claras e específicas para conexões à rede e compensação de energia dificultavam a segurança do *payback* dos investimentos do consumidor. A ausência de políticas públicas estruturadas para a Geração Distribuída limitava o crescimento da tecnologia no país. Ficava evidente que, para o Brasil avançar na diversificação de sua matriz elétrica, seria necessário criar um arcabouço legal que garantisse a segurança jurídica e a atratividade econômica aos investidores e consumidores (SILVA, 2015).

Essa necessidade urgente culminou na criação da principal política de incentivo para o setor, a Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL.

### **2.3. A criação da geração distribuída (RN 482 e RN 1.000)**

A superação das barreiras de custos e regulamentação, que limitavam a energia solar ao mercado isolado (como o programa Luz para Todos), veio com a criação de um arcabouço normativo que deu viabilidade econômica à conexão à rede. Esse ponto de virada foi estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

#### **2.2.1. O marco fundador: a Resolução Normativa nº 482/2012 (REN 482)**

Publicada em abril de 2012 e em vigor a partir de dezembro do mesmo ano, a REN 482 é o documento que marca o nascimento da geração distribuída no Brasil. Seu objetivo principal foi eliminar a maior barreira econômica: a falta de retorno sobre o investimento (SANTOS, 2018). O mecanismo central da resolução foi a instituição do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), conhecido internacionalmente como *Net Metering*.

Este sistema permitiu que o consumidor, ao gerar energia limpa com painéis solares em sua unidade (microgeração até 100 kW e minigeração até 1 MW), pudesse injetar o excedente de volta na rede da distribuidora e converter essa energia em créditos de energia para abater do valor consumido de sua propriedade (SANTOS, 2018). E com a garantia da geração desses créditos, o tempo de retorno para o investimento deixou de ser um entrave para o consumidor, aumentando a atratividade desses modelos.

Essa resolução contribuiu para o crescimento das fontes renováveis do Brasil, principalmente das ligadas à geração distribuída. Porém um aumento mais significativo só ocorreu alguns anos depois, com a redução dos custos da tecnologia solar fotovoltaica, aumento da preocupação com questões ambientais por parte dos consumidores e insatisfação com o aumento do custo da eletricidade no país (SHIMOMAEBARA; PEYERL, 2020).

#### **2.2.2. Consolidação e aprimoramento da regulamentação (REN 687 e REN 1.000)**

Para aumentar ainda mais esse incentivo, foram realizados alguns reajustes na antiga resolução. A Resolução Normativa nº 687/2015 buscou reduzir a burocracia para instalação e aprovação do uso dos sistemas fotovoltaicos (SHIMOMAEBARA; PEYERL, 2020). Além disso, o limite de potência passou de 1000 kW para 5000 kW por unidade consumidora (SANTOS, 2018), possibilitou-se que a energia gerada fosse distribuída entre várias residências

dentro de uma mesma área de concessão e aumentou a validade dos créditos de 36 para 60 meses (SHIMOMAEBARA; PEYERL, 2020).

Essas alterações contribuíram significativamente para a popularização da geração distribuída, especialmente a partir da energia solar. No entanto, diante do crescimento acelerado do setor e da necessidade de maior clareza regulatória, tornou-se essencial revisar e consolidar as normas existentes. Nesse contexto, destaca-se a Resolução Normativa nº 1.000/2021 da ANEEL, que representa um importante avanço na organização e atualização das regras aplicáveis à distribuição de energia elétrica no Brasil.

A Resolução Normativa nº 1.000/2021, aprovada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em dezembro de 2021, representa um marco na regulamentação do setor elétrico brasileiro, especialmente no que se refere à prestação do serviço público de distribuição de energia. Seu principal objetivo é consolidar em um único instrumento normativo os direitos e deveres dos consumidores de energia elétrica, promovendo maior clareza, objetividade e acessibilidade ao conteúdo regulatório. Com a entrada em vigor dessa resolução, 61 normas anteriores foram integralmente revogadas, além de outras três terem sido parcialmente revogadas. Entre elas, destacam-se a REN nº 414/2010, que tratava das condições gerais de fornecimento, e outras relacionadas a temas como ouvidorias, bandeiras tarifárias, tarifa branca e recarga de veículos elétricos (ANEEL, 2022).

A REN 1.000/2021 introduz inovações importantes e ajustes que ampliam a proteção ao consumidor. Um exemplo disso é a previsão de devolução em dobro de valores cobrados indevidamente pelas distribuidoras, sem a exigência de comprovação de má-fé. Também foi ampliado para cinco anos o prazo para que os consumidores solicitem resarcimento por danos causados a equipamentos elétricos em decorrência de falhas no fornecimento de energia. Outro ponto relevante é a definição de prazos mais curtos para execução de obras de conexão à rede, o que contribui para maior agilidade nos processos de ligação de novas unidades consumidoras (ANEEL, 2022).

Além disso, a norma estabelece a obrigatoriedade de compensação monetária automática ao consumidor em caso de descumprimento de prazos ou suspensão indevida do fornecimento de energia pelas distribuidoras. A implementação da REN 1.000/2021 ocorreu de forma gradual, com prazos distintos para a entrada em vigor de seus dispositivos, permitindo que as distribuidoras tivessem tempo para adequar seus processos e sistemas internos (ANEEL, 2022).

A ANEEL destaca que essa consolidação normativa atende à diretriz de simplificação e desburocratização, contribuindo para maior eficiência regulatória e fortalecimento da relação entre consumidores e distribuidoras. Com isso, espera-se não apenas facilitar o acesso às informações por parte da população, mas também promover um ambiente regulatório mais transparente, justo e alinhado com as necessidades atuais do setor elétrico (ANEEL, 2022).

### **2.2.3. O marco legal definitivo: Lei nº 14.300/2022**

Apesar dos avanços promovidos por resoluções anteriores, ainda persistiam lacunas regulatórias e inseguranças jurídicas que dificultavam o pleno desenvolvimento da Geração Distribuída no Brasil. A ausência de um marco legal com força de lei criava incertezas quanto à estabilidade das regras, especialmente diante do crescimento acelerado do setor e das discussões sobre a alocação de custos entre consumidores. Nesse cenário, surgiu a necessidade de consolidar essas normas em uma legislação federal que trouxesse diretrizes claras e previsibilidade de longo prazo para os investidores e usuários. Foi nesse contexto que se instituiu a Lei nº 14.300/2022, estabelecendo oficialmente o Marco Legal da Geração Distribuída.

O ponto mais decisivo na evolução da Geração Distribuída (GD) no Brasil foi a promulgação da Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, que instituiu o Marco Legal da Geração Distribuída. Essa norma representou um divisor de águas ao conferir segurança jurídica, estabilidade regulatória e previsibilidade ao mercado de micro e minigeração distribuída, aspectos há muito demandados por consumidores, investidores e agentes do setor (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2022).

A Lei 14.300/2022 trouxe dois impactos centrais. O primeiro foi o reconhecimento do direito adquirido ao sistema de compensação integral para todas as unidades consumidoras que solicitaram acesso à rede até 7 de janeiro de 2023. Esses consumidores permanecerão isentos da cobrança sobre o uso do sistema de distribuição (TUSD Fio B) até o ano de 2045. Já o segundo impacto refere-se à criação de uma regra de transição para novos projetos, os quais, a partir de 2023, passaram a ser gradualmente submetidos à cobrança da TUSD Fio B sobre a energia injetada na rede, sinalizando uma mudança significativa na dinâmica econômica entre geradores e distribuidoras (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2022).

A consolidação da regulamentação em uma lei federal fortaleceu a GD como política pública estratégica, encerrando um período marcado por incertezas regulatórias. A medida

garantiu a continuidade do crescimento do setor, ao mesmo tempo em que promoveu maior equilíbrio entre os agentes do sistema elétrico, preparando o ambiente para um modelo mais sustentável e financeiramente responsável.

## **Capítulo III: Cadeia de Suprimentos, Modelos de Negócio e Estudo de Caso**

### **3.1. A produção de painéis solares no Brasil e a cadeia de suprimentos**

Apesar do rápido crescimento do mercado de energia solar no Brasil, impulsionado pelo marco regulatório e pelos incentivos à geração distribuída, a cadeia produtiva nacional ainda se encontra em um estágio de desenvolvimento incipiente no que tange aos componentes de maior valor agregado, visto que o volume de painéis solares importados em 2023 era capaz de gerar 17 gigawatts (GW), enquanto os da indústria nacional apenas 1 GW, de acordo com Carlos Dornellas, diretor técnico e regulatório da ABSOLAR (ABINEE, 2024). A produção local de equipamentos não conseguiu acompanhar a expansão exponencial da demanda, que se consolidou nos últimos dez anos.<sup>1</sup>

A realidade do mercado brasileiro é marcada por uma alta dependência da importação, e vem crescendo a cada ano no consumo de módulos fotovoltaicos (MACROSOL, 2024). Estes módulos são fornecidos, em sua maioria, por empresas chinesas, que possuem preços mais baratos que os produtos nacionais (ABINEE, 2024). A falta de escala e a competitividade agressiva no cenário internacional tornam a fabricação desses módulos no Brasil, atualmente, pouco atrativa economicamente para reverter a balança comercial do setor.<sup>2</sup>

A dificuldade da indústria nacional em competir com os preços globais não é apenas uma questão de subsídios, mas um problema de verticalização da cadeia produtiva. O Brasil carece de uma indústria de base para a produção de matérias-primas essenciais, como o silício de grau solar e as células que formam os painéis. A importação desses componentes semiacabados e o consequente custo logístico e cambial inviabilizam a competitividade do produto final nacional, limitando as empresas locais a atuarem, majoritariamente, como montadoras ou fornecedoras de componentes periféricos (DAVIES; FRISSO; BRANDÃO, 2018).

Nesse cenário, a participação da indústria nacional se concentra nas pontas da cadeia de produção desses painéis, com empresas nas etapas iniciais da cadeia do silício, como Minas Ligas e Rima, e na etapa da montagem dos painéis, como a Dya, enquanto as etapas intermediárias são pouco desenvolvidas (DAVIES; FRISSO; BRANDÃO, 2018). O

---

<sup>1</sup> Entrevista com conselheiro e fundador da Órgo Energia

<sup>2</sup> idem

fornecimento nacional também é considerado suficiente para cabos, eletrodutos, proteções elétricas e parte dos inversores de frequência.<sup>3</sup>

A dependência da importação expõe o setor brasileiro à volatilidade cambial e às variações do mercado internacional, impactando o custo de investimento e o *payback* dos projetos. A superação desse desafio estratégico exige políticas industriais que incentivem a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a atração de investimentos para a fabricação de células no país, mitigando o risco de o Brasil se limitar à montagem de sistemas.

### **3.2. O modelo de energia solar por assinatura: inovação e democratização**

O avanço da geração distribuída, inicialmente regida pela RN 482/2012, encontrou na Resolução Normativa n.º 687/2015 e, posteriormente, na Lei n.º 14.300/2022, o arcabouço necessário para a criação de modelos de negócio que vão além da instalação de painéis no telhado do consumidor final. A modalidade de Geração Compartilhada surge como o principal instrumento de democratização do acesso à energia solar, permitindo que consumidores que não possuem espaço físico, ou capital para investimento próprio, usufruam dos benefícios da fonte limpa (ALDO SOLAR, 2025).

A Geração Compartilhada é definida pela legislação como a reunião de múltiplos consumidores, pessoas físicas ou jurídicas, que se unem por meio de consórcio, cooperativa, condomínio civil voluntário ou outra forma de associação, com o objetivo de instalar uma única central de micro ou minigeração distribuída em local remoto e utilizar a energia gerada para compensar o consumo de todas as unidades participantes (ANEEL, 2021).

E esse novo modelo de negócio revolucionou o mercado ao solucionar alguns problemas da geração distribuída tradicional, com painéis nos telhados das casas, como é mais conhecido. Ele permitiu acessibilidade e democratização da energia solar, ao permitir que milhões de consumidores, incluindo moradores de áreas urbanas, locatários e pequenos comércios, que anteriormente estavam excluídos da geração distribuída por limitações como falta de telhado ou recursos para investimento próprio, possam agora acessar a energia solar por meio de assinaturas ou cotas de participação em projetos coletivos (WEG, 2024).

Além disso, a economia de escala alcançada pela centralização da geração em grandes usinas solares, também conhecidas como fazendas solares, reduz significativamente o custo por

---

<sup>3</sup> idem

quilowatt-pico (kWp) instalado. Isso resulta em preços mais competitivos para os consumidores, que passam a adquirir créditos de energia com desconto em relação à tarifa convencional das distribuidoras (GALT ENERGIA, 2024).

Outro aspecto relevante é que toda a responsabilidade pela instalação, operação, manutenção e trâmites burocráticos junto à concessionária deixa de ser do consumidor final e passa a ser da empresa gestora do projeto, o que simplifica a adesão e o uso da energia solar compartilhada (DALSUN, 2025).

A viabilidade técnica e regulatória da Geração Compartilhada pavimentou o caminho para a ascensão das empresas de energia por assinatura. O modelo se baseia na transferência mensal dos créditos energéticos gerados na fazenda solar remota para as contas de luz dos participantes, sob o regime do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), garantindo a previsibilidade de custos e a sustentabilidade ambiental para o cliente (PORTAL SOLAR, 2024).

### **3.3. Estudo de caso: a Órigo Energia e a análise do mercado**

Para aprofundar a análise sobre a aplicação prática do modelo de geração distribuída no Brasil, optou-se por realizar uma entrevista com Rodolfo Molinari Filho, conselheiro de administração da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR) e conselheiro na Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD), funções que conferem posição privilegiada para validar seus argumentos sobre evolução do mercado e dos obstáculos regulatórios enfrentados. Ela também foi complementada por Eduardo Bomeisel, fundador da Órigo Energia, compartilhando um pouco da sua visão e motivação para começar a investir no setor e da relevância de projetos pioneiros da empresa.

A escolha da Órigo para a entrevista aconteceu por uma junção de fatores. O fato da empresa ser um dos expoentes brasileiros no modelo de energia solar por assinatura, que mostra os benefícios, potencial e escalabilidade do setor, e pela disponibilidade de dirigentes desta organização em fornecer depoimentos a este trabalho.

A Órigo Energia é uma empresa brasileira que atua no setor de energia renovável, com ênfase na geração distribuída de energia solar. Fundada em 2010, a companhia tem como missão democratizar o acesso à energia limpa e sustentável no Brasil, oferecendo alternativas

viáveis ao modelo tradicional de fornecimento de eletricidade. Seu principal diferencial está no modelo inovador de energia solar por assinatura, que permite que residências e empresas utilizem energia solar sem a necessidade de instalar painéis fotovoltaicos em suas propriedades (ÓRIGO ENERGIA, 2025).

O modelo adotado pela Órigo baseia-se na instalação de grandes fazendas solares conectadas à rede elétrica pública. A energia gerada nessas unidades é injetada diretamente na rede da concessionária local, e os clientes recebem créditos proporcionais à quantidade de energia contratada, que são abatidos em suas contas de luz (ÓRIGO ENERGIA, 2025). Este processo está de acordo com o sistema de compensação de energia elétrica estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio da Resolução Normativa nº 1.000/2021, que regulamenta o funcionamento da geração distribuída no país (ANEEL, 2021).

O cliente da Órigo, ao optar por esse modelo, não precisa arcar com os altos custos de investimento associados à compra e instalação de sistemas fotovoltaicos. Em vez disso, paga uma mensalidade cujo valor é inferior ao da fatura convencional de energia elétrica, gerando economia imediata. Esse modelo de negócio, além de facilitar o acesso à energia solar, possui escalabilidade, flexibilidade e adaptabilidade a diferentes perfis de consumo, o que tem impulsionado a expansão da empresa (ÓRIGO ENERGIA, 2025).

Nos últimos anos, a Órigo experimentou um crescimento acelerado, impulsionado por grandes investimentos e parcerias estratégicas. Em 2023, a empresa recebeu um aporte de R\$ 250 milhões do fundo Augment Infrastructure, com o objetivo de ampliar sua capacidade de geração e atender a um número ainda maior de consumidores (FUCUCHIMA, 2023). Além disso, em 2024, a empresa firmou um contrato com a IFC (International Finance Corporation), braço do Banco Mundial para o setor privado, que forneceu financiamento destinado à construção de novas usinas solares em diferentes regiões do país (IFC, 2024). A empresa também recebeu investimento da gestora global I Squared Capital, no valor de US\$ 400 milhões, fortalecendo sua posição no mercado e permitindo a expansão para novas regiões do Brasil (GIL, 2025).

Atualmente, a Órigo conta com mais de 100 mil clientes ativos, entre residências, comércios e pequenas empresas. A meta da organização é alcançar 1 gigawatt-pico (GWp) de capacidade instalada nos próximos anos, consolidando-se como uma das maiores fornecedoras de energia solar distribuída do país (ÓRIGO ENERGIA, 2025). Essa estratégia de crescimento está fortemente alinhada às diretrizes globais de sustentabilidade, à agenda ESG

(Environmental, Social and Governance) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que tange à ação contra a mudança global do clima (ODS 13) e à ampliação do acesso à energia limpa e acessível (ODS 7), conforme estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015).

Do ponto de vista ambiental, os impactos positivos da atuação da Órigo são significativos. A energia solar, por ser uma fonte limpa e renovável, contribui diretamente para a redução da emissão de gases de efeito estufa, além de diminuir a dependência de fontes hidrelétricas e termelétricas, que podem causar impactos ambientais negativos. De acordo com dados da própria empresa, o uso de energia solar por seus clientes já evitou a emissão de mais de 400.000 toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera, promovendo uma matriz energética mais (ÓRIGO ENERGIA, 2025).

Apesar dos avanços, o setor de geração distribuída enfrenta desafios, sobretudo no campo regulatório. A discussão sobre a tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), que começou a ser implementada progressivamente a partir da Lei nº 14.300/2022, pode reduzir a atratividade econômica do modelo de compensação. Essa tarifa, muitas vezes chamada de "taxa do sol", representa um novo custo para consumidores de energia solar, o que tem gerado críticas por parte de entidades do setor e consumidores (ANEEL, 2022).

Além das questões regulatórias, outro desafio da empresa está relacionado à educação do consumidor. Muitos brasileiros ainda desconhecem o funcionamento da geração distribuída, os benefícios da energia solar e o modelo por assinatura. Para enfrentar essa barreira, a empresa tem investido em comunicação digital, atendimento personalizado e ações de marketing educativo, com o objetivo de esclarecer dúvidas e facilitar o processo de adesão (ÓRIGO ENERGIA, 2025).

A Órigo Energia é uma empresa que representa uma iniciativa de destaque no setor de energia renovável brasileiro, combinando inovação tecnológica, sustentabilidade ambiental e impacto social positivo. Seu modelo de negócio contribui não apenas para a modernização da matriz energética nacional, mas também para a inclusão de consumidores que, de outra forma, não teriam acesso à energia solar. Com apoio de grandes investidores internacionais, forte capacidade de execução e alinhamento com políticas globais de desenvolvimento sustentável, a empresa se consolida como uma protagonista da transição energética no Brasil.

A entrevista abordou alguns temas centrais, como a regulamentação e segurança jurídica, abordando o impacto da Lei nº 14.300/2022, financiamento e viabilidade econômica de projetos, incentivos fiscais e tributação, modelo de negócio de distribuição remota de energia, cadeia produtiva e projeções futuras.

O primeiro assunto abordado na entrevista é uma análise do setor de geração distribuída de energia solar no Brasil com enfoque em aspectos regulatórios e financiamento. O entrevistado Rodolfo Molinari destaca a Lei nº 14.300/2022 como o marco legal da geração distribuída, extremamente significativo para o setor, pois estabeleceu uma segurança jurídica para o consumidor, que a partir de então estava respaldado para decidir sobre investimentos nesse âmbito com uma maior clareza sobre o futuro, não chegando a dizer como a chamada “taxa do sol” influenciou o mercado.

De acordo com ele, a legislação brasileira não passou por nenhuma grande mudança desde então, e as próximas evoluções deverão ocorrer no setor energético como um todo, com novas tecnologias e tipos de consumidores. Inserção de baterias, abertura de mercado livre em energia e tarifas diferenciadas promovendo um sinal econômico diferenciado para usuários estão entre suas apostas

Ele também destaca que após o estabelecimento da lei, as principais dificuldades do setor têm sido regulações em processos táticos do dia a dia, como conexão de novas usinas à rede e de contabilização de energia produzida.

Já sobre financiamento desses projetos de geração de energia solar no mercado como um todo, Rodolfo afirma que os projetos para pessoas físicas e pequenos comércios, consumidores finais, geralmente é financiada por bancos locais com fundos voltados para esse tipo de investimento. Já para projetos maiores, de usinas de até 5 Mega Watts (MW), o investimento vem em sua maioria, cerca de 60 a 70%, de bancos e o restante de recursos de acionistas.

Para essas dívidas, são alguns projetos que utilizam recursos públicos, principalmente no Nordeste com o BNB (Banco do Nordeste), que utiliza fundos públicos para o desenvolvimento regional, mas a maioria utiliza emissão de dívidas no mercado privado “através de FIDCS (Fundos de direitos creditórios) e CRIs (Certificados de Recebíveis Imobiliários) e, mais recentemente, Debêntures.”. E para os recursos de acionistas devem ser

consideradas as particularidades de cada empresa, como investidores e fundos internacionais no caso da Órgo.

No âmbito fiscal e tributário, Rodolfo enfatiza que o impacto de incentivos na viabilidade de projetos é muito grande, mas varia no mercado de acordo com a regionalização, pois o ICMS é um tributo estadual. Estados que atuaram como promotores explícitos da energia solar no Brasil receberam muitos incentivos e perceberam um avanço muito grande na sua produção, enquanto outros demoraram mais para receber esses investimentos, e os tiveram em menor escala. Porém “atualmente essa discussão está sendo revista pela recente aprovação da Reforma Tributária no Congresso que irá alterar a lógica de ICMS. A lei prevê que sistemas de geração distribuída terão isenção de tributos para qualquer sistema até 1 MW, desde que a unidade consumidora produtora e aquela que irá consumir a energia estejam juridicamente sobre a mesma titularidade, fazendo com que o tema se uniformize nos estados brasileiros.”.

Outro assunto tema da entrevista foi sobre a cadeia produtiva desse setor. Os painéis solares, objetos essenciais no mercado de energia distribuída, são, em sua maioria, importados pelas empresas desse ramo, cerca de 40 a 60% dos equipamentos são importados, principalmente os módulos fotovoltaicos, que em sua maioria têm origem da China. Isso acontece pois não há atratividade para sua fabricação, enquanto no país asiáticos são feitos e trazidos para o Brasil a um preço menor.

Um tópico interessante abordado foi a diferença entre os modelos de geração distribuída individual, em que o consumidor instala painéis solares em sua própria propriedade, e o modelo remoto de usinas compartilhadas, adotado pela empresa. Segundo o conselheiro, ambos os modelos apresentam vantagens, sendo a escolha determinada principalmente pelas condições e necessidades do consumidor.

A opção por um sistema remoto, por exemplo, é mais atrativa para consumidores que não possuem capital para investir em uma instalação própria ou que enfrentam limitações técnicas, como moradores de prédios. Esse modelo foi viabilizado pela ANEEL a partir de 2015, buscando fomentar a adesão à energia de outras formas que não o modelo de painéis próprios em telhados. Com base em referências internacionais, a agência reguladora implementou no Brasil o conceito de usinas solares compartilhadas, o que permitiu uma adesão mais democrática à energia solar, uma vez que dispensa o investimento inicial e a responsabilidade pela operação do sistema.

Contudo, Molinari destaca que, embora mais acessível, esse modelo não proporciona uma economia tão expressiva quanto o sistema próprio, que pode reduzir a conta de energia em até 90%. A escolha, portanto, é comparável à decisão entre comprar ou alugar um imóvel: depende do perfil e da realidade de cada consumidor.

Para Rodolfo, a chance de o mercado brasileiro crescer nessa cadeia é com a especialização na produção das estruturas metálicas que suportam os módulos, cabos e itens de proteção elétrica. E essa nacionalização da produção tende a ser benéfica para a cadeia, pois se feita de maneira sustentável, diminui os impactos ambientais gerados por importações vindas de outro continente, bem como um acompanhamento mais próximo para garantir a sustentabilidade da produção, algo que é levado muito a sério no setor, pois segundo o especialista a viabilidade ambiental é sempre relevante na decisão de investimento nesse mercado de energia limpa voltada para a transição energética.

Rodolfo então projeta o futuro do mercado brasileiro de energia solar para os próximos anos, dizendo que acredita que haverá um crescimento diferente do que existiu anteriormente. “O foco será agora em usinas de larga escala, e sistemas de geração distribuída provavelmente serão utilizados acoplados com sistemas de armazenamento”, não se limitando mais apenas à produção de energia, mas também atuando na gestão de consumo, com baterias, veículos elétricos, uso de inteligência artificial para a gestão de equipamentos em casas e comércios, dentre outras possibilidades. Ressalta também que o setor público está em discussões sobre como dar estabilidade jurídica e econômica para viabilizar essas inovações aos consumidores.

Por fim, o tópico abordado foi a própria Órgo. Para esse assunto o auxílio de Eduardo foi fundamental, pois ele destacou sobre a primeira experiência da empresa e seu início.

A trajetória do fundador da Órgo Energia evidencia um comprometimento de longa data com o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no Brasil. Desde 1993, quando participou de competições internacionais de carros solares com um veículo elétrico construído em parceria com colegas engenheiros, seu interesse pela tecnologia se mostrou constante, ainda que, à época, o mercado nacional não oferecesse condições favoráveis para investimentos significativos.

A consolidação de sua atuação no setor se deu por meio do aproveitamento de diversas oportunidades, como a instalação de sistemas isolados e o desenvolvimento de estruturas para suporte de painéis solares. Um marco importante ocorreu em 2006, com a instalação do

primeiro sistema fotovoltaico conectado à rede pública, no telhado da sede do Greenpeace em São Paulo. Outro projeto de destaque foi a implementação do sistema solar do Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro, que, além de sua complexidade técnica, incluindo a necessidade de um módulo fotovoltaico especial e simulações específicas para as “asas” móveis do edifício, representou um avanço regulatório significativo, ao impulsionar a criação da primeira norma de conexão à rede no país. Tal iniciativa foi fundamental para o fortalecimento da expertise da empresa e sua projeção no mercado nacional de energia solar.

Rodolfo então complementa o tópico da Órgo abordando a transformação local que a organização gera atualmente, para além dos números já apresentados. Os impactos socioeconômicos gerados pelas usinas solares também se mostraram significativos para as regiões onde foram implantadas.

Durante a fase de construção, houve a geração de empregos temporários, o que contribuiu para a movimentação da economia local. O desenvolvimento fundiário, promovido pela necessidade de infraestrutura e acesso às áreas de instalação, também impulsionou melhorias estruturais nas comunidades envolvidas.

No entanto, o principal impacto ocorre de forma contínua na região de concessão do projeto, por meio do aumento da renda das famílias e dos comércios locais. A utilização de créditos de energia gerados a partir da usina, a custos mais baixos do que os praticados pelas distribuidoras, resulta em economia direta para os consumidores. Essa redução de despesas permite o redirecionamento dos recursos para outras necessidades, estimulando o consumo local e favorecendo, assim, o fortalecimento da economia regional.

A entrevista com os representantes da Órgo Energia evidencia que o setor de geração distribuída solar no Brasil já percorreu um caminho importante de consolidação, mas ainda enfrenta desafios estruturais, especialmente em termos de regulação e cadeia produtiva. A experiência compartilhada por eles reforça que avanços legais, como a Lei nº 14.300/2022, são fundamentais, mas não suficientes para garantir o pleno desenvolvimento do setor. Questões como financiamento acessível, incentivo à produção nacional e inclusão de novas tecnologias, como armazenamento e inteligência artificial, serão determinantes para o futuro da energia solar no país.

Além disso, o modelo de negócios da Órgo demonstra que é possível aliar inovação tecnológica, viabilidade econômica e impacto social positivo. A atuação da empresa aponta

para um novo paradigma energético, mais descentralizado, sustentável e conectado à realidade socioeconômica brasileira. A partir dessa visão, conclui-se que o fortalecimento da geração distribuída depende não apenas de marcos legais e incentivos econômicos, mas também de iniciativas empreendedoras comprometidas com a transição energética e o desenvolvimento regional.

## **Capítulo IV: Crescimento, Desafios e Perspectivas**

### **4.1. A evolução do setor no Brasil**

A evolução da energia solar no Brasil representa um dos casos mais expressivos de crescimento no setor energético global. Nos últimos anos, a fonte solar deixou de ser uma alternativa marginal e superou barreiras regulatórias, consolidando-se como a segunda maior fonte da matriz elétrica nacional, atrás apenas das usinas hidrelétricas (HEIN, 2025; EBC, 2025).

Como discutido, o marco inicial dessa transformação foi a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que instituiu o sistema de compensação de energia elétrica, conhecido como *Net Metering*. Esse regulamento proporcionou segurança jurídica e viabilidade econômica, catalisando investimentos significativos no setor solar (PORTAL SOLAR, 2025; ÓRIGO ENERGIA, 2025). A nova regulamentação impulsionou um crescimento exponencial na capacidade instalada de energia solar no país.

A Geração Distribuída (GD), formada por sistemas instalados em telhados, fachadas e pequenos terrenos, foi o principal vetor dessa expansão (HEIN, 2025). De acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), o crescimento da potência acumulada foi notável. A soma da Geração Centralizada (grandes usinas) e da Geração Distribuída ultrapassou a marca de 60 Gigawatts (GW) de capacidade instalada operacional (HEIN, 2025; PORTAL SOLAR, 2025).

Esse avanço trouxe impactos positivos não apenas na matriz elétrica, mas também na economia nacional. Em 2024, os investimentos no setor solar somaram R\$ 53,7 bilhões, e a cadeia produtiva associada gerou mais de 457 mil empregos (SCHUK, 2025). Com isso, a energia solar passou a representar cerca de 22% da matriz elétrica brasileira, consolidando-se como uma das principais fontes de geração do país (EBC, 2025).

Com a entrada em vigor da Lei nº 14.300/2022, conhecida como o Novo Marco Legal da Geração Distribuída, o setor passou por uma fase de ajustes regulatórios e institucionalização, mas a expansão não foi interrompida. O ano de 2024, inclusive, foi considerado o melhor da história da energia solar no Brasil, com recorde de novas instalações (FREITAS, 2025).

A Geração Distribuída manteve sua liderança, representando a maior parte da capacidade instalada, com aproximadamente 37,6 GW em operação, enquanto a Geração Centralizada contabilizou 17,6 GW. A geração própria de energia solar também se espalhou por diversos perfis de consumo, sendo que as residências representam 69,2% das unidades consumidoras, seguidas por comércios (18,4%) e propriedades rurais (9,9%) (EBC, 2025).

Esse desempenho projetou o Brasil ao cenário internacional. Ao final de 2024, o país ocupava a 6<sup>a</sup> colocação no ranking mundial de capacidade acumulada de energia solar fotovoltaica (FREITAS, 2025). Considerando apenas a potência adicionada anualmente, o Brasil alcançou a 4<sup>a</sup> posição entre os países que mais expandiram sua capacidade fotovoltaica no ano (FREITAS, 2025). Esse protagonismo evidencia o êxito do modelo regulatório nacional em mobilizar investimentos privados, aliando o ambiente de negócios à abundância de recursos naturais do território brasileiro.

#### **4.2. Desafios tecnológicos e de infraestrutura**

Muito se evoluiu na questão da eficiência das células fotovoltaicas desde as primeiras criações apontadas em estudos de pesquisa em laboratórios americanos na década de 1950 até hoje. Apesar da tecnologia ser basicamente a mesma em 95% dos módulos fotovoltaicos fabricados nos dias de hoje, a quantidade de luz solar convertida em eletricidade por metro quadrado de painel foi de 6% para 25%, mas algo que se mantém dominando o mercado de produção desses painéis solares é o zinco, de acordo com o professor do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, Roberto Zilles.

Porém, conforme cresce a demanda e utilização de energia solar ao redor do mundo, também cresce a preocupação com a extração e o destino final das matérias primas que compõem os itens da infraestrutura desses módulos fotovoltaicos antigos ou danificados (STEIW, 2023).

O relatório “End of Life Management”, da Agência Internacional de Energias Renováveis, avalia que até a década de 2060 existirão cerca de 6 milhões de toneladas de módulos desativados, se for levada em consideração a vida útil de trinta anos dos sistemas em operações nos dias atuais (STEIW, 2023).

Uma solução para esse problema do futuro é o incentivo à economia circular, a reciclagem. Embora 90% da constituição dos painéis seja de alumínio e vidro, os materiais valiosos, como prata, silício e cobre, representam cerca de 95% do valor deles (STEIW, 2023).

E algo interessante nesse mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos é que, por termos dados muito mais acessíveis hoje em dia, a previsão da necessidade e da demanda da reciclagem desses módulos é bem assertiva, já que se sabe a quantidade de painéis instalados e as suas localizações, é o que afirma Pablo Dias, fundador da SolarCycle, uma startup americana que possui infraestrutura para a reciclagem de cerca de 1 milhão de módulos solares ao ano e que montou um centro de pesquisa e desenvolvimento no Brasil, no Rio Grande do Sul com expectativa de início das operações em 2024 (STEIW, 2023). É uma solução para um problema inerente à expansão desse tipo de energia renovável, assim como haveriam em alternativas de energia limpa, que acaba se transformando em um novo tipo de empreendimento.

#### **4.3. Projeções para o futuro: baterias e recursos energéticos distribuídos (REDs)**

A consolidação da Geração Distribuída (GD) no Brasil estabeleceu um novo patamar de complexidade e oportunidade para a matriz elétrica, onde a próxima etapa da transição energética está pautada na superação da intermitência e na gestão inteligente do fluxo de energia. O futuro do setor aponta, invariavelmente, para um sistema de energia descentralizado, flexível e resiliente, baseado na interconexão de tecnologias de gestão e armazenamento (SILVA, 2022). Essa informação vai de encontro ao projetado por Rodolfo Molinari Filho, conselheiro da Órigo durante sua entrevista, apostando em baterias como o parte do futuro da energia solar brasileira.

A base dessa evolução é a transformação da infraestrutura de distribuição por meio das Smart Grids (Redes Elétricas Inteligentes – REI). O conceito de REI representa uma mudança de paradigma, evoluindo a rede unidirecional tradicional para um sistema bidirecional de energia e informação (GALLOTTI, 2021). Artigos científicos destacam que a implantação das REIs é crucial para o desenvolvimento sustentável da matriz, pois, ao utilizarem tecnologias digitais para monitorar, gerir e automatizar o sistema, permitem a otimização da produção, distribuição e consumo (RIVERA; ESPOSITO; TEIXEIRA, 2013). A comunicação bidirecional e a eficiência proporcionada pelas *Smart Grids* são essenciais para integrar a crescente penetração da GD e garantir a estabilidade da rede (DIAS; BARRETO; PEREIRA, 2021). Ademais, a gestão inteligente da demanda viabilizada pelas REIs contribui para a redução do custo de geração ao diminuir a necessidade de despacho de usinas termelétricas mais caras nos horários de pico (GALLOTTI, 2021).

Diretamente ligado à estabilidade e flexibilidade da rede está o Armazenamento de Energia em Baterias (AEB), considerado a chave para gerenciar a intermitência da energia solar

(SILVA, 2021). O mercado global de baterias vivencia uma expansão exponencial: a capacidade acumulada saltou de 1 GW em 2013 para 85 GW em 2023, com projeção de queda de 45% a 57% nos preços dos sistemas até 2035 (EPE, 2025). Em sistemas de GD, o uso do AEB permite práticas como o *peak shaving* (corte de pico de demanda) e o *load shifting* (gerenciamento de consumo), além de aumentar a confiabilidade do suprimento (*backup*). Essa aplicação eleva o autoconsumo e ameniza a necessidade de injeção na rede (EPE, 2025).

Um dos cenários mais avançados de descentralização é a integração de múltiplos Recursos Energéticos Distribuídos (REDs), com destaque para a tecnologia Vehicle-to-Grid (V2G). O V2G transforma veículos elétricos (VEs) em ativos de armazenamento e despacho, otimizando o sistema elétrico como um todo. Projeções indicam que a capacidade da bateria de veículos elétricos no mundo poderá atingir aproximadamente 2,4 TWh até 2050, volume quatro vezes superior à capacidade projetada de armazenamento da rede elétrica, sublinhando o potencial de flexibilização do sistema (WEAVER, 2024). A combinação do V2G com sistemas fotovoltaicos já demonstrou a capacidade de reduzir a carga de ponta e gerar economias (VASCONCELOS *et. al.*, 2023). Essa visão de futuro, focada na gestão de consumo e no ingresso de baterias e VEs, é endossada por especialistas do setor, como o entrevistado Rodolfo Molinari Filho, que apontam que as maiores evoluções futuras se darão no setor como um todo, incentivadas pela abertura do mercado livre de energia e pela adoção de tarifas diferenciadas que promovam um sinal econômico ao usuário.

No plano internacional, agências como a IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável) confirmam a urgência da transição, pois a energia fotovoltaica é a única fonte renovável com crescimento alinhado com a meta global de limitar o aquecimento a 1,5°C (CASARIN, 2024), mas para atingir o objetivo de triplicar a capacidade renovável global até 2030, a IRENA projeta a necessidade de maiores investimentos do que os projetados até o final da década (CASARIN, 2024). Assim, o Brasil, ao evoluir da simples GD para o ambiente de REDs e *Smart Grids*, estará alinhado com o caminho mais realista para a descarbonização global.

## Conclusão

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propôs-se a analisar a evolução da Geração Distribuída (GD) no Brasil ao longo da última década, destacando o papel dos marcos legais e dos modelos de negócio na sua consolidação como a segunda maior fonte da matriz elétrica nacional. Percebe-se que a humanidade vem utilizando a energia proveniente de fatores naturais, como sol, vento e água, desde o início da sua existência, adaptando suas funcionalidades às necessidades contemporâneas de consumo de energia elétrica. A energia utilizada historicamente, marcada pelo caráter poluente e não renovável, impôs a necessidade de buscar novas formas de energia, menos agressoras ao meio ambiente e com fontes renováveis a curto prazo. Neste contexto, o Brasil, por privilégios de sua localização geográfica, conseguiu se beneficiar de opções de energia limpa, como a hidrelétrica, solar e eólica, para substituir as fontes não renováveis em sua matriz energética, embora a energia solar se destaque como a nova tendência.

O crescimento exponencial da energia solar no Brasil foi determinado por uma sequência de fatores interdependentes, que atuaram em momentos distintos. Inicialmente, o fator determinante foi a segurança jurídica estabelecida pela Resolução Normativa n.º 482/2012 da ANEEL. Esta norma, ao criar o sistema de compensação de energia elétrica (Net Metering), eliminou a maior barreira econômica, garantindo que o excedente fosse convertido em créditos para abatimento futuro, o que proporcionou viabilidade e retorno financeiro ao investimento. Posteriormente, o fator determinante para a escalabilidade e a democratização do acesso foi a Inovação de Mercado. O estudo de caso demonstrou que o modelo de Energia Solar por Assinatura (Geração Compartilhada), exemplificado pela Órgão Energia, foi crucial para superar barreiras como o alto custo de investimento e a falta de espaço físico, permitindo que milhões de consumidores acessassem a energia solar. A consolidação do setor foi reforçada pela Lei n.º 14.300/2022, que conferiu previsibilidade de longo prazo ao mercado, mas introduziu o reajuste tarifário gradual, sinalizando uma nova fase para o setor.

O resultado dessa conjugação de fatores é quantificável: o Brasil atingiu mais de 60 gigawatts (GW) de capacidade instalada operacional, consolidando a energia solar como a segunda maior fonte da matriz e posicionando o país entre os líderes globais de expansão. No entanto, a continuidade dessa expansão enfrenta desafios estruturais. O setor demonstra alta dependência da importação de módulos fotovoltaicos, sendo a produção nacional concentrada em estruturas metálicas e componentes periféricos, o que o expõe à volatilidade cambial e exige

políticas industriais para a verticalização da cadeia. Além disso, o crescimento da GD impõe o desafio da gestão da intermitência e da modernização da rede. O futuro do setor, conforme projeções, está ligado à integração de Smart Grids, Armazenamento de Energia em Baterias (AEB) e Recursos Energéticos Distribuídos (REDs) como o Vehicle-to-Grid (V2G), tecnologias essenciais para garantir a estabilidade do sistema e sustentar a transição.

A trajetória da energia solar no Brasil é um caso de sucesso que ilustra como o alinhamento entre recursos naturais abundantes e a criação de um arcabouço legal sólido pode acelerar a transição energética. Contudo, nada garante que essa é uma realidade eterna, e é crucial entender que o plano de energia elétrica limpa está em constante evolução, exigindo atenção às novas mudanças e paradigmas. Este trabalho contribui para o campo da Gestão Estratégica ao analisar como o fator regulatório macro se traduziu em inovação micro de mercado. Desta forma, sugere-se que futuras pesquisas se concentrem na análise da viabilidade econômica pós-Lei 14.300/2022, na modelagem de incentivos industriais para a verticalização da cadeia produtiva e no impacto regulatório da inserção de baterias e tecnologias V2G no sistema de Geração Distribuída.

## Referências Bibliográficas

ABINEE. Governo leva a 25% imposto de importação para painéis solares e surpreende investidores. São Paulo: ABINEE, 19 nov. 2024. Disponível em: <https://www.abinee.org.br/governo-leva-a-25-imposto-de-importacao-para-paineis-solares-e-surpreende-investidores/>. Acesso em: 29 set. 2025.

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Anuário estatístico de energia solar 2020. São Paulo: ABSOLAR, 2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 30 maio 2025.

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Relatório Anual 2021. São Paulo: ABSOLAR, 2021. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 30 maio 2025.

AMERICAN PHYSICAL SOCIETY. *April 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell.* APS News, [s.l.], abr. 2009. Disponível em: <https://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>. Acesso em: 04 out. 2025.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL, 2008. 236p.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 24 set. 2025.

ANEEL. *Resolução 1000 da ANEEL consolida direitos e deveres dos consumidores de energia.* Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/resolucao-1000-da-aneel-consolida-direitos-e-deveres-dos-consumidores-de-energia>. Acesso em: 04 out. 2025.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm). Acesso em: 24 set. 2025.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Energia solar: linhas de crédito disponíveis. Rio de Janeiro: BNDES, 2024. Disponível em: <https://www.bnDES.gov.br>.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. BNDES aprimora metodologia de credenciamento de equipamentos para energia solar fotovoltaica. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.bnDES.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bnDES-aprimora-metodologia-de-credenciamento-de-equipamentos-para-energia-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 30 maio 2025.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. BNDES define condições de apoio a vencedores de leilão de energia solar e cria metodologia para fomentar conteúdo nacional. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: [https://bnDES.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/20140812\\_energiasolar](https://bnDES.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/20140812_energiasolar). Acesso em: 30 maio 2025.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Relatório de Energias Renováveis 2020. Rio de Janeiro: BNDES, 2020. Disponível em: <https://www.bnDES.gov.br>. Acesso em: 30 maio 2025.

BERMANN, Célio. Energia no Brasil: para quê? Para quem? São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003.

BRASIL. Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015. Altera a legislação tributária federal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 07 out. 2015.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Energia solar fotovoltaica. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/sustentabilidade/energia-solar-fotovoltaica>.

BOSCO, Flávio. Bilhões para a transição. Veja: especial energia verde. São Paulo: Abril, 8 de dezembro de 2023, p.30-33.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Brasília, DF: Câmara dos

Deputados, 6 jan. 2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/843782-LEI-INSTITUI-MARCO-LEGAL-DA-MICRO-E-MINIGERACAO-DE-ENERGIA>. Acesso em: 29 set. 2025.

CANAL SOLAR. Geração solar fotovoltaica atingiu 50,6 TWh em 2023. 2024. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/geracao-solar-fotovoltaica-atingiu-506-twh-em-2023/>.

CARVALHO, P. C. M.; COELHO JUNIOR, L. G. Sistemas fotovoltaicos para o programa ‘Luz Para Todos’: um estudo para o estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR (CBENS), 2., 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABENS, 2007. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1779>. Acesso em: 18 set. 2025.

CASARIN, Ricardo. Energia solar é única renovável com crescimento alinhado com metas globais. *Portal Solar*, 16 out. 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/energia-solar-e-unica-renovavel-com-crescimento-alinhado-com-metas-globais>. Acesso em: 6 out. 2025.

DALSUN. *Geração compartilhada: a nova tendência em energia solar*. Dalsun, 2025. Disponível em: <https://dalsun.com.br/geracao-compartilhada-energia-solar/>. Acesso em: 5 out. 2025.

DAVIES, Felipe Souza; FRISSO, Gustavo Luiz; BRANDÃO, Matheus Vinícius. *A utilização do silício nacional para a fabricação de placas solares: uma reflexão das dificuldades tecnológica e financeira*. Anais do Congresso Brasileiro de Energia Solar – CBENS, 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/491>. Acesso em: 5 out. 2025.

DERROSSO, G. S., ICHIKAWA, E. Y... A construção de uma usina hidrelétrica e a reconfiguração das identidades dos ribeirinhos: um estudo em Salto Caxias, Paraná. *Ambiente & Sociedade*, 17(3), 97–114. 2014.

DIAS, Andréia Araújo; BARRETO, Gabriel de Andrade; PEREIRA, Mariana Conceição. Integração de Usinas Fotovoltaicas e Redes Inteligentes: o papel da eficiência energética na estabilidade da rede elétrica. 2021. 18 f. Trabalho acadêmico (Artigo científico) — Universidade Salvador UNIFACS. Disponível em: <https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/f856462c-71b3-4a90-add0-08154eb54b51/content>. Acesso em: 6 out. 2025.

EBC – Agência Brasil. Com 22% da matriz elétrica, energia solar é a 2ª maior fonte do país. *Agência Brasil*, 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2025-03/com-22-da-matriz-eletrica-energia-solar-e-a-2-maior-fonte-do-pais>. Acesso em: 6 out. 2025.

ELETRO ENERGY. Capacidade instalada de energia solar no Brasil atinge 44 GW. 2024. Disponível em: <https://eletronenergy.com.br/blog/capacidade-instalada-de-energia-solar-no-brasil-atinge-44-gw/>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE); MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Caderno MMGD & Baterias 2035: Micro e Minigeração Distribuída e Baterias Atrás do Medidor* (versão 2025.07.31). 2025. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-894/Caderno\\_MMGD\\_Baterias\\_2035\\_v2025.07.31.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-894/Caderno_MMGD_Baterias_2035_v2025.07.31.pdf). Acesso em: 6 out. 2025.

ESTADÃO. Energia solar fotovoltaica supera 37 GW no Brasil. 2024. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/economia/energia-solar-fotovoltaica-absolar-geracao-distribuida/>.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato. Novo Hamburgo, v.12, n.17, 2011, p. 1-106.

FREITAS, Clayton. Brasil bate recorde de energia solar instalada; China lidera no mundo. *Estadão*, 16 jan. 2025. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/economia/brasil-bate-recorde-energia-solar-instalada-china-lidera-no-mundo-nprei/?srsltid=AfmBOooy4Wm3ikstBB4T9pdJWrBMg5ZsgYZC-dfRPXnbpakepqKBRN2n>. Acesso em: 6 out. 2025.

FREITAS, Clayton. Energia solar bate recorde de instalação no Brasil, diz associação. *CNN Brasil*, 19 jan. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/microeconomia/energia-solar-bate-recorde-de-instalacao-no-brasil-diz-associacao/>. Acesso em: 6 out. 2025.

FUCUCHIMA, Letícia. “Órgo recebe aporte de R\$ 250 mi da Augment e amplia oferta de energia solar por assinatura.” UOL Economia (via Reuters), 27 jan. 2023. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2023/01/27/origo-recebe-aporte-de-r250-mi-da-augment-e-amplia-oferta-de-energia-solar-por-assinatura.htm>. Acesso em: 24 set. 2025.

FUITA, Hiroco; NORONHA, João Lúcio. Energia solar no Brasil nos últimos 10 anos. Trabalho de Iniciação Científica FEA PUC-SP. São Paulo. 2024.

GALLOTTI, Verônica Dias Moreira. Redes de energia elétrica inteligentes (Smart Grids). *Research, Society and Development*, v. 10, n. 9, e30010918322, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i9.18322. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/download/18322/15836/223022>. Acesso em: 6 ou. 2025.

GALT ENERGIA. *15 vantagens da geração compartilhada: o futuro da energia solar*. Galt Energia, 2024. Disponível em: <https://www.galtenergia.com/15-vantagens-da-geracao-compartilhada/>. Acesso em: 5 out. 2025.

GIL, Pedro. “Os planos da Órgo Energia após aporte de US\$ 400 mi da I Squared.” VEJA – Radar Econômico, 6 fev. 2025. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/radar-economico/os-planos-da-origo-energia-apos-aporte-de-us-400-mi-da-i-squared/>. Acesso em: 24 set. 2025.

HEIN, Henrique. Energia solar atinge 60 GW de capacidade instalada no Brasil. *Canal Solar*, 13 ago. 2025. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/energia-solar-60-gw-capacidade-instalada-brasil/>. Acesso em: 6 out. 2025.

IFC – International Finance Corporation. IFC and Origo Energia sign financing to boost distributed solar in Brazil. 2024. Disponível em: <https://www.ifc.org/pt/pressroom/2024/ifc-first-distributed-generation-project-financing-in-lac-with-origo>. Acesso em: 29 set. 2025.

ILUMINA SUN. Incentivos governamentais. Disponível em: <https://iluminasun.com.br/incentivos-governamentais>.

ILUMINA SUN. Políticas de incentivo à energia solar no Brasil: leilões de energia renovável e linhas de financiamento. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://iluminasun.com.br/incentivos-governamentais>. Acesso em: 30 maio 2025.

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha; et. al, Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Santa Maria, v.20, n.1, 2016, p. 241-247.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fábio S.. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. Revista Virtual de Química. Niterói, v.7, n.1, 2015, p. 126-143.

MACROSOL. Importação de painéis solares supera 20 GW no Brasil em 2023. Macrosol, 1 mar. 2024. Disponível em: <https://macrosol.com.br/importacao-de-paineis-solares-supera-20-gw-no-brasil-em-2023/>. Acesso em: 5 out. 2025.

MARINGÁ SOLAR. Guia de incentivos governamentais para energia solar. 2023. Disponível em: <https://maringasolar.com/blog/energia-solar/guia-de-incentivos-governamentais-para-energia-solar>.

MAUAD, Frederico Fábio; FERREIRA, Luciana da Costa; TRINDADE, Tatiana Costa Guimarães. Energia Renovável no Brasil: Análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras. São Carlos, 2017.

NEOSOLAR. Incentivos para energia solar no Brasil. 2023. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/blog/incentivo-energia-solar-brasil>.

OBH ENERGY. Políticas de incentivo à energia fotovoltaica no Brasil. 2023. Disponível em: <https://obhenergy.com.br/politicas-de-incentivo-a-energia-fotovoltaica-no-brasil>.

ÓRIGO ENERGIA. Site institucional. 2025. Disponível em: <https://www.origoenergia.com.br>. Acesso em: 29 set. 2025.

ONU – Organização das Nações Unidas. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 29 set. 2025.

PEREIRA, Reuler Cardoso. Políticas públicas para expansão da energia solar fotovoltaica: um estudo dos principais programas de incentivo da tecnologia no Brasil. 2019. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Itumbiara, 2019.

PORTAL SOLAR. Dados do mercado de energia solar no Brasil. *Portal Solar*. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 6 out. 2025.

PORTAL SOLAR. *Geração compartilhada – conheça as regras da ANEEL*. Portal Solar, 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/geracao-compartilhada>. Acesso em: 5 out. 2025.

RIVERA, Ricardo; ESPOSITO, Alexandre Siciliano; TEIXEIRA, Ingrid. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. *Revista do BNDES*, n. 40, dez. 2013. Disponível em:

[https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB%2040%20Redes%20el%C3%A9tricas%20inteligentes\\_P.pdf](https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB%2040%20Redes%20el%C3%A9tricas%20inteligentes_P.pdf). Acesso em: 6 out. 2025.

ROSA, Luiz Pinguelli. Geração Hidrelétrica, termelétrica e nuclear. Estudos Avançados. v.21, n.59, p.39-58. 2007.

SANTOS, Roberta Coelho dos. Geração distribuída Brasil: perspectivas para a expansão da energia solar. 2018. 48 f. Monografia (Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental) – Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, DF, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.enap.gov.br/jspui/bitstream/1/3547/1/Roberta%20Coelho%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 30 set. 2025.

SCHUCK, Sofia. Após ano recorde, Brasil se torna quarto maior mercado de energia solar do mundo. *Exame*, 7 maio 2025. Disponível em: <https://exame.com/esg/apos-ano-recorde-brasil-se-torna-quarto-maior-mercado-de-energia-solar-do-mundo/>. Acesso em: 6 out. 2025.

SHIMOMAEBARA, L. A.; PEYERL, D. ENERGIA SOLAR NO BRASIL: histórico e planejamento energético. *Revista Pensamento & Pesquisa*, São Luís, v. 10, n. 3, p. 860-880, jul./set. 2020. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rppublica/article/view/18489/10127>. Acesso em: 29 set. 2025.

SILVA, R. M. Energia Solar: dos incentivos aos desafios. Texto para discussão nº 166. Brasília. Senado Federal, 2015.

SILVA, Rogério Diogne de Souza e. *Novas tecnologias e infraestrutura do setor elétrico brasileiro – armazenamento de energia em baterias* (Texto para discussão, n. 2746). Rio de Janeiro: Ipea, mar. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/a785af2-5a10-42d3-8fd5-0a26572d5209/content>. Acesso em: 6 out. 2025.

SOLLED ENERGIA. A história da energia solar no Brasil. Disponível em: <https://www.solledenergia.com.br/a-historia-da-energia-solar-no-brasil>.

STEIW, Leandro. Bilhões para a transição. Veja: especial energia verde. São Paulo: Abril, 8 de dezembro de 2023, p.12-14, p.16.

VASCONCELOS, Filipe; CÔRREA, Beatriz; SOUSA, Ana; MORAES, André; AZEVEDO, Jackqueline; TOSTES, Maria; CARVALHO, Carminda. *Impacto da tecnologia Vehicle-to-Building na redução do custo e da demanda de energia elétrica: uma revisão sistemática*. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE AUTOMÁTICA (SBA). XVI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente e X Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Belém, 17–18 out. 2023. Belém: SBA, 2023. Disponível em: [https://sba.org.br/open\\_journal\\_systems/index.php/sbai/article/download/3911/3439](https://sba.org.br/open_journal_systems/index.php/sbai/article/download/3911/3439). Acesso em: 6 out. 2025.

WEAVER, John Fitzgerald. *Baterias de VEs podem otimizar a rede elétrica*. pv magazine Brasil, 13 mar. 2024. Disponível em: <https://www.pv-magazine-brasil.com/2024/03/13/baterias-de-ves-podem-otimizar-a-rede-eletrica/>. Acesso em: 6 out. 2025.

WEG. *Como funciona a geração compartilhada de energia e quais são seus benefícios?* WEG Solar, 2024. Disponível em: <https://www.weg.net/solar/blog/como-funciona-a-geracao-compartilhada-de-energia-e-quais-sao-seus-beneficios/>. Acesso em: 29 set. 2025.

YOSHIDA, Ernesto. Bilhões para a transição. Veja: especial energia verde. São Paulo: Abril, 8 de dezembro de 2023, p.8-10.

ZHOURI, Andréia; OLIVEIRA, Raquel. Desenvolvimento, conflitos sociais e violência no Brasil rural: o caso das usinas hidrelétricas. Ambiente & Sociedade, Campinas, v.10, n.2, p.119-135, jul./dez. 2007.

ZIMMERMANN, Carla. Bilhões para a transição. Veja: especial energia verde. São Paulo: Abril, 8 de dezembro de 2023, p.18-21.

## ANEXO: Roteiro da Entrevista

Questionário para entrevista de trabalho de conclusão de curso (TCC) do aluno João Lúcio Bernardes Noronha, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC - SP), orientado pelo Professor Eduardo Fernandes Pestana Moreira para a Rodolfo Molinari Filho, Conselheiro de Administração da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR) e Conselheiro na Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD).

Alguma lei ou incentivo em particular afetou de maneira muito significativa as empresas do setor? Na sua visão, como a legislação brasileira tem evoluído em relação ao setor solar? Ainda há obstáculos regulatórios?

Os projetos de energia solar no Brasil contam em geral com algum tipo de financiamento público, como os oferecidos pelo BNDES (Finem, Crédito Direto ou Fundo Clima) ou utilizou apenas de financiamentos? Como foi esse processo de decisão entre diferentes tipos de financiamento e de aplicação.

Os incentivos fiscais (isenção de ICMS, PIS/COFINS etc.) tiveram muita importância na viabilidade econômica de suas operações?

Qual a participação de produtos nacionais comparados aos importados dentro dos parques geradores? Como avalia a qualidade e o custo-benefício dos produtos nacionais? Como você enxerga a evolução da cadeia produtiva de energia solar no Brasil? Há confiança no fornecimento local?

O modelo de venda de energia diretamente aos consumidores tem se mostrado mais adequado que o modelo tradicional de placas do próprio consumidor? (Modelo instaurado na ~~Orçada~~ Modelo de instalação de placas solares nas propriedades de clientes) Como surgiu a ideia desse modelo?

Que tipo de impacto socioeconômico a usina trouxe para a região (empregos, desenvolvimento local etc.)?

A preocupação ambiental foi um fator decisivo na implantação da usina ou foi mais um benefício agregado?

Quais são as projeções de crescimento do mercado de energia solar nos próximos anos? O que você espera das futuras políticas públicas e ações governamentais para fortalecer ainda mais o setor?

O que motivou a decisão de investir em energia solar em 2010? A oportunidade de trabalhar no projeto do sistema fotovoltaico do Museu do Amanhã influenciou nessa decisão ou ela surgiu depois do estabelecimento da empresa? Qual foi a importância desse projeto em termos de know-how e projeção da empresa no mercado?