

ABORDAGEM INICIAL SOBRE MINIGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA FINS COMERCIAIS.

Arthur V. D. Sousa¹ Idalmir S. Q. Junior²

Resumo: A energia é crucial para as atividades diárias e industriais, mas muitos desconhecem sua origem e produção, gerando debates sobre suas diferentes fontes e impactos. As fontes de energia se dividem em renováveis (hidrelétrica, solar, eólica) e não renováveis (combustíveis fósseis, energia nuclear). Embora as energias renováveis estejam em crescimento, o mundo ainda depende majoritariamente dos combustíveis fósseis, cujos efeitos negativos sobre o meio ambiente e a sustentabilidade são alarmantes.

No Brasil, a energia solar destaca-se como uma das fontes renováveis mais promissoras, com projeções da ABSOLAR indicando investimentos que poderão ultrapassar R\$ 38,9 bilhões até 2024, criando 281,6 mil empregos e gerando uma receita adicional de R\$ 11,7 bilhões. Espera-se que a capacidade instalada de energia solar alcance 45,5 GW, com uma significativa parte vinda de sistemas menores instalados por consumidores. O artigo detalha a estrutura e funcionamento de instalações solares fotovoltaicas, abordando seus componentes essenciais, como painéis solares, inversores e sistemas de monitoramento. A pesquisa foca na implementação de uma usina solar de 80 kWp, usando modelos de usinas existentes como referência.

A análise financeira indica que a comercialização de energia solar é economicamente viável, mesmo em um sistema de menor escala, com estimativas de faturamento e lucro que superam os rendimentos de aplicações tradicionais, como a poupança. Como conclusão, embora existam desafios regulatórios, a energia solar representa uma oportunidade significativa para a sustentabilidade econômica e ambiental do Brasil.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica; Comercialização; Viabilidade; Lucro.

1. INTRODUÇÃO

A energia é essencial para impulsionar as atividades diárias em todo o mundo, desde tarefas simples, como aquecer água, até processos industriais complexos para a produção de alimentos. No entanto, muitas pessoas desconhecem a origem e os processos de produção da energia que alimenta suas casas e impulsiona suas rotinas diárias. Essa falta de conhecimento tem gerado debates sobre as características e impactos das diferentes fontes de energia (PEREIRA, 2019).

As fontes de energia podem ser categorizadas como renováveis (como hidrelétrica, solar e eólica) e não renováveis (como combustíveis fósseis e energia nuclear). Apesar disso, o mundo ainda depende predominantemente de fontes não renováveis, especialmente petróleo e carvão mineral, para atender às suas necessidades energéticas. No entanto, o uso de combustíveis fósseis é prejudicial à sustentabilidade ambiental, contribuindo para problemas climáticos e representando um risco de esgotamento (SILVA, CARMO, 2017)..

Diante das preocupações com os impactos ambientais da geração de energia por fontes poluentes e da necessidade de redução de custos, o mercado de energia tem explorado e desenvolvido soluções para atender à demanda de forma mais sustentável, embora ainda subutilizada (PEREIRA, 2019)..

A energia solar emergiu como a fonte renovável com maior crescimento e investimento nos últimos anos, em escala mundial. Vale ressaltar que o setor industrial é responsável por uma parcela significativa do consumo total de energia global, excluindo usos não energéticos de combustíveis fósseis.

Dado o seu potencial natural para energia solar, o Brasil se destaca como um país com condições geográficas e climáticas favoráveis para a adoção dessa tecnologia como fonte de energia, além de possuir uma vasta biodiversidade. De acordo com projeções da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), previsões indicam que, até 2024, os novos investimentos provenientes do setor fotovoltaico poderão exceder a marca de R\$ 38,9 bilhões. Esse montante engloba tanto usinas de grande porte quanto sistemas menores instalados em telhados, fachadas e terrenos (PEREIRA, 2019).

De acordo com análises realizadas, a energia solar fotovoltaica tem o potencial de gerar mais de 281,6 mil novos empregos no próximo ano, distribuídos por todas as regiões do Brasil. Além disso, estima-se que essa fonte de energia proporcionará uma receita adicional de mais de R\$ 11,7 bilhões aos cofres públicos.

Conforme as projeções, até 2024, espera-se a adição de mais de 9,3 gigawatts (GW) de capacidade instalada, elevando o total acumulado para mais de 45,5 GW. Essa quantia equivale a mais de três vezes a capacidade da Usina Hidrelétrica de Itaipu e representa um crescimento superior a 26% em relação à capacidade solar atual do país.

Até o final de 2024, dos 45,5 GW acumulados, está previsto que 31 GW serão provenientes de pequenos e médios sistemas instalados por consumidores em residências, pequenos negócios, propriedades rurais e prédios públicos, representando 68% do total da fonte. Enquanto isso, 14,4 GW serão provenientes de grandes usinas solares, compreendendo 32% do total acumulado.

Ronaldo Koloszuk, presidente do Conselho de Administração da ABSOLAR, destaca que a energia solar é um catalisador para o desenvolvimento social, econômico e ambiental do país, gerando empregos, renda, atraindo investimentos, diversificando a matriz elétrica e proporcionando benefícios sistêmicos para todos os cidadãos.

Este artigo tem como objetivo estudar a viabilidade da introdução da minigeração de energia solar fotovoltaica, analisando detalhadamente todos os custos e lucros envolvidos na operação de uma usina solar. A pesquisa foca na análise técnico-econômica da implantação da usina, utilizando um modelo de negócios que propõe a venda de energia elétrica, direcionado a consumidores residenciais e comerciais, além de parcerias com empresas e indústrias. O intuito é oferecer energia a preços competitivos, garantindo eficiência, sustentabilidade e lucro.

2. DESENVOLVIMENTO

Uma instalação solar fotovoltaica geralmente consiste em uma pequena planta de geração de energia elétrica que alimenta a corrente produzida na rede elétrica. Com base nas características da corrente que passa pelos diferentes componentes, a instalação pode ser dividida em duas partes: corrente contínua e corrente alternada como mostra a figura 1.

Em termos de funcionamento, os módulos fotovoltaicos captam a radiação solar e a convertem em corrente elétrica, que é inicialmente contínua. Para utilização, seja para consumo próprio na rede interna do usuário ou para injeção na rede da concessionária, é necessário um inversor ou conjunto de inversores para converter a corrente contínua em corrente alternada.

Quatro elementos são essenciais para o funcionamento de uma instalação fotovoltaica:

1. **Painel Solar:** Constitui a junção dos módulos fotovoltaicos interligados para alcançar a potência de pico determinada para a instalação.
 - **Placa Solar Monocristalina (ou mono-Si)**

Cada célula é composta por um único cristal de silício, através de um processo mais complexo, porém proporcionando uma eficiência geralmente um pouco superior que a das placas policristalinas (SILVA, CARMO, 2017).
 - **Placa Solar Policristalina (ou multi-Si)**

Cada célula é composta por um único cristal de silício, através de um processo mais complexo, porém proporcionando uma eficiência geralmente um pouco superior que a das placas policristalinas. Nessas placas as células são formadas por diversos e não somente um cristal, dando uma aparência de vidro quebrado à célula. Costumam ser um pouco menos eficientes que as monocristalinas (SILVA, CARMO, 2017).
 - **Placa solar de Filme Fino (ou Thin-Film)**

Neste caso, uma fina camada de material é aplicada sobre uma superfície (que pode, inclusive, ser irregular ou até flexível). Geralmente a eficiência é menor, porém o custo também é menor e a flexibilidade de aplicação é bastante diferenciada. As células de filme fino são fabricadas a partir de insumos variados, como o telureto de cádmio (CdTe), o seleneto de cobre gálio índio (CIGS) e o silício amorfo (a-Si) (SILVA, CARMO, 2017).
2. **Quadro elétrico e fiação:** Responsáveis pela interconexão dos módulos, entre o campo do painel e o inversor, e entre o inversor e o ponto de conexão à rede elétrica (SILVA, CARMO, 2017).
3. **Inversor:** Determina a potência nominal do sistema e converte a corrente contínua gerada pelos módulos em corrente alternada para inseri-la na rede elétrica (SILVA, CARMO, 2017).
 - **On-grid**

Dentre os tipos de inversores, esse é o mais utilizado no mundo. Em tradução livre, seu nome significa "conectado à rede". Logo, entendemos que este aparelho é usado para conectar um sistema fotovoltaico sem baterias na rede da residência ou empresa.

- **Off-grid**

Ao contrário do grid-tie, estes inversores são desconectados da rede. Ou seja: foram produzidos para sistemas fotovoltaicos cujo funcionamento independe da rede elétrica. Sua atividade depende de baterias, e esses modelos costumam ser encontrados em regiões onde o acesso à rede elétrica é precária (SILVA, CARMO, 2017).

4. **Monitoramento e medidor de energia:** Registram o desempenho dos principais componentes da instalação solar, facilitando a detecção de falhas e análise de desempenho, entre outras funções.

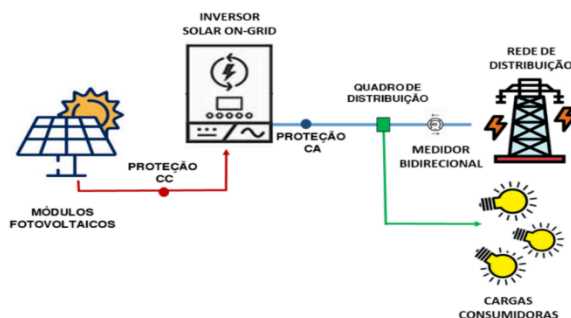


Figura 1. Esquemática do sistema de uma usina solar. (LUZSOLAR.)

A Minigeração de Energia Solar é uma central que gera energia solar fotovoltaica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW. Considerando que a Usina Pau dos Ferros 05 tem uma capacidade total de 80,04 kW, os mesmos equipamentos utilizados na montagem dessa usina serão empregados. (SILVA, CARMO, 2017).

2.1. Custos

O custo de uma usina solar de 80 kWp no Rio Grande do Norte pode variar bastante, mas em média, os preços de instalação ficam entre R\$ 5.000 a R\$ 8.000 por kWp. Portanto, para uma usina de 80 kWp, o custo total poderia variar de R\$ 400.000 a R\$ 640.000 (PAULO BONTORIN, 2020).

Esses valores incluem a compra dos equipamentos (painéis solares, inversores, estrutura de suporte, etc.) e a instalação.

O preço dos módulos fotovoltaicos, apenas os painéis, geralmente varia entre R\$ 300 e R\$ 800 por módulo, dependendo da potência e da marca. Módulos mais potentes, como os de 400 W, tendem a estar na faixa superior a R\$ 1000.

O preço de um inversor fotovoltaico pode variar bastante, mas, em média, os custos ficam entre R\$ 2.000 e R\$ 10.000, dependendo da potência, marca e características, como inversores string ou centrais. Inversores para sistemas maiores tendem a ter um custo mais elevado (PAULO BONTORIN, 2020).

Além dos custos na compra do parque fotovoltaico, também tem que ser considerado os custos obtidos após a instalação.

- **Manutenção Preventiva e Corretiva**

Limpeza dos painéis: Pode custar entre R\$ 1.500 a R\$ 4.000 por ano, dependendo da frequência e da necessidade (ex.: áreas com muita poeira).

Inspeção Técnica: Um serviço anual de inspeção pode custar entre R\$ 1.000 a R\$ 2.500.

- **Monitoramento**

Se você optar por um sistema de monitoramento, isso pode ter um custo mensal de cerca de R\$ 100 a R\$ 300, totalizando R\$ 1.200 a R\$ 3.600 por ano.

- **Seguro**

O seguro para a usina pode variar, mas é razoável estimar entre R\$ 1.000 a R\$ 2.000 por ano, dependendo da cobertura.

- **Taxas de Conexão à Rede**

Se houver taxas associadas ao uso da rede elétrica, esses custos podem variar, mas podem girar em torno de R\$ 500 a R\$ 1.500 anualmente.

- **Impostos**

Dependendo da legislação local, pode haver impostos que variam conforme a geração de energia e a propriedade. É importante verificar as taxas específicas em sua região.

2.2. Comercialização

Fala-se que a energia solar oferece uma solução completa para consumidores residenciais e corporativos de diversos segmentos, desde mercados e lojas até grandes indústrias e instituições, destacando-se que esse tipo de investimento vai muito além da economia. O mercado de energias limpas e renováveis apresenta uma ampla gama de possibilidades de negócios, permitindo a geração de lucro por meio de painéis fotovoltaicos.(PAULO BONTORIN,2020)

Uma das principais oportunidades está na comercialização direta da energia gerada pelo sistema instalado, através do Mercado Livre de Energia. Isso possibilita a negociação e venda dos kWh produzidos para empresas e indústrias, que muitas vezes precisam de certificações de uso de energia limpa para obter licenças e selos de sustentabilidade. Em 2021, 50% da energia renovável produzida no Brasil foi comercializada por esse canal, com um crescimento de 30% em relação ao ano anterior, segundo a Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (Abraceel). A maior parte das compras, 85%, foi realizada por indústrias, demonstrando o interesse crescente do setor secundário por esse modelo de negócio.

No Brasil, o mercado de energia é regulamentado entre consumidores livres, que comprem energia diretamente dos geradores, e consumidores cativos, que adquirem através de concessionárias. Participar do Ambiente de Contratação Livre (ACL) permite que as empresas adquiram energia diretamente de geradores, resultando em economia significativa e descontos nas tarifas de uso do sistema de distribuição.

Os vendedores de energia também têm a chance de negociar valores mais rentáveis em comparação ao que receberiam ao vender para a rede distribuidora, estimulando uma concorrência saudável e oferecendo um excelente custo-benefício para ambos os lados. Para comercializar energia no ACL, é necessário ser autoprodutor ou gerador a partir de usinas solares com demanda entre 500 kW e 3 MW, além de se associar à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). A energia solar, junto com eólica, biomassa e pequenas hidrelétricas, é uma das formas de geração limpa aceitas nesse mercado.(PAULO BONTORIN,2020).

Além disso, é possível lucrar com energia solar participando de leilões organizados pelo Governo Federal, onde se adquire energia da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esses leilões, conduzidos pela CCEE em parceria com a ANEEL, permitem que agentes do setor competem para atender a uma demanda específica, estabelecendo um preço máximo e realizando o leilão online, onde o agente que oferecer o menor preço vence. Existem nove categorias de leilões definidos pela CCEE.

A comercialização de energia ocorre em dois ambientes: o Ambiente de Contratação Livre (ACL) e o Ambiente de Contratação Regulada (ACR). No mercado livre, a concorrência entre geradores e produtores é incentivada, resultando em custos mais baixos. Os contratos são negociados diretamente entre fornecedor e consumidor, permitindo que definam juntos a forma de pagamento, a quantidade de energia, o preço e o prazo. A principal vantagem do mercado livre é que as empresas não são obrigadas a adquirir energia da concessionária local, podendo negociar diretamente com outros fornecedores.(PAULO BONTORIN,2020)

A energia solar, portanto, se destaca como uma opção lucrativa com inúmeras possibilidades de investimento, seja por meio da comercialização da energia produzida ou pela troca de créditos com a concessionária. Independentemente da modalidade escolhida, ela oferece uma solução completa em economia para empresas de diversos segmentos e residências.

A Energias da Natureza se coloca como parceira nessa transformação, oferecendo suporte a quem deseja investir em sistemas de painéis fotovoltaicos e aproveitar os benefícios econômicos gerados pelo sol.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha dos componentes do parque solar foi feita com base nos materiais utilizados na construção na usina solar Caraúbas 04, localizada na ufersa de Caraúbas. Utilizaremos os mesmos, tanto em especificações e quantidades.

3.1. Materiais

- painéis solares.

Tabela 1. Especificações e quantidade dos painéis solares.(Autoria própria.)

Tipo:	Solar Fotovoltaica
Número de Módulos:	196
Fabricante e modelo dos módulos:	TRINA TSM-DE15M(II) 410W
Potência de Pico do Módulo (Wp):	410

Tipo:	Solar Fotovoltaica
Potência de Pico Total (kWp):	80,36
Área do Arranjo (m ²):	393,4

- **Inversores.**

Tabela 2. Especificações e quantidades dos inversores.(Autoria própria.)

Tipo:	Conectado à rede
Número de Inversores:	3
Fabricante e modelo:	GROWATT MID 25 KTL3-X,
Potência (kW):	75 (3 X 25)
Tensão de Operação (Vca):	380 f-f

2.2. Método

Este modelo de negócio propõe a venda de energia elétrica, focando em consumidores residenciais e comerciais, além de parcerias com empresas e indústrias. O objetivo é oferecer energia a preços competitivos, garantindo eficiência e sustentabilidade e lucro.

- **Proposta de Valor da energia**

A concessionária local comercializa o kWh por aproximadamente R\$0,6892, sendo que este valor está incluso a taxa de distribuição da energia e o valor da própria energia. Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) é o valor cobrado pelo transporte de energia, que está no valor de R\$0,39599000, já a tarifa de Energia (TE) está de R\$0,29322000. Para estimarmos o preço final em que iremos comercializar nossa energia, deixaremos o preço da tarifa de uso do sistema de distribuição o mesmo e apenas será alterado o valor da tarifa de energia. Como o objetivo é oferecer um preço competitivo, o valor do TE será 30% inferior ao da concessionária, chegando no valor de R\$0,234576 (TE-30%), o preço final ficará por R\$0,6305.

- **Público-Alvo**

Residencial: Famílias que buscam reduzir suas contas de energia.

Comercial: Pequenos e médios negócios que necessitam de soluções eficientes.

Indústrias: Grandes consumidores de energia que desejam otimizar seus custos operacionais.

3. RESULTADO

Com base nas informações fornecidas, a comercialização de energia solar de 80 kW é um pouco mais complexa. Para operar no Ambiente de Contratação Livre (ACL), é necessário ser um autoprodutor associado à CCEE e ter uma demanda entre 500 kW e 3 MW. Portanto, um sistema de 80 kW não atenderia a esse requisito mínimo.

Entretanto, ainda é possível explorar outras opções, como participar de leilões ou vender energia de forma não direta, dependendo da regulamentação e do modelo de negócio que você escolher. Resumindo, enquanto a venda direta no ACL não é viável para 80 kW, existem outras oportunidades que podem ser consideradas.

Porém considerando que seria permitido, com uma produção de cerca de 140,97 mil kWh por ano (Produção da usina caraúbas 04) e com o preço de R\$ 0,630566 por cada kWh, temos o faturamento (preço de venda x quantidade vendida) de R\$88,819 mil por ano e o lucro (faturamento - custos) de R\$ 75,219 mil por ano, possuindo assim um rendimento de 11,75% ao ano. Como a taxa Selic está em 10,50% e taxa referencial (TR), que varia diariamente, está em 1,01% nos últimos 12 meses (dados de julho/24), o rendimento anual da poupança estaria hoje em 7,62% nos últimos 12 meses (LEONARDO CRUZ, 2024).

Sendo assim todo o investimento será pago em aproximadamente 8,5 anos e tendo o rendimento anual de 4,13% superior ao rendimento da poupança. Tornando-se um negócio viável.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]PEREIRA, N. X. Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada. 2019. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181288/pereira_nx_me_soro.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em 15 out. 2024.
- [2]SILVA, Rayssa G., CARMO, Marlon José do. Energia solar fotovoltaica: uma proposta para melhoria da

- gestão energética. InterSciencePlace – International Scientific Journal, v. 12, n. 2, p. 129-173, 2017. Disponível em: <http://www.interscienceplace.org/isp/index.php/isp/article/view/649>. Acesso em: 15 out. 2024.
- [3] PAULO BONTORIN. Saiba como vender energia solar | Gazeta do Povo. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/conteudo-publicitario/kng-solar/como-vender-energia-solar/>. Acesso em: 15 out. 2024.
- [4] Quanto rende R\$ 100 mil na Poupança em 2024? | Exponencial. Disponível em: https://www.creditas.com/exponencial/quanto-rende-100-mil-na-poupanca/?utm_campaign=>.
- [5] Energia solar deverá trazer novos investimentos ao Brasil em 2024 - ABSOLAR. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-devera-trazer-novos-investimentos-ao-brasil-em-2024/>>. Acesso em: 15 out. 2024.
- [6] Usinas Solares da UFERSA | Geração de Energia Elétrica. Disponível em: <https://usinasolar.ufersa.edu.br/geracao-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 15 out. 2024.
- [7] AWC. Monitorar Caraúbas 04 - Bl. Docentes I. Disponível em: <https://my.solarview.com.br/monitoramento-unidade-publica/32583?und=162940>>. Acesso em: 15 out. 2024.
- [8] Gerador de Energia Solar: tipos, benefícios e preços. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/gerador-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 15 out. 2024.
- [9] Procedimentos de Comercialização - CCEE. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/mercado/procedimentos-de-comercializacao>>. Acesso em: 15 out. 2024.
- [10] FUNDAMENTOS, E. Painéis Solares Fotovoltaicos. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://meridapublishers.com/112paineis/112paineis.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2024.
- SBPE - Sociedade Brasileira de Planejamento Energético | Revista Brasileira de Energia. sbpe.org.br, [s.d.].