

AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ÁREAS RURAIS: A APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO E GERAÇÃO ELÉTRICA

MARQUES, Michael da Costa¹
TEIXEIRA, Wesley Carminat²
MAGRI, Luiz Paulo³
NOGUEIRA, Fernando José⁴

Linha de pesquisa: Sistemas De Energia Elétrica,

RESUMO

Este projeto propõe a implantação de um sistema de energia solar em uma fazenda sem acesso à rede elétrica convencional, com o objetivo de torná-la energeticamente autossuficiente. A iniciativa contempla a instalação de coletores solares para aquecimento de água e painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica. Por meio de um estudo de caso, serão analisados os impactos positivos do uso da energia solar na qualidade de vida dos moradores, destacando a redução de custos e a promoção de um estilo de vida mais sustentável. O trabalho também abordará os principais desafios na implementação de tecnologias renováveis em áreas remotas e apresentará estratégias para superá-los, visando incentivar a disseminação dessas soluções em contextos semelhantes. Este projeto consiste apenas na apresentação de uma solução viável, sem se aprofundar no dimensionamento técnico dos sistemas propostos. O projeto busca, assim, inspirar proprietários rurais e demais consumidores a adotarem práticas sustentáveis que aliem benefícios econômicos e ambientais.

Palavras-chave: Sustentabilidade rural. Aquecimento solar de água. Painéis fotovoltaicos. Viabilidade econômica.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia

² Professor do curso de Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

³ Professor do curso de Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

⁴ Professor do curso de Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a busca por fontes de energia renováveis e sustentáveis tem se intensificado, impulsionada por preocupações ambientais crescentes e pela necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Nesse cenário, o aquecimento solar desponta como uma solução eficaz e acessível, especialmente em regiões remotas que ainda carecem de infraestrutura elétrica adequada.

Este trabalho propõe a implementação de um sistema de aquecimento solar de água em uma fazenda sem acesso à rede elétrica, aliando essa tecnologia à instalação de painéis solares fotovoltaicos para a geração de energia elétrica. A escolha de uma propriedade rural como estudo de caso reforça a relevância da energia solar em locais onde a eletrificação representa um desafio técnico e econômico significativo.

A instalação de sistemas solares permitirá não apenas o aquecimento de água para consumo e atividades cotidianas, mas também a geração de eletricidade, promovendo a autossuficiência energética da propriedade. Tal abordagem proporciona benefícios econômicos, com a redução de custos operacionais, e ambientais, com a diminuição da pegada de carbono, além de contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos moradores.

Neste trabalho de conclusão de curso, serão discutidos a viabilidade técnica e econômica do projeto, os benefícios ambientais envolvidos, os desafios encontrados na implementação de sistemas solares em áreas rurais e as estratégias para superá-los. O objetivo é apresentar um modelo replicável que possa servir de inspiração para outros proprietários rurais e comunidades interessadas em adotar soluções energéticas sustentáveis, colaborando para um futuro mais verde, resiliente e autônomo.

1.1 MOTIVAÇÃO

A motivação para a implementação de sistemas de aquecimento solar em uma fazenda sem acesso à energia elétrica nasce da necessidade urgente de encontrar alternativas energéticas que sejam, ao mesmo tempo, sustentáveis, acessíveis e adaptáveis à realidade rural. Em um mundo cada vez mais afetado pelas mudanças climáticas e pela escassez de recursos naturais, torna-se imperativo adotar soluções

que atendam às necessidades atuais sem comprometer o bem-estar das gerações futuras.

Em áreas rurais, a ausência de infraestrutura elétrica compromete o acesso a serviços básicos e dificulta o desenvolvimento econômico e social. A adoção de tecnologias baseadas em energia solar permite transformar essa realidade, oferecendo aos moradores maior conforto, autonomia e qualidade de vida. O aquecimento solar, por exemplo, é uma forma eficiente de suprir a demanda por água quente, enquanto os sistemas fotovoltaicos viabilizam a produção local de eletricidade.

Além disso, o crescente interesse por práticas sustentáveis e pela eficiência energética impulsiona a busca por alternativas que utilizem os recursos naturais de maneira responsável. Este projeto tem como propósito não apenas apresentar uma proposta viável e econômica para o uso da energia solar em áreas isoladas, mas também incentivar outras comunidades a explorarem soluções semelhantes. A motivação, portanto, é coletiva: contribuir para um futuro mais sustentável, justo e resiliente.

1.2 OBJETIVOS DO PROJETO

Diante da crescente necessidade de promover o uso de fontes renováveis de energia, especialmente em regiões onde o acesso à eletricidade é limitado, este projeto propõe uma análise abrangente sobre a viabilidade da utilização de sistemas solares em áreas rurais. A seguir, são apresentados os objetivos específicos que nortearão o desenvolvimento do estudo, contemplando aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais relacionados à implementação dessas tecnologias sustentáveis.

a) Avaliar a viabilidade técnica da instalação de sistemas de aquecimento solar de água e geração fotovoltaica em áreas rurais com infraestrutura elétrica limitada ou inexistente;

b) Realizar um estudo de caso com base em uma fazenda localizada em Juiz de Fora (MG), analisando o perfil de consumo e as condições estruturais para a instalação dos equipamentos;

- c) Estimar os custos de implantação, operação e manutenção dos sistemas solares propostos;
- d) Investigar os benefícios ambientais associados à substituição de fontes energéticas não renováveis por tecnologias limpas e sustentáveis;
- e) Identificar os principais desafios enfrentados na implementação de sistemas solares em contextos rurais e propor estratégias para superá-los;
- f) Demonstrar o impacto social e econômico da geração de energia renovável na vida dos moradores da propriedade, com ênfase na melhoria do conforto, autonomia e sustentabilidade.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis seções principais, com o objetivo de facilitar a compreensão dos temas abordados e apresentar o conteúdo de maneira lógica e progressiva.

Na primeira seção, são introduzidos o contexto do estudo, a motivação do projeto, os objetivos propostos e a estrutura geral do trabalho.

A segunda seção traça um panorama histórico da energia solar, destacando sua evolução ao longo do tempo e sua crescente relevância no cenário energético global.

A terceira seção explora a inserção da energia solar no Brasil, com foco na aplicação em residências e no crescimento dessa tecnologia no país nos últimos anos.

A quarta seção é dedicada ao estudo de caso realizado em uma fazenda localizada em Juiz de Fora (MG). Nela, são apresentados o funcionamento dos sistemas propostos, a motivação para a escolha do local, imagens ilustrativas da propriedade, a execução prática do projeto, bem como o detalhamento das etapas de implementação, dos sistemas utilizados, das metodologias adotadas e do levantamento de custos.

Por fim, a quinta seção reúne as considerações finais, sintetizando os principais pontos discutidos ao longo do trabalho, destacando os resultados obtidos, as contribuições do estudo e oferecendo recomendações para futuras iniciativas.

2 A TRAJETÓRIA DA ENERGIA SOLAR

A energia solar tem se destacado como uma das fontes mais promissoras de energia limpa e renovável do século XXI. Seu desenvolvimento acompanha a crescente necessidade global por alternativas sustentáveis aos combustíveis fósseis, contribuindo diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o enfrentamento das mudanças climáticas. Para compreender a importância e o papel atual dessa tecnologia, é essencial analisar seu panorama histórico, tanto em escala mundial quanto no contexto brasileiro. A seguir, serão abordados os principais marcos e avanços da energia solar desde seus usos mais primitivos até sua consolidação como uma das principais fontes da matriz energética contemporânea.

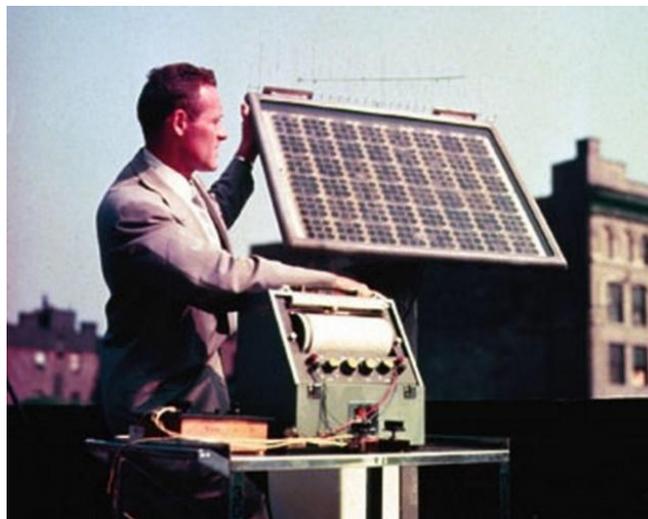
2.1 NO MUNDO

A utilização da energia solar remonta à Antiguidade, quando civilizações como os egípcios, gregos e romanos já compreendiam a importância do Sol como fonte de calor. Essas culturas faziam uso passivo da luz solar ao projetar construções com aberturas voltadas para o sol, com o objetivo de aquecer ambientes e conservar alimentos (Portal Solar, 2023). Essas práticas são consideradas os primeiros passos na utilização da energia solar térmica, baseada no aproveitamento direto do calor do sol.

O grande marco científico na história da energia solar ocorreu em 1839, quando o físico francês Alexandre Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico — fenômeno que permite a conversão direta da luz solar em eletricidade. Essa descoberta serviu como ponto de partida para o desenvolvimento das primeiras células solares (Canal Solar, 2021).

Ainda segundo o Canal Solar (2021), somente em 1954, pesquisadores dos Laboratórios Bell, nos Estados Unidos, criaram a primeira célula solar de silício (Figura 1) com capacidade significativa de conversão energética, marco reconhecido como o nascimento da energia solar fotovoltaica moderna.

FIGURA 1 – Imagens Das Primeiras Instalações De Placa Solar



Fonte: Portal Solar, s.d.⁵

Durante a crise do petróleo nos anos 1970, a energia solar passou a ganhar maior atenção por parte de governos e da indústria, sendo vista como uma alternativa estratégica à dependência dos combustíveis fósseis. Na época, começaram a surgir os primeiros sistemas fotovoltaicos conectados a redes isoladas, especialmente em áreas remotas e ilhas (ABSOLAR, 2024).

Com o avanço das tecnologias e a crescente preocupação com as mudanças climáticas, segundo a ABSOLAR (2024), especialistas estimam que até 2050 a energia solar terá papel central na matriz elétrica global, contribuindo significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o cumprimento das metas do Acordo de Paris.

2.2 NO BRASIL

No Brasil, os primeiros usos significativos da energia solar ocorreram nas décadas de 1970 e 1980, com a instalação de sistemas térmicos para aquecimento de água, voltados principalmente para edifícios residenciais e comerciais. O interesse

⁵ Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar>. Acesso em: 04 jun. 2025.

pela energia solar foi impulsionado pela crise do petróleo de 1973, que levou o país a buscar alternativas energéticas diante da escassez de combustíveis fósseis (Portal Solar, 2023).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2024), os primeiros projetos fotovoltaicos brasileiros foram implementados em comunidades isoladas da região amazônica, com o objetivo de fornecer eletricidade a áreas sem acesso à rede elétrica convencional.

Apesar de possuir um dos maiores potenciais solares do planeta, o Brasil demorou a incorporar efetivamente a geração fotovoltaica à sua matriz energética. A mudança significativa ocorreu apenas em 2012, com a publicação da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, que regulamentou a geração distribuída no país. A nova norma permitiu que consumidores gerassem sua própria energia solar e injetassem o excedente na rede (ANEEL, 2023).

A partir de 2015, o setor fotovoltaico passou a registrar crescimento acelerado, impulsionado pela redução dos preços dos equipamentos, incentivos governamentais e linhas de financiamento facilitadas. Em 2024, o Brasil ultrapassou a marca de 40 GW de capacidade instalada, posicionando-se entre os países que mais investem em energia solar no mundo (ABSOLAR, 2024).

Embora o crescimento seja expressivo, o setor ainda enfrenta desafios importantes, como a elevada carga tributária, a ausência de infraestrutura adequada de armazenamento e a instabilidade regulatória. No entanto, de acordo com a ABSOLAR (2024), as perspectivas são promissoras: estima-se que até 2030, a energia solar represente mais de 20% da matriz elétrica brasileira.

3 FUNCIONAMENTO DA ENERGIA SOLAR

A energia solar pode ser aproveitada de diferentes formas, e existem três principais tipos de tecnologias para utilizá-la de maneira eficiente. São elas:

3.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

De acordo com a ABSOLAR, o efeito fotovoltaico pode ser descrito de forma simples como o surgimento de uma corrente elétrica dentro de um material semicondutor quando este é exposto às partículas de energia (fótons) da radiação eletromagnética (luz).

As placas solares (módulos fotovoltaicos) são compostas por dezenas de células fotovoltaicas fabricadas a partir de materiais semicondutores, sendo o silício (Si) o mais comum.

Quando a luz do sol incide sobre a placa solar, os fótons energizam os elétrons dos átomos de silício das células solares, fazendo com que eles se desloquem pelas diferentes camadas do dispositivo e criem a corrente elétrica contínua, que é conhecida como energia fotovoltaica. O funcionamento básico dessa tecnologia visa transformar a luz do sol diretamente em eletricidade, que pode ser utilizada para abastecer casas, empresas, propriedades rurais, indústrias ou qualquer outro tipo de estabelecimento.

Os sistemas fotovoltaicos dependem de dois principais equipamentos: o painel solar, que transforma a luz em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico, e o inversor solar, que adapta a corrente elétrica (de CC para CA) gerada pelo painel para que ela possa ser distribuída, utilizada ou armazenada.

Existem três tipos de sistemas de energia solar fotovoltaica, que embora produzam eletricidade de forma semelhante, operam de maneira diferente no que diz respeito ao gerenciamento da energia gerada:

- Sistema fotovoltaico conectado à rede (*Ongrid*);
- Sistema fotovoltaico isolado ou autônomo (*Offgrid*), que é o modelo utilizado em locais sem acesso à rede elétrica;
- Gerador fotovoltaico híbrido, que combina as características do sistema *Ongrid* e *Offgrid*, permitindo a operação simultânea na rede elétrica e o uso de baterias para armazenamento.

Os sistemas fotovoltaicos (Figura 2) *Ongrid* estão conectados à rede elétrica, a qual recebe o excedente de energia produzido durante o dia e fornece eletricidade à noite. Já os sistemas fotovoltaicos *Offgrid* são isolados da rede e dependem de baterias para armazenar a energia gerada durante o dia e utilizá-la à noite. Os

sistemas híbridos, por sua vez, operam tanto na rede quanto com baterias de armazenamento, o que os torna uma solução mais flexível para diferentes necessidades energéticas.

FIGURA 2 – Painéis Solares



Fonte: Portal Solar, s.d.⁶

O sistema de energia solar, também conhecido como kit fotovoltaico, é um conjunto de equipamentos necessários para converter a luz do Sol em energia elétrica para uso de um imóvel. Ele é composto por:

- Painéis solares;
- Inversor solar;
- *String box*;
- Sistema de fixação;
- Conectores e cabamentos

3.1.1 Sistema Fotovoltaico *Ongrid*

Veja o passo a passo do funcionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede (*Ongrid*) representado na Figura 3 (Portal Solar, s.d.):

⁶ Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/equipamentos-fv/veja-as-principais-marcas-de-paineis-solares-e-inversores-no-brasil-em-2024>. Acesso em: 04 jun. 2025.

FIGURA 3 – Sistema Fotovoltaico *Ongrid*

Fonte: Portal Solar, s.d.⁷

Detalhamento de cada uma das etapas (Portal Solar, s.d.):

1. O painel solar capta a luz e converte em eletricidade.

Ao ser exposto à luz solar, o painel solar fotovoltaico, instalado no telhado, gera energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Ele é composto por módulos fotovoltaicos conectados entre si. O número de painéis necessários é determinado pelo consumo de energia que precisa ser atendido em cada projeto. Portanto, quanto maior o painel solar, mais módulos fotovoltaicos ele contém e maior é a quantidade de energia que pode gerar.

2. O inversor fotovoltaico converte a energia elétrica.

Antes de ser utilizada, a energia gerada pelo painel solar precisa passar pelo inversor fotovoltaico, que ajusta a corrente elétrica ao formato adequado para a rede elétrica, convertendo-a de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). É o inversor solar que torna a eletricidade gerada pelo painel fotovoltaico compatível para alimentar aparelhos como televisores, computadores, eletrodomésticos e outros dispositivos elétricos da sua residência ou empresa.

⁷ Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html>. Acesso em: 05 jun. 2025.

3. A energia chega ao quadro de distribuição e é distribuída pelo imóvel.

A eletricidade que sai do inversor solar segue para o quadro de distribuição, onde é encaminhada para suprir as necessidades de consumo do imóvel. Como a energia é gerada pelo próprio sistema, não há custos para utilizá-la. Isso significa que você pode usá-la como alternativa à energia comprada da distribuidora, reduzindo os gastos com a conta de luz. Um sistema fotovoltaico pode cobrir todo o consumo de energia de um imóvel, seja em residências pequenas ou grandes empresas e indústrias. No entanto, é necessário que o sistema seja dimensionado conforme o consumo e as características do imóvel, além de levar em consideração as condições climáticas da região. O ideal é buscar orçamentos com empresas especializadas que realizam a análise do local e coletam os dados necessários para o projeto do sistema fotovoltaico.

4. A energia abastece as luzes e dispositivos elétricos do imóvel.

A eletricidade gerada pelo sistema fotovoltaico é capaz de atender diversas necessidades elétricas de uma casa ou empresa, desde iluminação e sistemas de ar-condicionado até aparelhos como televisores, computadores, aparelhos de som e outros dispositivos conectados à rede elétrica.

5. O excesso de energia é enviado para a rede elétrica, gerando créditos.

Durante o dia, o painel solar fotovoltaico costuma produzir mais energia do que o consumo do imóvel naquele período. Nos sistemas fotovoltaicos *Ongrid*, o excedente de energia é enviado para a rede elétrica. Quando o sistema é instalado, o antigo medidor de luz é trocado por um modelo bidirecional, que mede tanto a energia que você consome quanto a que você envia para a rede. Assim, a distribuidora monitora, mensalmente, a quantidade de energia que você injetou na rede, bem como o que você consumiu dela, especialmente durante a noite ou em dia com menos luz solar, quando a produção de energia do painel é menor. A eletricidade que você envia para a rede gera créditos de energia para você. Cada quilowatt-hora (kWh) injetado na rede equivale a um crédito de energia que pode ser utilizado para compensar o consumo da rede. A distribuidora detalha na fatura mensal os créditos gerados e consumidos, incluindo qualquer saldo remanescente, que pode ser utilizado por até 60 meses. Quando o sistema fotovoltaico é dimensionado para cobrir toda a demanda elétrica do imóvel, os créditos gerados durante o mês podem compensar totalmente o

consumo de energia da distribuidora, permitindo uma economia de até 95% na fatura de energia elétrica. Em outras palavras: você gera energia limpa a partir da luz solar e reduz significativamente sua conta de luz. Os créditos de energia são regulados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para o setor de Geração Distribuída (GD), com regras específicas de compensação para cada tipo de consumidor (residencial, comercial ou industrial).

3.1.2 Sistema Fotovoltaico *Offgrid*

Segundo o Portal Solar (s.d.), os sistemas de energia solar fotovoltaica *Offgrid* (Figura 4), também conhecidos como sistemas autônomos, operam com baterias que acumulam a energia gerada durante o dia para ser utilizada à noite, sem a necessidade de conexão com a rede elétrica, ou seja, um sistema fotovoltaico *Offgrid* é capaz de suprir completamente o consumo de energia de uma casa ou empresa, mesmo quando a luz solar não está disponível, podendo ser instalado até em locais sem acesso à rede elétrica.

Além disso, a adoção de sistemas solares *Offgrid* é especialmente vantajosa em áreas isoladas, funcionando como uma alternativa mais econômica e sustentável aos geradores a diesel tradicionais.

Esses sistemas fotovoltaicos *Offgrid* utilizam um controlador de carga, que regula o processo de armazenamento de energia nas baterias provenientes do painel solar. Em seguida, o inversor retira a energia das baterias e converte a corrente para que ela seja utilizada no abastecimento do consumo elétrico.

FIGURA 4 – Sistema Fotovoltaico *Offgrid*


Fonte: *Energy Solver*, s.d.⁸

3.1.3 Sistema Fotovoltaico Híbrido

Em conformidade com o Portal Solar (s.d.), os sistemas fotovoltaicos híbridos (Figura 5) são uma junção das configurações *Ongrid* e *Offgrid*. Eles funcionam conectados à rede elétrica, injetando ou puxando energia dela, mas também contam com bateria para armazenar parte da energia que é utilizada quando o sistema opera isolado da rede.

Para isso, os sistemas fotovoltaicos híbridos precisam utilizar dois inversores, um do tipo *Ongrid* e outro do tipo *Offgrid*, ou então, um inversor híbrido que consiga operar nas duas configurações de maneira alternada.

Ou seja, um sistema híbrido de energia solar fotovoltaica que está operando junto à rede pode, a qualquer momento, passar a operar na configuração *Offgrid*, utilizando a energia da bateria para suprir o consumo do imóvel, como em casos de interrupção no fornecimento da distribuidora, por exemplo.

⁸ Disponível em: <https://www.energysolver.com.br/single-post/sistema-Offgrid>. Acesso em: 05 jun. 2025.

FIGURA 5 – Sistema Fotovoltaico Híbrido


Fonte: Oca Solar Energia, s.d.⁹

3.2 ENERGIA SOLAR TÉRMICA (OU ENERGIA SOLAR DE AQUECIMENTO)

Pela ótica do Portal Solar (s.d.), os sistemas de energia solar térmica (Figura 6) funcionam a partir de placas (coletores) que captam o calor da radiação solar e o transferem para aquecer água, a qual é armazenada em reservatórios térmicos (acumulador solar) para ser utilizada posteriormente.

A energia térmica funciona da seguinte forma:

1. Coletores solares térmicos instalados sobre o telhado captam o calor da radiação solar e o transferem para aquecer a água em seu interior;
2. A água é transportada para um reservatório térmico (acumulador solar);
3. Durante a noite, a água quente armazenada no acumulador solar é utilizada.

⁹ Disponível em: <https://www.ocaenergia.com/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/>. Acesso em: 05 jun. 2025.

A tecnologia dos aquecedores solares é bem difundida no Brasil, utilizada principalmente em residências para substituir o uso de aquecedores elétricos de chuveiros.

O número de coletores e o tamanho do reservatório térmico de um aquecedor solar são definidos de acordo com o volume de água quente utilizada na residência.

FIGURA 6 – Sistema De Energia Térmica



Fonte: Portal Solar, s.d.¹⁰

3.3 ENERGIA SOLAR CONCENTRADA (CSP – *CONCENTRATED SOLAR POWER*)

Conforme com o Portal Solar (s.d.), a energia heliotérmica (também conhecida como energia solar concentrada ou CSP, do inglês *Concentrated Solar Power*) funciona a partir de espelhos (ou heliostatos) que captam e concentram a luz solar até um receptor. O calor dessa radiação aquece o líquido dentro do receptor até sua ebulição, gerando vapor que, por sua vez, alimenta as turbinas para a geração de eletricidade.

A energia heliotérmica é, portanto, uma forma indireta de gerar eletricidade a partir da energia solar. Ela é utilizada por meio de grandes usinas, chamadas termoelétricas solares, que utilizam centenas ou até milhares de espelhos.

¹⁰ Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html>. Acesso em: 05 jun. 2025.

Veja detalhadamente como funciona a energia heliotérmica:

1. Os espelhos (ou heliostatos) acompanham o movimento do sol, refletindo sua luz e concentrando-a em um ponto específico;
2. Neste ponto, é posicionado um receptor, onde um fluido térmico será aquecido;
3. O calor dos raios solares concentrados aquece o líquido no interior do receptor, criando vapor;
4. O vapor gerado é então direcionado por tubulações até o ponto de alimentação das turbinas elétricas;
5. Na última etapa, a usina heliotérmica funciona como uma termoelétrica convencional, com as turbinas alimentando o gerador, que transforma energia mecânica em energia elétrica.

4 O PROJETO

O projeto de implementação de um sistema fotovoltaico tem como objetivo modernizar a infraestrutura de uma propriedade rural. A iniciativa busca integrar soluções tecnológicas sustentáveis para suprir as necessidades energéticas da fazenda, promovendo maior autonomia, conforto e qualidade de vida aos seus moradores, enquanto preserva as características e o ambiente rural do local.

4.1 DETALHAMENTO DA PROPRIEDADE

A seleção do local para a implementação do sistema fotovoltaico foi fundamentada em critérios técnicos, levando em consideração as condições estruturais e ambientais da propriedade rural situada no granjeamento de Dias Tavares, um bairro rural da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais (Figura 7).

FIGURA 7 – Estrada De Chão Que Leva Para A Chácara Em Dias Tavares



Fonte: Próprio Autor, 2025.

A propriedade, tradicionalmente utilizada como espaço de convivência e lazer, apresenta um ambiente isolado da agitação urbana, proporcionando características que favorecem o aproveitamento de fontes de energia alternativas. A ausência de conectividade telefônica e a inexistência de acesso à rede elétrica convencional evidenciam as limitações estruturais do local, que frequentemente depende de geradores para atender às necessidades energéticas.

Além disso, as condições de vida na fazenda, embora simples (Figuras 8 e 9), mantêm uma forte integração com a natureza, o que pode influenciar diretamente nas escolhas relacionadas ao uso de tecnologias sustentáveis. O aquecimento de água, por exemplo, é realizado por meio de fogão a lenha, uma prática tradicional, embora com limitações para atender plenamente às necessidades contemporâneas.

FIGURA 8 – Vista da casa e da área de lazer



Fonte: Próprio Autor, 2025.

FIGURA 9 – Vista da parte frontal da casa



Fonte: Próprio Autor, 2025.

Neste contexto, a implementação do sistema fotovoltaico visa não apenas fornecer maior autonomia energética à propriedade, mas também melhorar as condições de conforto, segurança e qualidade de vida dos moradores. A proposta contempla a modernização da infraestrutura local, preservando as características do ambiente rural, enquanto promove a utilização de fontes de energia renováveis e sustentáveis.

4.2 NECESSIDADES DOS MORADORES DA CHÁCARA

Foram identificadas as seguintes necessidades e justificativas para a adoção de um sistema de energia solar *Offgrid* na propriedade:

1. Independência Energética e Sustentabilidade

Devido à inexistência de fornecimento da Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) e à distância da rede elétrica, os moradores da chácara manifestaram a necessidade de maior autonomia no abastecimento de energia. A instalação de um sistema fotovoltaico *Offgrid*, capaz de operar de forma totalmente independente da rede pública, surge como a solução ideal. Além da geração elétrica, o sistema também contempla aquecimento de água por meio de energia solar térmica, garantindo conforto e funcionalidade em uma região onde o acesso a infraestrutura básica é limitado.

2. Benefícios Econômicos

Antes da adoção de qualquer sistema renovável, a chácara enfrentava altos gastos com combustível para geradores a diesel — alternativa comum, porém cara e poluente. A implantação do sistema solar representa um investimento inicial significativo, mas que, ao longo do tempo, se converte em economia, já que a energia solar, uma vez instalada, não tem custo adicional. Para os moradores, isso representa alívio financeiro e previsibilidade orçamentária, fundamentais para a gestão da propriedade rural.

3. Eficiência Energética no Campo

A rotina da chácara exige o uso contínuo de energia para atividades como irrigação, bombeamento de água, iluminação de áreas externas, funcionamento de eletrodomésticos e manutenção de pequenos equipamentos agrícolas. O sistema fotovoltaico foi projetado para atender essas demandas de forma eficiente, reduzindo

a dependência de fontes poluentes e instáveis. A geração local de energia garante o funcionamento regular das atividades, mesmo em períodos prolongados sem fornecimento externo.

4. Aquecimento de Água com Energia Solar Térmica

Além da geração elétrica, os moradores apontaram a necessidade de aquecimento de água para uso doméstico, higiene pessoal, banhos de animais e limpeza de utensílios agrícolas. O sistema solar térmico, instalado na propriedade, atende plenamente essas demandas ao utilizar a radiação solar para o aquecimento direto da água, sem consumo adicional de energia elétrica. Isso garante conforto, higiene e eficiência energética, mesmo em períodos de maior consumo.

5. Sustentabilidade Ambiental

Os moradores da chácara demonstram preocupação com a preservação do meio ambiente e com práticas sustentáveis. A adoção de sistemas solares, tanto fotovoltaicos quanto térmicos, contribui diretamente para a redução da emissão de gases poluentes, elimina o uso de combustíveis fósseis como o diesel e promove o uso consciente dos recursos naturais. Isso está alinhado com os valores dos proprietários e com os princípios de uma produção agrícola mais limpa e responsável.

6. Instabilidade e Inexistência da Rede Elétrica

Um fator determinante na decisão dos moradores foi a inexistência de energia elétrica na região. A alternativa de estender a rede da Cemig até a propriedade era financeiramente inviável e logisticamente complexa. A adoção do sistema solar *Offgrid* oferece uma solução prática, autônoma e de rápida implementação, garantindo um fornecimento contínuo e estável de energia para todas as necessidades da chácara.

7. Potencial de Expansão e Autossuficiência

Outro ponto avaliado foi a possibilidade de crescimento da propriedade e o aumento gradual do consumo de energia. Os moradores buscaram uma solução que permitisse ampliação futura de forma simples e econômica. O sistema fotovoltaico foi projetado com essa flexibilidade, possibilitando a adição de novos módulos conforme a demanda crescer. O mesmo vale para o sistema de aquecimento térmico, que pode ser dimensionado de acordo com a sazonalidade e necessidades específicas da família e das atividades agropecuárias.

4.3 DETALHAMENTO DO PROJETO

4.3.1 Instalação do Sistema Fotovoltaico *Offgrid*

Instalar um sistema fotovoltaico *Offgrid* em uma fazenda, ou seja, um sistema independente da rede elétrica, envolve a escolha e a instalação de diversos componentes que permitem gerar e armazenar energia solar para consumo próprio.

1. Painéis Solares (Módulos Fotovoltaicos)

- **Função:** São os responsáveis por captar a luz do sol e transformá-la em eletricidade e essa energia gerada será usada para alimentar o sistema de aquecimento de água.
- **Quantidade e Potência:** O número de painéis dependerá da quantidade de energia que a fazenda consome diariamente, da eficiência dos módulos e vai depender do consumo de energia necessário para aquecer a água na fazenda. Normalmente, usa-se painéis monocristalinos por serem mais eficientes, mas há outras opções como os policristalinos. O número de módulos deve ser calculado de acordo com a quantidade de água a ser aquecida e o espaço disponível.

2. Inversor Solar *Offgrid*

- **Função:** O inversor é responsável por converter a energia gerada pelos painéis solares (corrente contínua - CC) em eletricidade (corrente alternada - CA), que é o tipo de energia utilizado para alimentar os aparelhos da fazenda.
- **Características:** O inversor deve ser adequado para a potência do sistema e compatível com as baterias e os painéis solares. Ele também deve ter capacidade de gerenciar a carga de uma fazenda. O inversor deve ser dimensionado para a carga total do sistema de aquecimento de água, além de outros equipamentos que possam ser alimentados pela energia solar na fazenda.

3. Baterias de Armazenamento

- **Função:** Como o sistema fotovoltaico só gera energia durante o dia, as baterias armazenam a eletricidade gerada para ser utilizada à noite ou em dias nublados.

- Tipos: Existem baterias de íon de lítio (mais caras, mas mais eficientes e duráveis) e de chumbo-ácido (mais acessíveis, mas exigem mais manutenção).
- Dimensionamento: A quantidade de baterias dependerá do consumo diário de energia da fazenda e do tempo que o sistema deve funcionar sem sol. O número de baterias dependerá do consumo de energia para o aquecimento de água e do tempo de autonomia necessário para garantir água quente durante a noite ou em dia com baixa incidência solar.

4. Controlador de Carga

- Função: O controlador de carga é responsável por gerenciar a carga das baterias, protegendo-as de sobrecarga e descarga excessiva. Ele garante que a bateria seja carregada corretamente, aumentando sua vida útil.
- Tipos: Os controladores podem ser PWM¹¹ (menos eficientes, mais baratos) ou MPPT¹² (mais eficientes, porém mais caros).

5. Estruturas de Fixação

- Função: As estruturas de fixação são usadas para instalar os painéis solares de forma segura e ajustada ao ângulo ideal para captar a maior quantidade de luz solar.
- Características: As estruturas devem ser resistentes às condições climáticas, como chuva e vento, e feitas de materiais duráveis, como aço inoxidável ou alumínio.

6. Cabos e Conectores

- Função: Os cabos fazem a ligação entre os diferentes componentes do sistema, como os painéis solares, inversores e baterias. Já os conectores são usados para fazer as conexões de forma segura.
- Tipos: Os cabos devem ser de cobre ou alumínio e possuir isolamento adequado para uso externo, garantindo a segurança do sistema.

¹¹ *Pulse Width Modulation*. Disponível em: <https://blog.minhacasasolar.com.br/controladores-de-carga/>. Acesso em: 01 jul. 2025.

¹² *Maximum Power Point Tracking*. Disponível em: <https://blog.minhacasasolar.com.br/controladores-de-carga/>. Acesso em: 01 jul. 2025.

7. Caixa de Proteção (*String Box*)

- Função: A caixa de proteção, ou *string box*, organiza as conexões entre os módulos solares e o inversor e oferece proteção contra falhas elétricas, como sobrecargas e curto-circuitos.
- Importância: Ela ajuda a otimizar o sistema e aumentar a segurança.

8. Sistema de Aterramento

- Função: O sistema de aterramento garante que o sistema fotovoltaico esteja seguro contra surtos elétricos e outras falhas, protegendo os usuários e os equipamentos de choques elétricos.

4.3.2 Instalação do Sistema De Aquecimento Solar Térmico Para Água

Para instalar um sistema de aquecimento de água utilizando energia solar fotovoltaica em uma fazenda com configuração *Offgrid*, é necessário montar uma infraestrutura adequada para captar a energia solar, aquecer a água e armazená-la em um reservatório térmico.

A seguir, estão os principais materiais e equipamentos necessários para a instalação:

1. Aquecedor Solar de Água (Sistema Térmico)

- Função: Utiliza diretamente a radiação solar para o aquecimento da água, sem necessidade de conversão em energia elétrica.
- Componentes:
 - Coletores solares térmicos: Instalados no telhado ou em local com boa exposição solar, esses coletores absorvem a energia do sol e transferem o calor para a água.
 - Reservatório térmico (boiler): Responsável por armazenar a água aquecida em um compartimento isolado termicamente, garantindo sua disponibilidade e conservação da temperatura para uso posterior.

2. Reservatório de Água

- Função: Armazena a água quente para consumo conforme a demanda da propriedade.

- Materiais recomendados: Aço inoxidável ou materiais com isolamento térmico adequado, que ajudam na retenção do calor por mais tempo.

3. Adequação da Rede Hidráulica

- Intervenção necessária: Substituição da tubulação existente por tubulação aparente de PVC específico para água quente (como PVC-C ou PPR), capaz de suportar temperaturas elevadas sem comprometer a estrutura do sistema.

4.3.3 Cálculo de carga para o sistema fotovoltaico

Para a realização do orçamento referente à instalação do sistema fotovoltaico, é necessário o cálculo da carga de consumo de todos os equipamentos que possam demandar energia elétrica (Tabela 1).

TABELA 1 – Cálculo de Cargas da Chácara

	Produto	Marca	Modelo	Consumo	Horas por dia	Total consumo mensal	Valor para compra
1	Geladeira	Consul	CRA30F B	0,034 kW/h	24h	$0,034 * 24h * 30d = 24,3 \text{ kW/mês}$	R\$ 1.952,00
2	Modem	Starlink	Starlink Standard	0,139 kW/h	24h	$0,139 * 24h * 30d = 100 \text{ kW/mês}$	R\$ 3.599,90
3	Televisão 32"	Samsung	QN32LS 03C	0,045 kW/h	4h	$0,045 * 4h * 30d = 5,4 \text{ kW/mês}$	R\$ 1.733,00
4	Máquina de Lavar	Electrolux	LED09	0,27 kW/h	2h p/ utilização 3x ao dia	$0,27 * 2h * 3(\text{ciclos}) * 4 (\text{semanas}) = 6,48 \text{ kW/mês}$	R\$ 1.661,55
5	Lâmpada	Avant	LED 9W	0,45 kW/h	5h	$0,45 * 5h * 6 (\text{n}^{\circ} \text{lâmpadas.}) = 81,5 \text{ kW/mês}$	6 * R\$ 2,90 = R\$ 17,40
6	Refletor 200W	Mionbel	Holofote	0,2 kW/h	3h	$0,2 * 3h * 30d = 18 \text{ kW/mês}$	R\$ 38,99
Total	-	-	-	-	-	$\cong 235,68 \text{ kW/mês}$	R\$ 9.001,94

Fonte: Próprio Autor, 2025.¹³

¹³ Os valores dos materiais e equipamentos foram obtidos por meio de pesquisa nos sites de empresas como Amazon e Electrolux.

4.4 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

4.4.1 Sistema fotovoltaico *Offgrid*

Nesta seção, apresenta-se a Tabela 2, que descreve os materiais necessários para a instalação do sistema fotovoltaico *Offgrid*. Em seguida, a Tabela 3 expõe os custos relativos à mão de obra, conforme estimativa fornecida por um profissional especializado na área.

TABELA 2 – Material para Instalação Fotovoltaica

ITEM	UNIDADE	QUANTIDADE
Módulo Fv 615wp - Mono Bifacial N Type (1500vcc) - Hc - 30mm;	PC	4
Phb3048-Mks, Inversor Offgrid - 48vcc/127vca (Lynx A)	PC	1
Bateria Litio - Lynx A (G3) (Mks/Vm Unica	PC	1
STB01-1000V/05, STRING BOX CC - 1 String Com 1 Saída	PC	1
ITEM	UNIDADE	QUANTIDADE
Qdca/85, Quadro De Prot.Ca-Solar (32a Dj.Ac) Monofásico 220v	PC	1
Emenda P/ Perfil De Alumínio	PC	2
Grampo De Aterramento	PC	2
Abraçadeiras De Aço Para Cabos	PC	4
Clip De Aço P/ Aterramento Estrutura - Módulos	PC	6
Hanger Bolt Hook #4 (200mm) - Ondulada - Estr.Madeira	PC	8
Jumper De Aterramento P/ Perfil Alumínio	PC	2
Grampo Intermediário 30mm Em Alumínio	PC	6
Grampo Terminador 30mm Em Alumínio	PC	4
Perfil De Alumínio Anodizado Crn - 2,40m	PC	4
Cabo Solar Preto Com Protecao Uv 4,0mm	PC	10
Cabo Solar Vermelho Com Proteção Uv 4,0mm ²	PC	10
Cabo Solar Vd/Amarelo Com Proteção Uv 6,0mm ²	PC	10
Conector Mc4 Macho+Femea P/ Modulo Tongwei	PC	1
VALOR TOTAL DOS MATERIAS	-	R\$ 12.952,13

Fonte: Próprio Autor, 2025.¹⁴

¹⁴ Os valores dos materiais e equipamentos foram obtidos por meio de pesquisa nos sites de empresas como ABC da Construção, Amazon e Wetzel.

TABELA 3 – Mão de Obra para Instalação Fotovoltaica

MÃO DE OBRA	DIAS DE TRABALHO	TOTAL
Instalação Fotovoltaica	5	R\$ 8.000,00
VALOR TOTAL DA MÃO DE OBRA	–	R\$ 8.000,00

Fonte: Próprio Autor, 2025.¹⁵

4.4.2 Sistema De Aquecimento Solar Térmico Para Água

Nesta seção, a Tabela 4 apresenta a relação dos materiais necessários para a instalação do sistema de aquecimento solar térmico de água. Na sequência, a Tabela 5 detalha os custos estimados com mão de obra, conforme valores fornecidos por um profissional especializado na área.

TABELA 4 – Material para instalação de aquecimento térmico

ITEM	UNIDADE	QUANTIDADE
Aquecedor De Água Térmico	PC	1
Caixa D'agua Com Revestimento	PC	1
Estrutura De Fixação	PC	1
ITEM	UNIDADE	QUANTIDADE
Conectores	PC	10
Ladrão De Água P/ Caixa	PC	1
Pvp P/ Água Quente (Sáida)	PC	10M
Pvc P/ Água Fria (Entrada)	PC	10M
Resgistro De Água	PC	2
Sistema De Monitoramento Da Temperatura Da Água	PC	1
VALOR TOTAL DOS MATERIAS	PC	R\$ 9.099,00

Fonte: Próprio Autor, 2025.¹⁶

TABELA 5 – Mão de Obra para instalação de aquecimento térmico

MÃO DE OBRA	DIAS DE TRABALHO	TOTAL
Instalação Térmica	5	R\$ 4.500,00
VALOR TOTAL DA MÃO DE OBRA	–	R\$ 4.500,00

Fonte: Próprio Autor, 2025.¹⁷

¹⁵ Os valores foram fornecidos por uma empresa especializada na área.

¹⁶ Os valores dos materiais e equipamentos foram obtidos por meio de pesquisa nos sites de empresas como ABC da Construção, Amazon e Wetzel.

¹⁷ Os valores foram fornecidos por uma empresa especializada na área.

4.4.3. Instalação Residencial

A Tabela 6, apresentada nesta seção, lista os materiais exigidos para a realização da instalação em ambiente residencial. Já a Tabela 7 traz a estimativa dos custos de mão de obra, com base nas informações fornecidas por um profissional com atuação especializada no setor.

TABELA 6 – Material Para Instalação Residencial

LISTA DE MATERIAIS PARA INSTALAÇÃO ELÉTRICA APARENTE	
Tomadas e Interruptores	Quantidades
Tomadas 2P+T (20A, compatíveis com fio de 8 mm ²)	10
Caixas galvanizadas 4x4 (para as tomadas)	10
Tampas galvanizadas 4x4 com recorte para tomadas	10
Suportes e espelhos industriais (modelo PVC resistente)	10
Conjuntos de tomada + interruptor (modelo acoplado – uso em caixa 4x4)	3
Caixas galvanizadas com tampa dupla	3
Interruptores simples (10A)	10
Caixas galvanizadas (para interruptores)	10
Tampas para interruptores	10
Iluminação	Quantidades
Bocais industriais de porcelana (rosca E27, instalação aparente)	10
Lâmpadas LED 9W (branca)	10
Caixas galvanizadas (ponto de luz)	10
Condução e Fixação	Quantidades
Eletroduto galvanizado 3/4" (quantidade estimada)	100 M
Conexões galvanizadas (luvas, cotovelos, tês)	30X C
Bobina de 100m fio 2,5 mm ² – cor preta (fase)	1X BO
Bobina de 100m fio 2,5 mm ² – cor azul (neutro)	1X BO
Bobina de 100m fio 2,5 mm ² – cor verde (terra)	1X BO
Bobina de 100m fio 8 mm ² – cor preta (fase)	1X BO
Bobina de 100m fio 8 mm ² – cor azul (neutro)	1X BO
Bobina de 100m fio 8 mm ² – cor verde (terra)	1X BO
Suportes tipo “D” para eletroduto (±100 unidades)	100
Parafusos + buchas (100 unidades)	100
Abraçadeiras metálicas, arruelas e parafusos de fixação	x

Quadro e Proteção	Quantidades
Quadro de distribuição (para 4 disjuntores)	1
Disjuntor geral bipolar (50A)	1
Disjuntores unipolares 10A (iluminação)	2
Disjuntores unipolares 25A ou 32A (tomadas – compatível com fio 8 mm ²)	2
Barramento de neutro e terra	1 KIT
Complementares	Quantidades
Rolo de fita isolante (preta)	2 Rolo
Pacote de conectores WAGO ou torção (uso para derivação)	1
Caneta detectora de fase	1
Multímetro digital simples (opcional)	1
VALOR TOTAL DOS MATERIAS	R\$ 4.924,60

Fonte: Próprio Autor, 2025.¹⁸

TABELA 7 – Mão de Obra Para Instalação Residencial

MÃO DE OBRA	DIAS DE TRABALHO	TOTAL
Pedreiro	5	R\$ 750.00
Eletricista	5	R\$ 1.500.00
VALOR TOTAL DA MÃO DE OBRA	–	R\$ 2.250,00

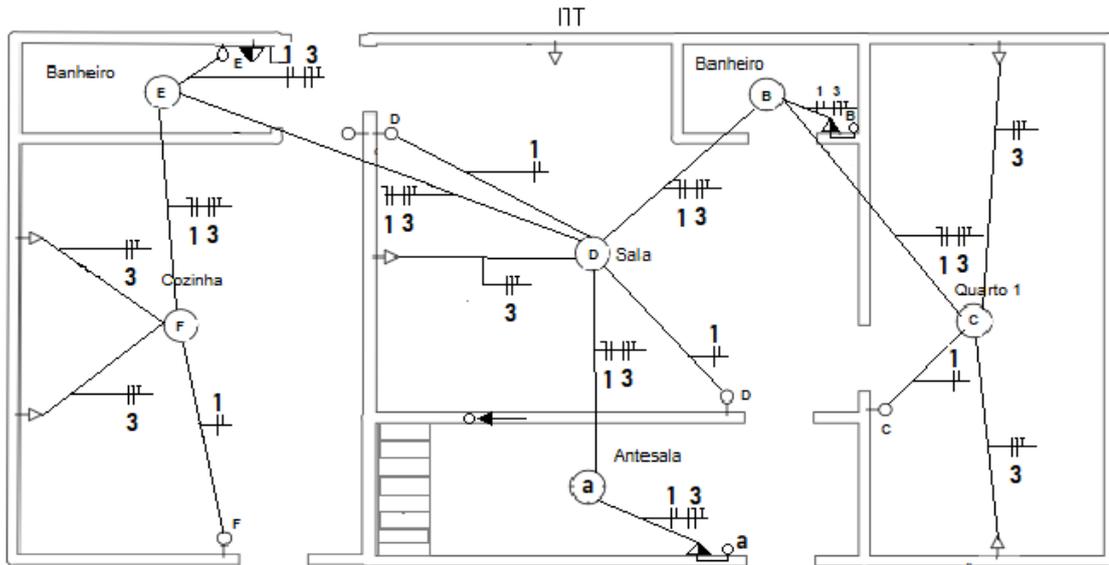
Fonte: Próprio Autor, 2025.¹⁹

4.5 EXECUÇÃO DO PROJETO

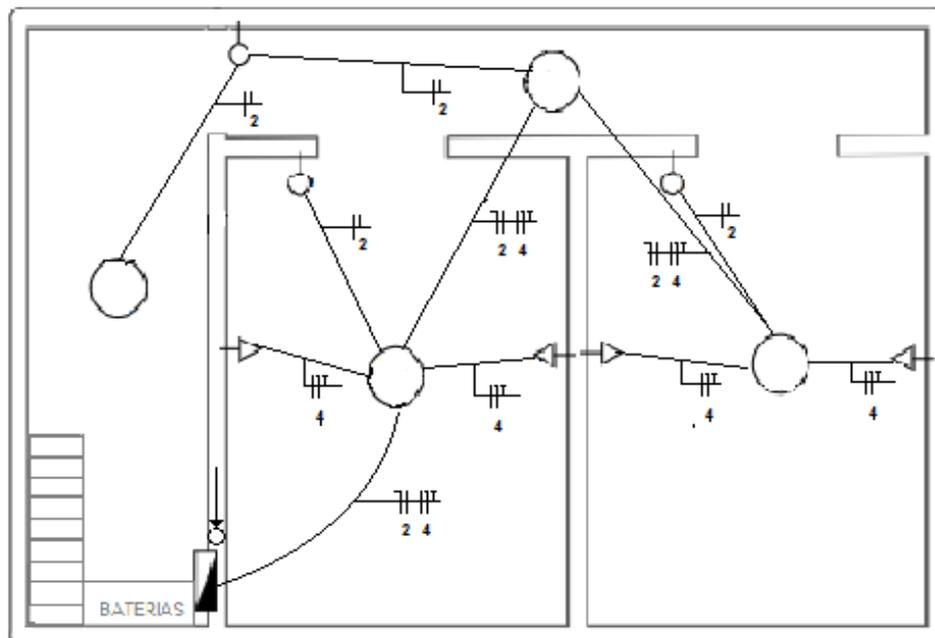
A execução terá início com a instalação do sistema hidráulico responsável por conduzir a água quente da caixa d'água térmica até o chuveiro, que será o único ponto de água quente nesta residência. Em seguida, será realizada a instalação elétrica em toda a fazenda (Figuras 10 e 11). Como o local ainda não dispõe de fornecimento de energia elétrica, toda a infraestrutura será executada com tubulação aparente de PVC resistente (Figura 12), distribuindo energia para tomadas, lâmpadas e interruptores.

¹⁸ Os valores dos materiais e equipamentos foram obtidos por meio de pesquisa nos sites de empresas como ABC da Construção, Amazon e Wetzel.

¹⁹ Os valores foram fornecidos por uma empresa especializada na área.

FIGURA 10 - Esquema Elétrico Da Fazenda – 1º Andar


Fonte Autor, 2025.

FIGURA 11 - Esquema Elétrico Da Fazenda – 2º Andar


Fonte Autor, 2025.

FIGURA 12 – Modelo De Instalações De PVC aparente

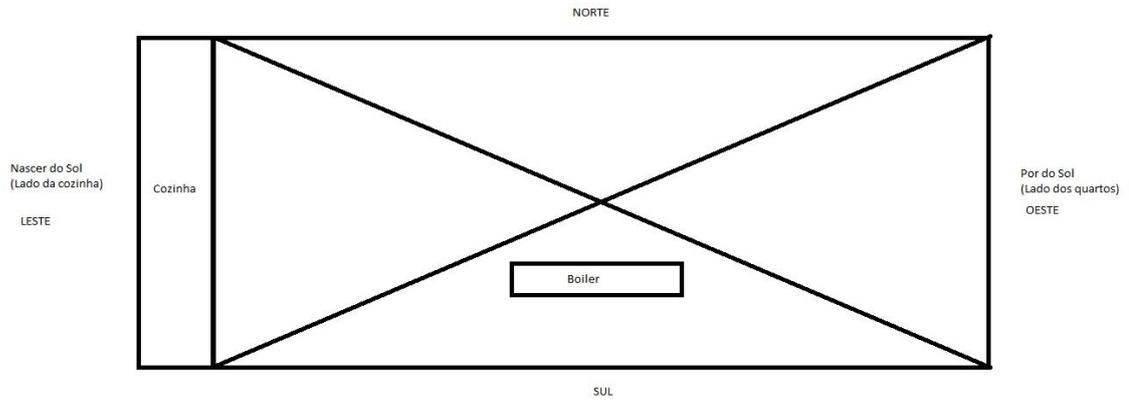
Fonte: Wetzel, 2025.²⁰

Com a conclusão da instalação elétrica residencial, será iniciado o processo de implantação do sistema de energia solar, composto por módulos fotovoltaicos, responsáveis pela geração de energia elétrica, e coletores solares térmicos, destinados ao aquecimento de água.

Os coletores solares térmicos terão a função de captar a radiação solar para aquecer a água, que será armazenada em uma caixa d'água térmica. Esta será estrategicamente posicionada sob o telhado, de forma a protegê-la contra intempéries, como exposição direta ao sol, chuva e ventos fortes, o que contribui para a maior durabilidade e eficiência térmica do sistema (Figuras 13, 14 e 15).

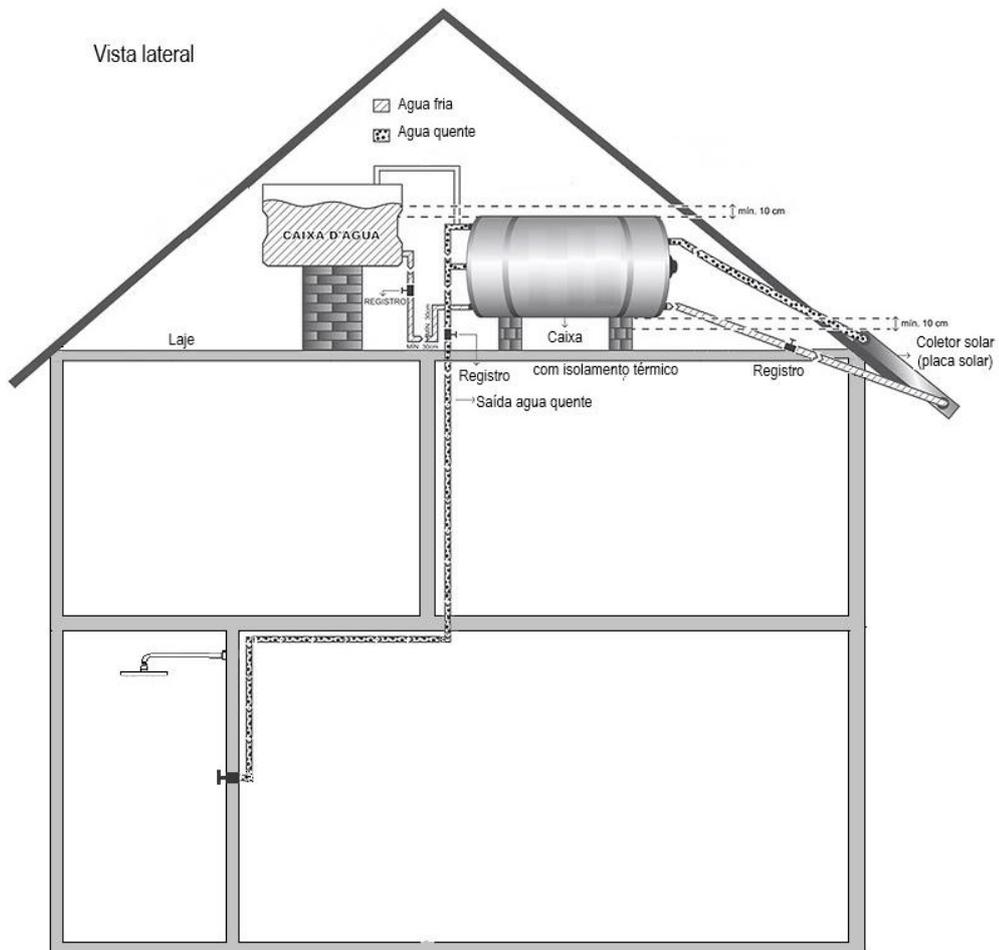
²⁰ Disponível em: <https://wetzels.com.br/o-que-e-instalacao-eletrica-aparente/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

FIGURA 13 – Vista Superior Do Telhado Onde Será Instalada As Placas Solares



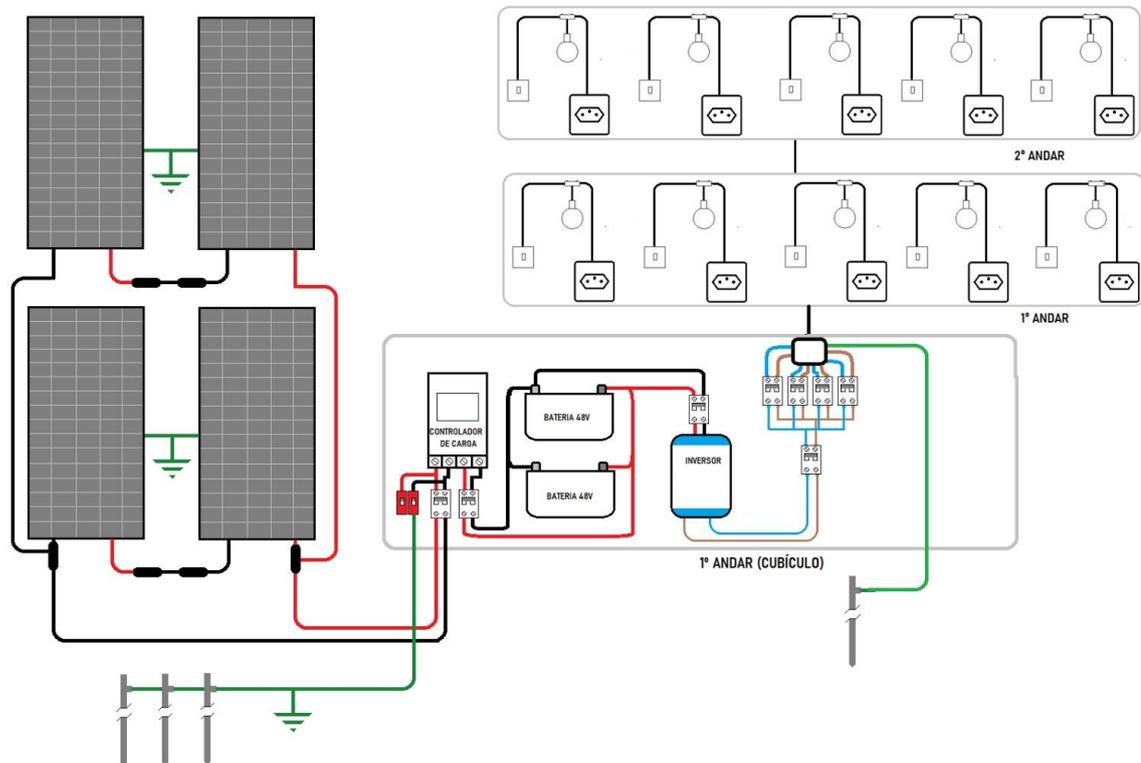
Fonte: Próprio Autor, 2025.

FIGURA 14 – Vista Lateral Do Telhado Onde Será Instalada As Placas Solares



Fonte: Próprio Autor, 2025.

FIGURA 15 – Esquema elétrico de toda a instalação residencial da chácara



Fonte: Próprio Autor, 2025.

A estrutura de suporte das placas será fixada conforme as características da cobertura existente, respeitando a inclinação ideal para a captação solar na região. O sistema contará ainda com tubulação em PVC para água fria e CPVC para água quente, além de válvulas de segurança e conexões adequadas para garantir o perfeito funcionamento do circuito.

Por fim, será instalado um sistema de monitoramento da temperatura da água, permitindo o controle preciso do aquecimento e o uso racional da energia solar térmica. Com isso, a residência contará com um sistema autossuficiente de energia e água quente, promovendo sustentabilidade, economia de recursos e alinhamento com as boas práticas da engenharia moderna em áreas rurais.

6 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo principal a apresentação de uma solução baseada na implementação de sistemas de energia fotovoltaica e solar térmica em uma propriedade rural localizada em uma área sem acesso à rede elétrica, visando garantir o fornecimento de energia de forma autônoma e sustentável. A análise das demandas energéticas da fazenda permitiu o desenvolvimento de propostas capazes de suprir tanto a necessidade de eletricidade quanto o aquecimento de água para diversas atividades agrícolas.

A instalação do sistema fotovoltaico foi considerada uma alternativa para possibilitar a geração de energia elétrica de forma autossuficiente, eliminando a dependência de fontes externas e substituindo o uso de geradores a diesel. Por sua vez, o sistema térmico se apresentou como uma solução eficaz para atender às demandas relacionadas à irrigação e ao uso interno, contribuindo para a redução no consumo de combustíveis fósseis.

A adoção integrada dessas tecnologias demonstrou o potencial da energia solar — tanto fotovoltaica quanto térmica — como uma alternativa viável para a promoção da autonomia energética no meio rural. O foco principal deste trabalho foi apresentar essa solução como referência para futuras implementações em áreas remotas, sem se aprofundar no dimensionamento técnico ou na análise de viabilidade econômica e ambiental.

Sugestões para trabalhos futuros:

- Expandir a aplicação do estudo para outras propriedades rurais com diferentes perfis de consumo energético e localização geográfica, permitindo a comparação da eficiência e viabilidade econômica dos sistemas em contextos variados.
- Desenvolver um modelo automatizado de dimensionamento para sistemas híbridos (fotovoltaico e térmico), considerando variáveis climáticas, topográficas e de demanda energética.
- Realizar uma análise comparativa entre diferentes tecnologias solares, como coletores de tubo a vácuo versus placas planas, e painéis fotovoltaicos com

diferentes tipos de células (monocristalinas, policristalinas e de filme fino), avaliando desempenho, custo e durabilidade.

- Investigar a integração de sistemas de armazenamento de energia, como baterias de lítio, com o objetivo de ampliar a autonomia energética em períodos de baixa irradiação solar.
- Estudar políticas públicas e mecanismos de incentivo financeiro voltados à difusão de tecnologias sustentáveis no meio rural, com foco no acesso por pequenos produtores.
- Avaliar o impacto social de longo prazo da adoção de sistemas solares em comunidades isoladas, considerando variáveis como educação, saúde, segurança e qualidade de vida.

ABSTRACT

This project proposes the implementation of a solar energy system on a farm without access to the conventional power grid, with the goal of making it energy self-sufficient. The initiative includes the installation of solar collectors for water heating and photovoltaic panels for electricity generation. Through a case study, the positive impacts of using solar energy on the residents' quality of life will be analyzed, highlighting cost reduction and the promotion of a more sustainable lifestyle. The project will also address the main challenges in implementing renewable technologies in remote areas and present strategies to overcome them, aiming to encourage the spread of such solutions in similar contexts. This project is solely a presentation of a viable solution and does not delve into the technical sizing of the proposed systems. It seeks to inspire rural landowners and other consumers to adopt sustainable practices that combine economic and environmental benefits.

Keywords: Rural sustainability. Solar water heating. Photovoltaic panels. Economic feasibility.

REFERÊNCIAS

ABC DA CONSTRUÇÃO. **Rede de acabamentos para construção**. Disponível em: <https://www.abcdaconstrucao.com.br/produto/lampada-led-pera-9w-luz-branca-6500k-bivolt-avant-113079>. Acesso em: 13 jun. 2025.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Histórico da energia solar**. 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/historico-da-energia-solar/>. Acesso em: 8 jun. 2025.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Relatórios da ABSOLAR**. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 8 jun. 2025.

AMAZON. **Empresa de comércio eletrônico e vendas em nuvem**. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Geladeira-Classe-Degelo-Litros-Branca/dp/B076BCHJ5L>. Acesso em: 10 jun. 2025.

AMAZON. **Empresa de comércio eletrônico e vendas em nuvem**. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/STARLINK-Kit-antena-sat%C3%A9lite-roteador/dp/B0D3XX1VBB>. Acesso em: 10 jun. 2025.

AMAZON. **Empresa de vendas online**. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Refletor-Holofote-Lampada-Luminaria-Illumina%C3%A7%C3%A3o/dp/B08T7TL659>. Acesso em: 13 jun. 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatórios de Leilões de Energia**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 8 jun. 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa 482/2012** – Geração Distribuída. 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 8 jun. 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa 482/2012**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 8 jun. 2025.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Energia Renovável**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br>. Acesso em: 8 jun. 2025.

CANAL SOLAR. **Evolução da energia solar no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.canalsolar.com.br/evolucao-da-energia-solar-no-brasil/>. Acesso em: 8 jun. 2025.

CANAL SOLAR. **História da energia solar**: de 1839 aos dias atuais. 2021. Disponível em: <https://www.canalsolar.com.br/historia-da-energia-solar/>. Acesso em: 8 jun. 2025.

CANAL SOLAR. **Tendências e tecnologias do setor fotovoltaico**. 2023. Disponível em: <https://www.canalsolar.com.br/tendencias-do-setor-fotovoltaico/>. Acesso em: 8 jun. 2025.

ELECTROLUX. **Empresa de venda de linha branca e industrial**. Disponível em: <https://loja.electrolux.com.br/maquina-de-lavar-9kg-electrolux-efficient-care--led09-/p>. Acesso em: 10 jun. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos sobre Energias Renováveis**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 8 jun. 2025.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Technology Perspectives**. Disponível em: <https://www.iea.org>. Acesso em: 8 jun. 2025.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Renewables 2022** – Analysis and forecast to 2027. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>. Acesso em: 8 jun. 2025.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable Capacity Statistics 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Technologies>. Acesso em: 8 jun. 2025.

PORTAL SOLAR. **A história da energia solar no mundo**. 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/historia-da-energia-solar.html>. Acesso em: 8 jun. 2025.

PORTAL SOLAR. **História da energia solar no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/historia-da-energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 8 jun. 2025.

WETZEL. **Empresa de acessórios para instalação elétrica industrial**. Disponível em: <https://wetzels.com.br/o-que-e-instalacao-eletrica-aparente/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

WETZEL. **Empresa produtora de material para instalação elétrica industrial.** Disponível em: <https://wetzels.com.br/tags/instalacoes-em-pvc/>. Acesso em: 9 jun. 2025.