



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS
TECNOLOGIA DE SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS**

MARIA BEATRIZ DE SOUSA PEDROZA

**BOMBEAMENTO SOLAR: ESTUDO DE CASO APLICADO A AGRICULTURA
FAMILIAR EM ZONA RURAL DE NAZAREZINHO.**

**SOUSA-PB
2025**

MARIA BEATRIZ DE SOUSA PEDROZA

**BOMBEAMENTO SOLAR: ESTUDO DE CASO APLICADO A AGRICULTURA
FAMILIAR EM ZONA RURAL DE NAZAREZINHO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada a Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial para
obtenção do título de Tecnólogo em
Energias Renováveis.

Área de concentração: Energia
Solar Fotovoltaica.

Orientador: Prof. Me. Thomas Tadeu de Oliveira Pereira

**SOUSA-PB
2025**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

P372b Pedroza, Maria Beatriz de Sousa.
Bombeamento solar [manuscrito] : estudo de caso aplicado a agricultura familiar em zona rural de Nazarezinho / Maria Beatriz de Sousa Pedroza. - 2025.
43 f. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Energias renováveis) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2025.
"Orientação : Prof. Me. Thomas Tadeu de Oliveira Pereira, Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Energias Renováveis - CCHA".
1. Energia solar. 2. Sustentabilidade. 3. Bombeamento fotovoltaico. 4. Agricultura familiar. I. Título
21. ed. CDD 621.47

MARIA BEATRIZ DE SOUSA PEDROZA

BOMBEAMENTO SOLAR: ESTUDO DE CASO APLICADO A AGRICULTURA
FAMILIAR EM ZONA RURAL DE NAZAREZINHO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
de Energias Renováveis da
Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do
título de Tecnóloga em Sistemas de
Energias Renováveis

Aprovada em: 06/06/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **João Paulo Dantas de Carvalho** (***.185.134-**), em **13/06/2025 14:23:38** com chave **24abb056487b11f0a15f1a7cc27eb1f9**.
- **Thomas Tadeu de Oliveira Pereira** (***.001.714-**), em **13/06/2025 09:51:54** com chave **2edb0926485511f0a48106adb0a3afce**.
- **Anderson Alberto Pinto Torres** (***.547.004-**), em **13/06/2025 10:11:21** com chave **e65e331e485711f0bfd1a7cc27eb1f9**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 16/06/2025

Código de Autenticação: a880d7



Dedico esse trabalho a Deus, que nunca me desamparou.
Aos meus avós, por me acolher e me fortalecer.
A minha mãe, por sonhar meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha gratidão a Deus por essa conquista, por me conceder força, sabedoria e orientação durante toda minha jornada acadêmica, sem sua presença constante e sua graça, nada disso seria possível.

Agradeço aos meus avós, Damião Lourenço e Maria Alves, por todo amor e carinho, por toda dedicação, e por fazerem de tudo para que eu tivesse a oportunidade de estudar, que Deus os abençoe abundantemente com toda saúde e graça, vocês são minha vida.

À minha mãe, Maria José, que mesmo com toda a dor da vida e a distância, sempre se fez presente e foi pai e mãe, sua vida é tudo para mim.

Agradeço a Raony Alves, meu namorado, você foi minha força e minha inspiração.

As minhas amigas de jornada, Eduarda leite, Daniely Alves, Larissa Gabrielle, agradeço por toda ajuda e força,

Agradeço ao meu orientador, Thomas Tadeu por toda paciência, ajuda e orientação, toda graça e felicidade em sua vida.

E a todos que se fizeram presente, funcionários, professores e alunos da UEPB nessa realização de um sonho.

Provérbios 16:3, "Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos."

Presentemente, eu posso me
Considerar um sujeito de sorte
Porque apesar de muito moço
Me sinto são, e salvo, e forte
E tenho comigo pensado
Deus é Brasileiro e anda do meu lado.
Belchior.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica de utilização de sistemas de bombeamento solar na agricultura familiar, o estudo de caso foi realizado na zona rural de Nazarezinho- PB. Na pesquisa comparou-se dois modelos de sistemas: um sistema por gravidade, com reservatório de água e outro com baterias sem armazenamento de água. De acordo com os dados levantados e simulações computacionais, foi possível dimensionar os sistemas levando em consideração a demanda do agricultor que utiliza de bombeamento para irrigação, animais e abastecimento residencial. Os resultados demonstram que ambos os sistemas são tecnicamente viáveis, porém o sistema por gravidade se mostra mais econômico para o agricultor, com vida útil mais longa, manutenção simples e custo reduzido, em comparação com o por baterias que tem custos elevados de instalação e de manutenção. O uso de energia de energias renováveis para o homem do campo se mostra um forte aliado, visto que as propriedades muitas das vezes são de difícil acesso à energia elétrica convencional, o bombeamento solar é sustentável, eficaz e acessível para pequenos produtores rurais, promovendo autonomia energética e desenvolvimento rural.

Palavras-Chave: energia solar, sustentabilidade, bombeamento fotovoltaico, agricultura familiar.

ABSTRACT

This work aims to analyze the technical and economic feasibility of using solar pumping systems in family farming. The case study was carried out in the rural area of Nazarezinho- PB. In the research, two system models were compared: a gravity system, with a water reservoir and another with batteries without water storage. According to the data collected and computer simulations, it was possible to size the systems taking into account the demand of the farmer who uses pumping for irrigation, animals and residential supply. The results demonstrate that both systems are technically viable, but the gravity system is more economical for the farmer, with a longer useful life, simple maintenance and reduced cost, compared to the battery system, which has high installation and maintenance costs. The use of renewable energy for rural people is a strong ally, given that properties often have difficult access to conventional electricity. Solar pumping is sustainable, effective and accessible for small rural producers, promoting energy autonomy and rural development.

Keywords: solar energy, sustainability, photovoltaic pumping, family farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funcionamento de sistema off-grid	17
Figura 2 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico de bombeamento	18
Figura 3 - Funcionamento do bombeamento solar por gravidade	20
Figura 4 - Funcionamento de bombeamento solar por baterias.	21
Figura 5 - Irrigação sustentável.....	23
Figura 6 - Abastecimento residencial solar	24
Figura 7 - Sistemas de bombeamento para animais.	24
Figura 8 - Análise do Perfil Solarimétrico de Nazarezinho/PB.	32
Figura 9 - Bombeamento solar Armazenamento por Baterias.	34
Figura 10 - Bombeamento solar Armazenamento por Gravidade.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo de Investimentos ao Longo do Tempo: Sistemas de Armazenamento por Gravidade e por Baterias	38
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo Água Irrigação	28
Tabela 2 - Consumo Água Pecuária.....	28
Tabela 3 - Irradiação Solar Diária Média Mensal (Kwh/m ² , dia).....	32

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa.....	15
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Geral	15
1.2.2	Específicos	15
2	revisão de literatura	16
2.1	Energias Renováveis Na Agricultura	16
2.2	Sistemas Off- Grig	16
2.3	Sistemas De Bombeamento Solar.....	18
2.4	Bombeamento De Água Com Armazenamento Por Gravidade.....	19
2.5	Bombeamento Solar Com Armazenamento Por Baterias.....	20
2.6	Gravidade Vs Bateria	21
2.7	Aplicações De Bombeamento Solar Na Agricultura Familiar	22
2.7.1	Irrigação	22
2.7.2	Abastecimento Residencial.....	23
2.7.3	Pecuária.....	24
2.8	Bombas Hidráulicas em Bombeamento Solar Off-Grid 25	
3	Metodologia	27
3.1	Tipo De Pesquisa.....	27
3.2	Local De Estudo.....	27
3.3	Coleta De Dados	28
3.4	Dimensionamento Solar.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	Dimensionamento.....	33
4.2	Análise Dos Sistemas Propostos	34
4.3	Análise De Viabilidade Técnica.....	35
4.4	Custos Totais	37
5	CONCLUSÃO	40
6	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica e de água são de extrema necessidade para a agricultura familiar, que atua significativamente em fontes de produção agrícola, irrigação, uso residencial, manutenção de animais, entre outros. Apesar de ser necessário, em algumas zonas rurais seu acesso é escasso, muitos agricultores não possuem acesso direto a água potável ou dependem de sistemas ineficientes e de custo elevado.

O sol é incontestavelmente a maior fonte de energia para a humanidade e é a fonte primária da maior parte da energia disponível na Terra. O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras (Oliveira et al., 2008).

O efeito fotovoltaico se dá pela absorção da luz solar através dos fótons, por uma célula fotovoltaica. Os elétrons começam a se movimentar quando a energia dos fótons da luz é transferida para eles, gerando assim, a corrente elétrica. As células fotovoltaicas podem ser alocadas de diversas maneiras, sendo a mais utilizada a montagem de painéis ou módulos solares. Além dos painéis fotovoltaicos, também se utilizam filmes flexíveis, com as mesmas características, ou até mesmo a incorporação das células em outros materiais, como o vidro (AQUINO E SILVA, 2018).

O bombeamento de água é uma das atividades mais difundidas quanto ao emprego da energia solar fotovoltaica. Porém, apesar de se apresentar como alternativa interessante, o alto custo, a baixa eficiência dos sistemas e os projetos inadequados restringem sua aplicação. O uso racional, baseado na utilização mais eficiente de seus equipamentos, está vinculado ao conhecimento do comportamento operacional desses sistemas (Kolling et al., 2004).

Um Sistema de Bombeamento Fotovoltaico (SBFV) deve ser projetada de acordo com a estrutura socioeconômica da área específica, tendo como principal objetivo: melhorar a qualidade de vida das pessoas, reduzir custos, acesso fácil a água limpa, empregar recursos e materiais locais, ser compatível com a cultura e as práticas locais e maximizar o uso de energias renováveis (Furtado, 2020)

O presente estudo apresenta um modelo de simulação na zona rural de Nazarezinho, para avaliar o desempenho, abordando seus benefícios, desafios e

impactos socioeconômicos de um sistema de bombeamento fotovoltaico, analisando dois tipos de armazenamentos, por gravidade e por baterias.

1.1 Justificativa

Os agricultores familiares enfrentam diversos problemas relacionados a água, visto que é essencial para a produção agrícola e para a qualidade de vida das comunidades, em Nazarezinho-PB não é diferente. Nesse contexto, o uso de bombeamento solar surge como alternativa de forma que a eletricidade leve água de um lugar para outro, sendo a energia solar uma fonte renovável inesgotável, que pode minimizar os custos e que permite um desenvolvimento agrícola mais sustentável.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Analisar a viabilidade e as possibilidades de bombeamento solar em áreas rurais, utilizando o caso de Nazarezinho/PB como região de estudo.

1.2.2 Específicos

- Investigar os impactos sociais e econômicos da implementação de bombeamento solar na agricultura da região.
- Estudar as tecnologias para bombeamento solar e suas aplicações na agricultura familiar.
- Analisar os custos envolvidos na instalação de sistemas de bombeamento solar, tanto por gravidade como por baterias eletroquímicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energias Renováveis Na Agricultura

Com a dificuldade de acesso à energia, o homem do campo está sempre procurando outras formas de obtenção de energia, com a energia elétrica houve aumento significativo na produção agrícola e melhora nas condições de vida, porém em algumas regiões esse acesso é indisponível ou de alto custo.

Os impactos da elevação do custo de energia fazem com que o produtor sinta com maior intensidade no setor rural de baixa renda, em geral, menos capitalizado e com menores condições de arcar com essa elevação de custos, tanto no que diz respeito ao consumo doméstico quanto para as atividades de produção agrícola (Walker, 2009).

Segundo Lacerda et al. (2022) a combinação de sistemas de produção agrícola e de energia aumenta a rentabilidade e a produtividade, sistemas como esse podem resistir a mudanças de climas, aproveitando a terra do agricultor, que antes era usado apenas para plantações, se juntando com a energia solar.

São vários os benefícios da combinação de energias renováveis e da pecuária. Por um lado, os criadores de gado se beneficiam da presença de extensos pastos, onde seus animais podem se alimentar de forma segura. Isso porque a vegetação ao redor das instalações de energia está livre de pesticidas e outros produtos químicos. Além disso, a sombra que as estruturas, como as fotovoltaicas, projetam no solo proporcionam um bom espaço para que os animais se protejam do sol direto, da chuva ou do vento. (IBERDOLA, 2025).

2.2 Sistemas Off- Grid

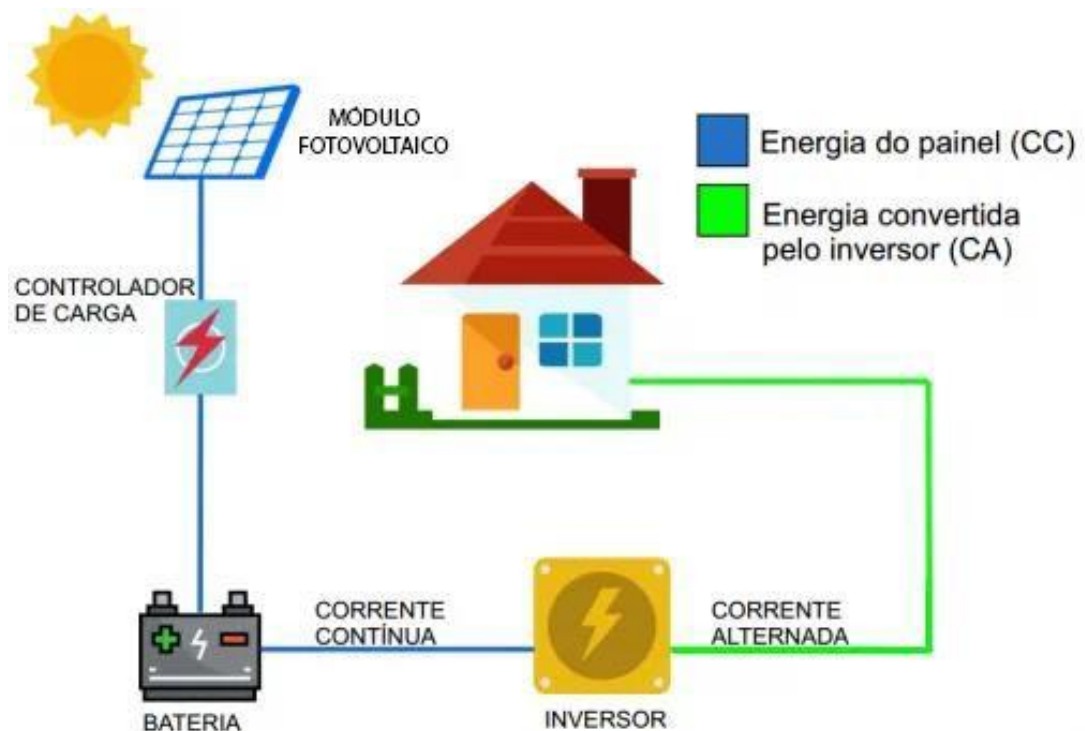
Os sistemas fotovoltaicos autônomos, ou sistemas isolados, são utilizados em lugares onde não há redes elétricas convencionais. No Brasil, há muito desses locais não atendidos por malhas do sistema elétrico nos quais, geralmente, utilizam-se geradores movidos a diesel. Além dessa aplicação, os sistemas autônomos podem ser implementados na iluminação pública, na sinalização de estradas, alimentação de sistemas de telecomunicações, no carregamento de baterias de veículos elétricos, e

em outras aplicações que envolvem desde pequenos aparelhos eletrônicos portáteis até sistemas espaciais (Villalva; Gazoli 2012).

Diante do exposto, fica evidente que o sistema "off-grid" está se consolidando como uma resposta eficaz às demandas energéticas em locais remotos. Com sua capacidade de oferecer autonomia, sustentabilidade e resiliência, essa abordagem tem conquistado a confiança de diversos setores. A integração dessas soluções não apenas atende às necessidades imediatas das indústrias, mas também contribui para um modelo energético mais sustentável e adaptável às condições específicas de cada localidade (Moreira de Paula e colab., [S.d.]).

Da mesma forma que ocorre em sistemas OnGrid, nos sistemas OffGrid os módulos fotovoltaicos também são os responsáveis pela geração de energia, convertendo a radiação solar em energia elétrica. A tensão de saída dos módulos varia de acordo com a incidência da radiação solar, portanto é necessário utilizar um equipamento que estabilize essa tensão para mandar para o banco de baterias, este equipamento é o controlador de carga (TRX solar, 2019). A seguir, a figura 1 mostra o funcionamento de um sistema isolado.

Figura 1 - Funcionamento de sistema off-grid



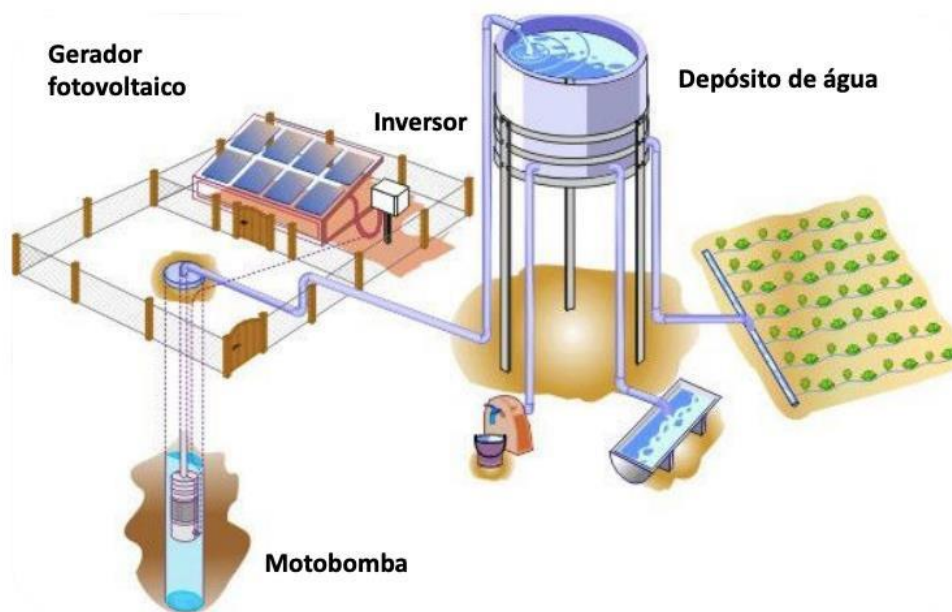
Fonte: (TRX solar)

2.3 Sistemas De Bombeamento Solar

Como funciona o bombeamento de água, na prática? Basicamente, o processo começa quando a bomba é ativada e começa a puxar a água de um local (pode ser um poço, uma fonte ou até um reservatório) para outro ponto de destino, como uma caixa d'água, tubulação ou sistemas de drenagem. Isso acontece com o auxílio de pressões internas que ajudam a forçar a água a se mover de um ponto a outro, com maior ou menor intensidade, dependendo da necessidade do projeto. Em muitos casos, as bombas submersas, que são imersas diretamente no líquido a ser bombeado, são as mais eficientes para esse tipo de tarefa (Casa do construtor. 2025).

O sistema de bombeamento solar trata-se de um sistema útil para bombear água, abastecer pequenas comunidades ou irrigar plantações, composto por uma bomba solar que é alimentada pela energia do sol, a qual é captada por um painel solar fotovoltaico. “A bomba solar funciona por meio do efeito fotovoltaico: a placa fotovoltaica recebe a energia solar nas células fotovoltaicas e transforma essa radiação em energia elétrica, que alimenta a bomba”, afirma Livimar Júnior, especialista da Kinsol, rede especializada em soluções por meio da energia solar (Ciclo Vivo, 2022).

Figura 2 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico de bombeamento.



Fonte: (Arquivo gráfico do LSF-IEE).

Geralmente os SBFV não utilizam baterias, por isso, é necessário o uso de reservatórios para armazenar a água bombeada durante o dia. Para uso noturno ou para dias com menor radiação solar. Todos os equipamentos mencionados devem estar em conformidade com as especificações nacionais/internacionais, aplicáveis no país (Furtado, 2020).

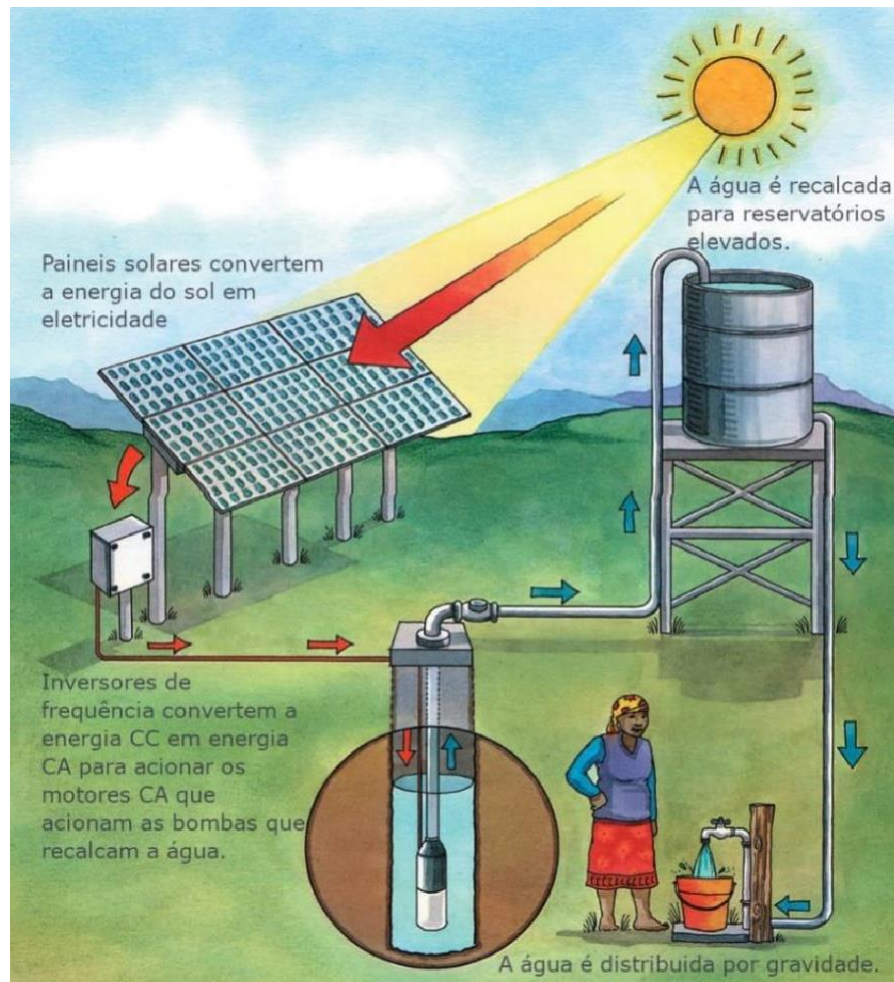
Segundo Melendez (2009), em aplicações de bombeamento de água, diversos tipos de bombas podem ser usados, podendo ser selecionados de acordo com o tipo de projeto, ser de localização superficial ou submersa e possuir corrente alternada ou contínua.

2.4 Bombeamento De Água Com Armazenamento Por Gravidade

A maioria dos sistemas de bombeamento solar requer capacidade de armazenamento de água para melhorar o desempenho e a confiabilidade. A confiabilidade é melhorada quando um reservatório é usado para armazenar a água extraída durante as horas de sol para atender às necessidades de água à noite ou em caso de tempo nublado ou tempo de inatividade do sistema (AlfacompBrasil, 2022).

Esse tipo de armazenamento usa um reservatório que armazena a água bombeada pelos painéis solares, para que possa ser usada conforme a necessidade. O tanque deve ter um volume suficiente para atender à demanda de água nos períodos sem sol, e deve estar localizado em um ponto alto em relação ao local de uso, para facilitar a distribuição por gravidade. O tanque deve ser protegido contra a evaporação, o congelamento e a contaminação da água (Admin, 2023).

Figura 3 - Funcionamento do bombeamento solar por gravidade.



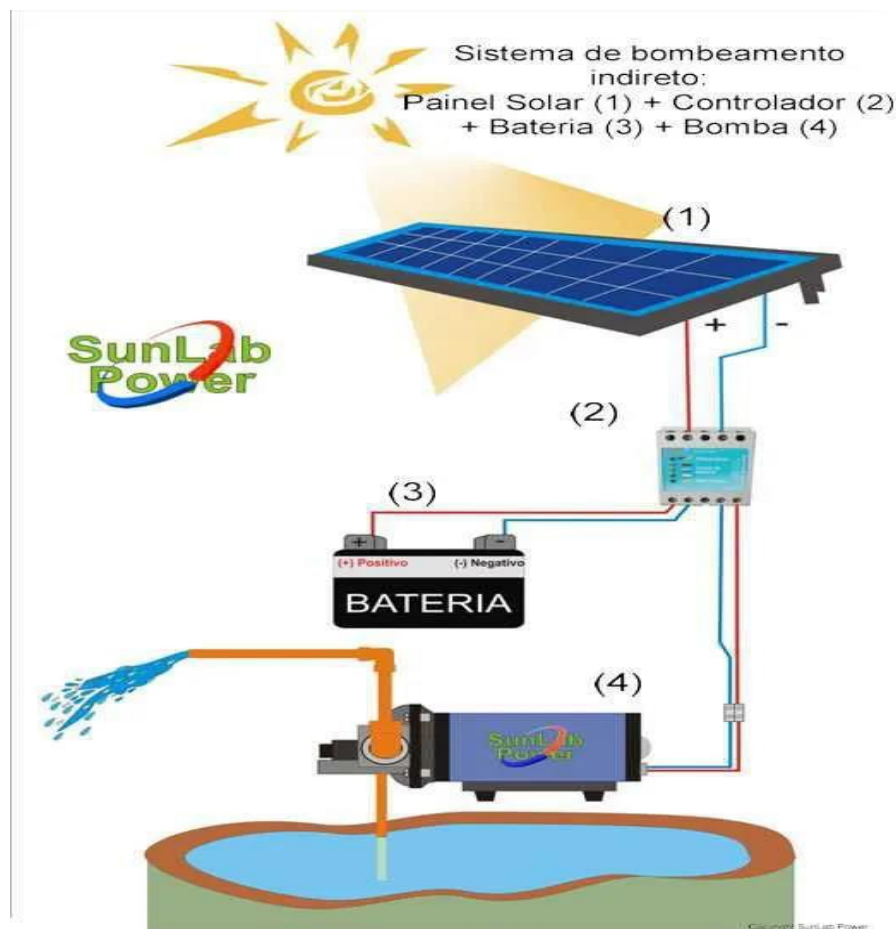
Fonte: The World Bank.

2.5 Bombeamento Solar Com Armazenamento Por Baterias

Segundo Morales 2011, o uso de baterias em um sistema de bombeamento solar, pode ter duas funções: Armazenamentos de energia e condicionamento de potência. Como uso de baterias o sistema permite o uso fora do horário solar, e como condicionamento de potência, a função das baterias é de manter uma tensão constante de trabalho. A vida útil das baterias depende do tipo e das condições de uso.

O uso de baterias como forma de armazenamento se dá quando a forma final de energia a ser utilizada é elétrica. Um dimensionamento preciso deste equipamento é fundamental devido ao seu preço em relação ao SFV e na obrigatoriedade do emprego de um controlador de carga (Villalva; Gazoli 2012).

Figura 4 - Funcionamento de bombeamento solar por baterias.



Fonte: (Sunlab, 2021)

2.6 Gravidade Vs Bateria

Em sistemas de bombeamento de água, o uso de reservatórios pode ser mais viável do ponto de vista financeiro e da simplicidade do dimensionamento. O acúmulo de energia consiste em armazenar a água em reservatórios elevados, sendo utilizada a energia potencial gravitacional para a distribuição até os pontos de interesse, as principais vantagens são o acionamento por energia não poluente, operação autônoma, custo de operação, baixa manutenção e longa vida útil (Morales, 2011).

O uso de baterias torna o sistema com um custo elevado, dependem de maior manutenção e o seu ciclo de vida pode ser curto, podendo haver trocas, ocorre também dificuldades de instalações em lugares remotos, o uso de reservatórios em localidades de agricultura familiar é o mais comum, principalmente pela facilidade de operação.

2.7 Aplicações De Bombeamento Solar Na Agricultura Familiar

2.7.1 Irrigação

Na agricultura, o bombeamento solar facilita a irrigação eficiente, promovendo o uso sustentável de recursos hídricos. A tecnologia permite a distribuição precisa de água, melhorando a produtividade das culturas. Os agricultores utilizam sistemas de bombeamento solar para minimizar o impacto ambiental e atender às demandas de irrigação em zonas sem eletricidade. Ao aproveitar a energia solar, os produtores agrícolas aumentam a resiliência às mudanças climáticas e asseguram um ciclo de produção mais estável (Solled energia, 2024).

A eficiência energética é uma das principais vantagens da bomba solar para irrigação. Ao utilizar a energia solar, a bomba reduz significativamente os custos com eletricidade, oferecendo um sistema de bombeamento mais econômico e sustentável. Além disso, a tecnologia oferece uma maior autonomia para os agricultores, já que a energia solar é renovável e está disponível de forma abundante na natureza (Energia Total, 2024).

De acordo com, Pereira de Sá (2010), consiste em bombear a água de um reservatório diretamente para o campo a ser irrigado. Pode ser usado um armazenamento de energia que assegura que o agricultor tenha acesso mesmo em dias nublados ou que a energia não é suficiente para suprir a demanda. Assim, o sistema é independente de condições externas e climáticas.

Figura 5 - Irrigação sustentável.



Fonte: (“Bombagem”, 2018)

2.7.2 Abastecimento Residencial

O abastecimento residencial é um dos usos mais difundidos e viáveis. O sistema pode ser dimensionado para uma pequena comunidade ou residência individual. Não necessariamente precisa ser usado armazenamento de energia, visto que a água pode ser estocada em reservatórios e depois usada. Apesar de não necessária, o uso de baterias dá maior confiabilidade ao sistema evitando que haja desabastecimento (Pereira de Sá, 2010).

A vantagem é possibilitar o acesso à água sem precisar de rede elétrica, bateria nem gerador e ter custo zero de energia ou combustível. “A instalação também é fácil e rápida, é um sistema de baixa manutenção e alta confiabilidade, movido por energia limpa, renovável, inesgotável e silenciosa, e tem um bom custo-benefício, baixo investimento inicial e menor tempo de retorno desse investimento”, destaca Solar (2020).

Figura 6 - Abastecimento residencial solar.

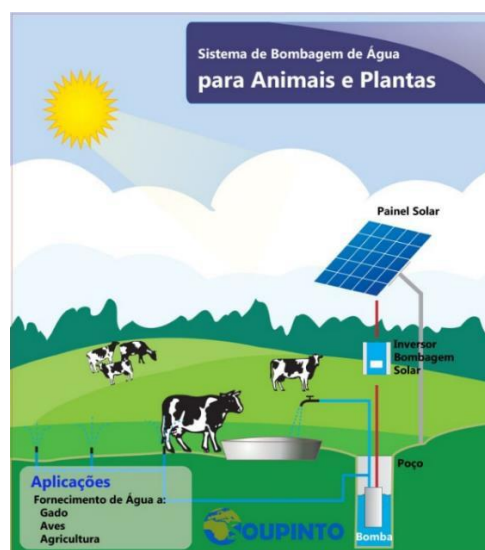


Fonte: Autoria própria (2025)

2.7.3 Pecuária

A pecuária é uma atividade econômica pertencente ao setor primário que diz respeito à criação de animais para a comercialização direta, para o fornecimento de matérias-primas empregadas em outros setores produtivos (como couros, lãs e peles) e, principalmente, para a produção de alimentos como carnes, leites, ovos e mel (Brasil escola, 2025).

Figura 7 - Sistemas de bombeamento para animais.



Fonte: ("Bombagem", 2018)

Para melhor criação é necessária boa alimentação e água em abundância, para suprir essa necessidade é preciso um sistema de bebedouro onde a água será bombeada e consumida no pasto ou currais, não necessário armazenamento de energia.

2.8 Bombas Hidráulicas em Bombeamento Solar

As bombas hidráulicas constituem elementos essenciais em sistemas de bombeamento de água, sendo responsáveis por converter energia elétrica em energia hidráulica para promover o deslocamento do fluido. Em contextos off-grid alimentados por energia solar fotovoltaica, a escolha adequada da bomba é determinante para a eficiência do sistema, uma vez que a disponibilidade energética é limitada e variável ao longo do dia.

A aplicação de bombas em sistemas solares exige atenção especial às condições de operação, como altura manométrica total (HMT), vazão requerida, profundidade do manancial e o perfil de consumo. Tais variáveis influenciam diretamente na escolha do tipo de bomba e na configuração elétrica do sistema (CRESESB, 2014).

Diversas tecnologias de bombeamento podem ser integradas a sistemas solares off-grid, destacando-se:

- Bombas centrífugas submersas: São amplamente utilizadas em poços tubulares profundos. Por estarem submersas, apresentam menor perda por sucção e maior eficiência em profundidades superiores a 10 metros. São acionadas geralmente por motores de corrente contínua (CC) ou alternada (CA) com inversores.
- Bombas centrífugas de superfície: Adequadas para alturas de sucção inferiores a 7 metros, sua principal vantagem está na facilidade de manutenção. Exigem proteção contra operação a seco e ventilação adequada do motor.
- Bombas helicoidais (rotor helicoidal): São indicadas para aplicações de baixa vazão com grande altura manométrica. Sua geometria permite operação estável mesmo sob tensão elétrica variável, característica comum em sistemas fotovoltaicos.

- Bombas de diafragma: Utilizadas para vazões modestas, destacam-se pela robustez e resistência à presença de partículas sólidas. Operam bem com alimentação em corrente contínua e são comuns em projetos de pequeno porte.

Segundo CRESESB, 2014 o desempenho hidráulico e elétrico da bomba deve ser compatível com as demandas do sistema. Os principais parâmetros técnicos a serem considerados são:

- Altura manométrica corrigida (hmc): Representa a soma da altura de sucção, altura de recalque e perdas de carga nas tubulações. Esse valor deve estar dentro da curva característica da bomba.
- Curva de desempenho da bomba: demonstra a relação entre vazão e altura, sendo essencial para avaliar o ponto de operação ideal da bomba.
- Eficiência do motor: Influenciam diretamente o consumo energético e, consequentemente, o dimensionamento do gerador fotovoltaico.
- Compatibilidade elétrica: Bombas alimentadas por corrente contínua são preferíveis em sistemas off-grid, pois dispensam o uso de inversores, aumentando a eficiência e reduzindo o custo do sistema.

A integração da bomba hidráulica com o sistema fotovoltaico requer planejamento cuidadoso. É necessário dimensionar o arranjo de painéis solares com base na potência nominal da bomba, nos horários de maior consumo e na irradiação solar local. O uso de controladores de bomba com tecnologia MPPT (Maximum Power Point Tracking) é recomendado para maximizar a transferência de energia dos módulos fotovoltaicos para a bomba. Além disso, o uso de reservatórios para armazenamento de água pode ser uma estratégia eficaz para compensar a intermitência da geração solar e evitar o uso de baterias, que encarecem o sistema e requerem manutenção periódica (CRESESB, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo De Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se por uma abordagem qualitativa e quantitativa (mista), com objetivos exploratórios e descritivos, utilizando o estudo de caso como procedimento técnico. A abordagem qualitativa permitiu compreender as necessidades dos produtores rurais, e mostrar as possibilidades quanto ao uso de tecnologias sustentáveis, enquanto a abordagem quantitativa possibilitou a análise de dados técnicos, como demanda, número de animais nas propriedades e área agrícola a ser irrigada. O estudo também possui um caráter exploratório e descritivo, buscando investigar a viabilidade socioeconômica do bombeamento solar em um contexto rural específico.

O estudo também envolve a comparação de duas alternativas; o uso de bombeamento solar com armazenamentos de baterias, e sem armazenamento de baterias, onde seria usado reservatórios de água (por gravidade). Visando identificar a melhor possibilidade para a região.

3.2 Local De Estudo

O estudo foi realizado na zona rural, no sitio Serrote dos Bois, município de Nazarezinho, localizado no sertão paraibano. A escolha dessa região foi ocasionada devido à grande necessidade dos produtores, a demanda alta e a escassez hídrica. Nessa região, existe alto índice de radiação solar, o que aumenta a relevância da pesquisa e a análise de instalação de bombeamento solar nessa localidade.

Nesse estudo, foi utilizado a plataforma gratuita SUNDATA v3.0, disponibilizada de forma gratuita pelo centro de referência para energia solar e eólica Sergio de salvo brito (CRESESB). Foi extraído dados do município de Nazarezinho, localizado na Paraíba, cujas coordenadas geográficas são latitude -6,91168 e longitude -38,3197. A medição considera painéis fotovoltaicos orientados para o norte geográfico, com ângulo de inclinação igual à latitude local.

Para análise da viabilidade e do aproveitamento do recurso solar, foi analisado o perfil solarimétrico de Nazarezinho. Foram considerados os dados de irradiação solar

global média diária, expressos em kWh/m². dia, nos doze meses do ano, colocados em forma gráfica para melhor interpretação.

3.3 Coleta De Dados

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas com proprietários e moradores da região. Foi coletado informações como números de animais presentes, área a ser irrigada, análise de fatura de energia e demanda necessária para suprir as necessidades da propriedade.

O proprietário tem um gasto mensal de R\$ 200,00 com energia elétrica, com uma bomba de 1cv, na qual é feito o bombeamento para irrigação e para o consumo dos animais. Registrou-se a demanda da irrigação da localidade, conforme a Tabela 1;

Tabela 1 - Consumo Água Irrigação.

Produto	Área (m ²)	Consumo por m ² (L/dia)	Consumo diário (L)	Consumo Semanal (L)
Milho	500	6	3000	21000
Capim	100	10	1000	7000

Fonte: Autoria própria (2025)

Em seguida, foi analisado o consumo de água dos bebedouros dos animais, são 27 animais entre bovinos e suínos, na tabela abaixo são informados em Litros por animal.

Tabela 2 - Consumo Água Pecuária.

Tipo de animal	Quantidade de animais	Consumo de animais (L/dia)	Consumo total diário (L)
Suínos	12	10	120
Bovinos	15	50	750

Fonte: Autoria própria (2025)

A viabilidade econômica foi analisada com base no custo de aquisição dos sistemas fotovoltaicos. Foram considerados custos de materiais, lucros ao longo do

tempo. A análise teve como objetivo verificar qual sistema é financeiramente viável e sustentável a longo prazo para pequenos produtores rurais.

No sistema citado, foi utilizada uma bomba submersa de 1 cv (cavalo-vapor), sua vazão máxima é de 3.100 litros por hora, mas no sistema em consideração, para o abastecimento dos reservatórios, é considerado uma altura manométrica corrigida (inclui as perdas de cargas em tubulações e conexões) de 30 metros. A bomba nessa situação apresenta uma vazão média de 2000 L/h, consultando o catálogo de fabricante Ebara, bomba submersa 1 CV monofásica 220 V.

Foi considerado o funcionamento por 3 horas seguidas, a capacidade dessa bomba, permite bombear 6.000 litros por dia, esse volume é suficiente para que a demanda do agricultor seja atendida. A escolha de uma bomba com essa potência foi necessária para garantir suprimento adequado, mesmo com perdas inevitáveis.

A bomba de 1cv possui potência de 750 W, o sistema de bombeamento solar apresenta eficiência global de 25% aproximadamente, dessa forma necessita de uma geração de cerca de 9,0 kwh por dia para garantir o funcionamento de 3 horas diárias como planejado (CRESESB, 2014).

No dimensionamento do sistema, foi levantado a radiação solar do local, a eficiência dos painéis solares utilizados, que foi da marca TSUN de 570 Wp de potência. Durante a visita foi analisado o tamanho da área a ser instalados, com todas essas informações de utilidade para o sistema.

Em resumo, a visita a propriedade foi necessária para que todas as partes da localidade fosse observada e entendida toda a necessidades do produtor. Um sistema de bombeamento solar como esse, pode mudar toda a estrutura da propriedade, aumentando as criações, os cultivos e reduzindo custos para o produtor.

3.4 DIMENSIONAMENTO SOLAR

Para dimensionar o sistema fotovoltaico foi realizado com base na irradiação solar média diária da localidade, expressa em quilowatt-hora por metro quadrado por dia (kWh/m². dia), foi considerado a razão sistema, que representa fatores do sistema como sombreamento, perdas, temperatura e eficiência.

Para realizar o cálculo da quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para o sistema, foi utilizado a Equação 1 de acordo com (Villalva; Gazoli 2012)

$$\text{Quantidade Módulos} = E_{\text{diária}} / \text{HSP} \times \text{PR} \times P_{\text{módulo}} \quad (1)$$

Onde:

$E_{\text{diária}}$ é a energia elétrica média consumida pelo usuário (kWh/dia);

$P_{\text{módulos}}$ é a potência de pico de cada modulo fotovoltaico (kWp).

Para calcular a energia média diária gerada pelo sistema foi calculado com a Equação 1: (Villalva; Gazoli 2012).

$$E_{\text{diária}} = P_{\text{sist}} \times \text{HSP} \times \text{PR} \quad (2)$$

Onde:

$E_{\text{diária}}$ é a energia elétrica média consumida pelo usuário (kWh/dia);

P_{sist} é a potência do sistema fotovoltaico (kWp);

HSP são as horas de sol pleno no pior mês (kWh/m². dia);

PR é a razão de performance do sistema.

Para dimensionar o banco de baterias, é necessário ter o valor da energia diária necessária, e conhecer os dados da bateria a ser utilizada. Considerando baterias de maior vida útil, como a de lítio ferro-fosfato (LiFePO₄), com profundidade de descarga de 80%, e vida útil de 10 anos. O cálculo da capacidade do banco em Ah é dado pelas equações 3, 4 e 5, de acordo com (Pinho; Galdino 2014).

$$CB_{C20}(\text{Wh}) = \frac{E_{\text{diária}} * N}{P_d} \quad (3)$$

$$CBI_{C20}(\text{Ah}) = \frac{CB_{C20}}{V_{\text{sist}}} \quad (4)$$

$$n_{BAT}^o = \frac{CBI_{C20}(\text{Ah})}{CBI_{BAT}(\text{Ah})} \quad (5)$$

Onde:

CB_{C20} : é a capacidade do banco de baterias em Wh para o regime de descarga em 20 horas

CBI_{C20} : é a respectiva capacidade em Ah;

N o número de dias de autonomia;

Pd: a máxima profundidade de descarga da bateria, considerando o período de autonomia.

Na medida em que há maior disponibilidade de radiação solar em um dado local, estabelece-se um número menor de dias para o valor da autonomia, onde será considerado de 1 dias.

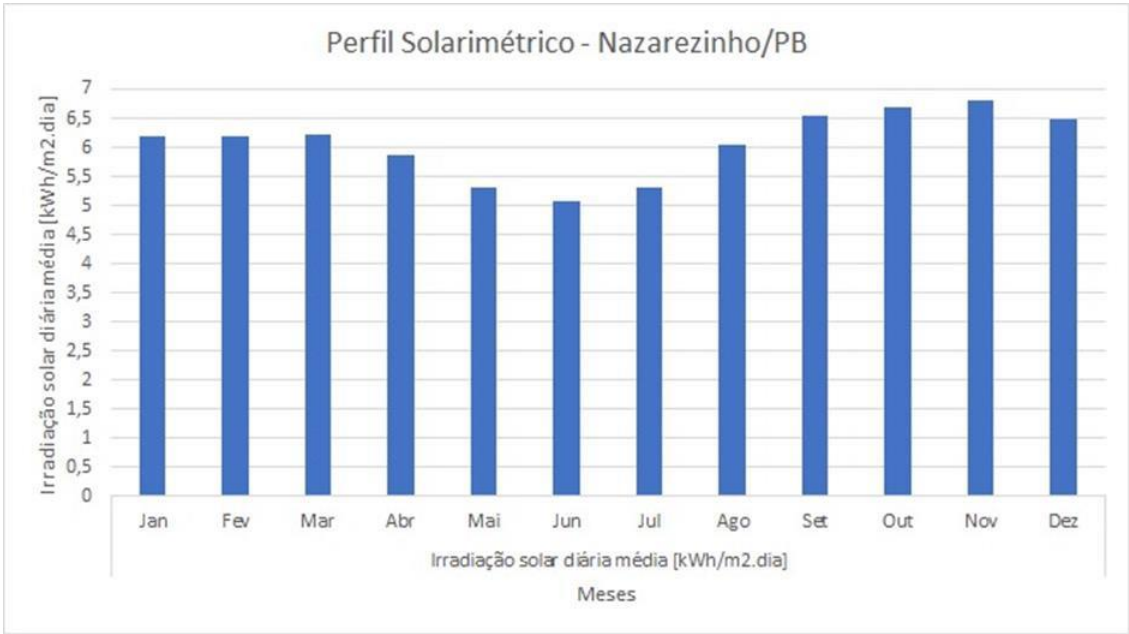
CBI_{BAT}: é a capacidade de cada bateria que compõe o banco em Ah.

Essa parte do estudo assegura a confiabilidade do projeto e garante que a demanda do produtor seja atendida pelos dois modos de armazenamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para análise da viabilidade e do aproveitamento do recurso solar, foi analisado o perfil solarimétrico de Nazarezinho. Nessa análise foi demonstrada que o município apresenta incidência da radiação solar, com variações moderadas entre os períodos sazonais. Os valores máximos de irradiação ocorrem entre os meses de setembro e dezembro, variando de 6,5 a 6,7 kWh/m². dia. Em contrapartida, os menores valores são observados entre maio e julho, com uma média entre 5,0 e 5,3 kWh/m². dia, sendo considerados aceitáveis e eficientes para sistemas fotovoltaicos, conforme apresentado na Figura 8 e Tabela 3.

Figura 8 - Análise do Perfil Solarimétrico de Nazarezinho/PB.



Fonte: CRESESB, 2025.

Tabela 3 - Irradiação Solar Diária Média Mensal (Kwh/m², dia).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
6,19	6,19	6,21	5,86	5,32	5,06	5,32	6,04	6,55	6,69	6,82	6,48
Irradiação Solar Média Anual							6,06				

Fonte: Autoria própria (2025)

Dessa forma, os dados solarimétricos analisados sustentam a seleção do município de Nazarezinho/PB como área de estudo, evidenciando sua viabilidade energética e reforçando o potencial da energia solar como uma alternativa renovável e estratégica para a matriz elétrica local.

4.1 Dimensionamento

Foi dimensionado no sistema fotovoltaico de acordo com a vazão, potência dos módulos, energia diária, seguindo esses dados com os cálculos abaixo.

Inicialmente se calculou a quantidade de módulos necessária para atender a demanda energética da localidade que é de 9,0 kwh.

$$\begin{aligned} \text{Quantidade Módulos} &= E_{\text{diária}} / (\text{HSP} \times \text{PR} \times P_{\text{módulo}}) \\ \text{Quantidade Módulos} &= \frac{9,0}{5,06 * 0,8 * 0,57} = 3,9 \approx 4 \end{aligned} \quad (1)$$

Por conseguinte, utilizando a Equação 1, calculou-se a energia média diária gerada no pior mês, considerando a potência do sistema para 4 módulos de 0,57 kWp, sendo 2,28 kWp.

$$E_{\text{diária}} = P_{\text{sist}} \times \text{HSP} \times \text{PR} = 2,28 * 5,06 * 0,8 = 9,23 \text{ kWh/dia} \quad (2)$$

Esse resultado refere-se a energia média que o sistema é capaz de produzir diariamente, no mês com menor irradiação solar.

Foi dimensionado a quantidade de baterias de acordo com a energia necessária ao longo do dia, potência dos módulos, seguindo esses dados com os cálculos abaixo.

Foi calculado a capacidade do banco de baterias necessária para atender a demanda energética da localidade que é de 9,0 kwh/dia com uma autonomia de 1 dias, com bateria de profundidade descarga de 80%.

$$CB_{C20}(\text{Wh}) = \frac{9000 * 1}{0,8} = 11.250 \text{ Wh} \quad (3)$$

$$CBI_{C20}(\text{Ah}) = \frac{11250}{24} = 468,75 \text{ Ah} \quad (4)$$

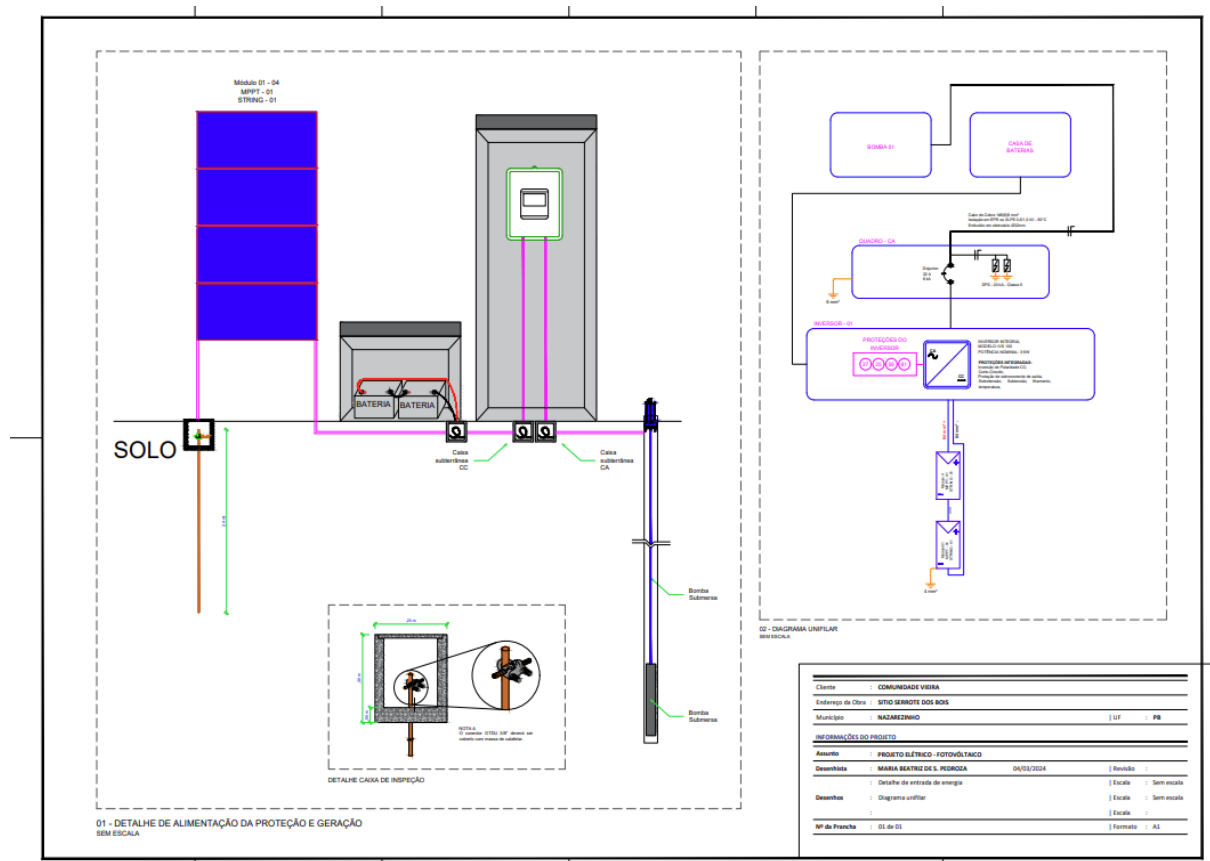
$$CBI_{C20}(Ah) = \frac{468,75}{200} = 2,34 \approx 3 \text{ baterias} \quad (5)$$

4.2 Análise Dos Sistemas Propostos

Este trabalho analisou dois sistemas: um sistema com uso de baterias e outro sistema por gravidade, sem baterias. Ambos os sistemas foram projetados com o objetivo de atender a demanda do produtor com bombeamento solar.

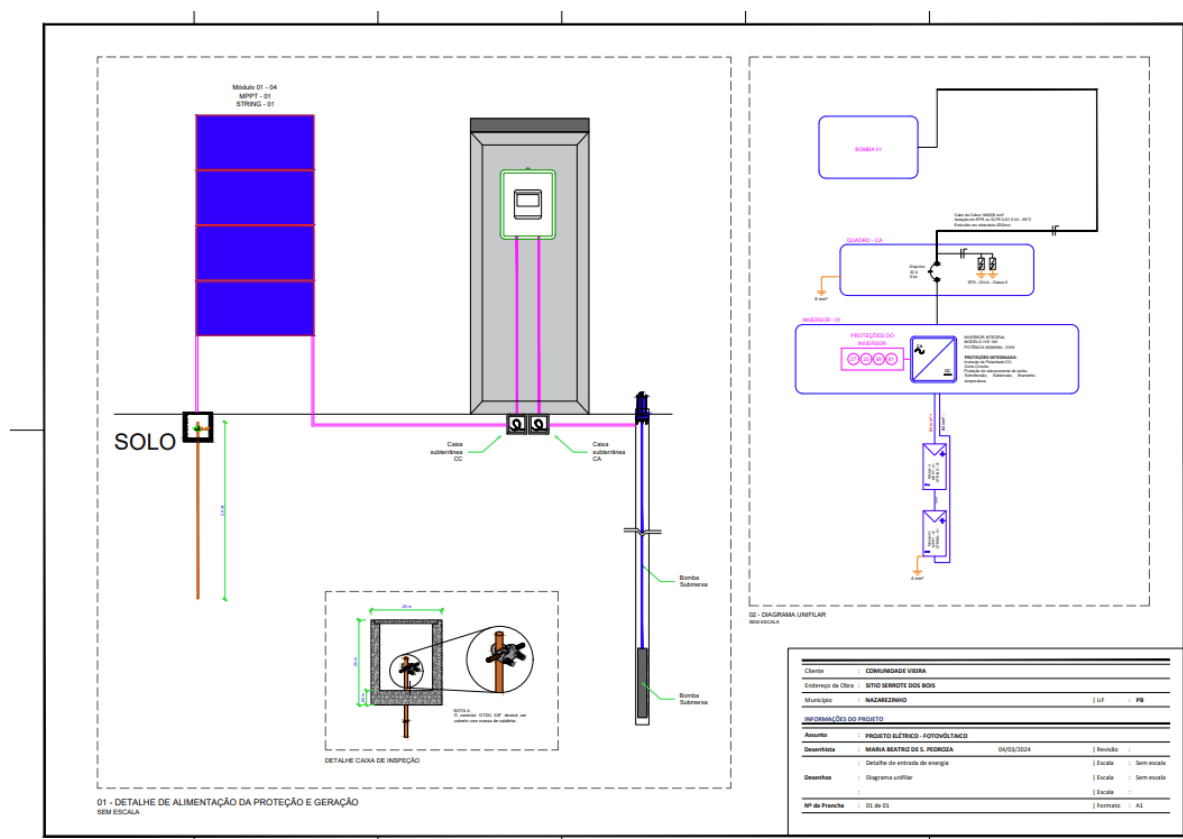
O primeiro sistema proposto foi o sistema de bombeamento solar alimentado por baterias, sem uso de reservatório. Nesse modelo, a energia gerada pelo sistema fotovoltaico fica armazenado por baterias, esse sistema pode ter um dia de autonomia, principalmente para dias nublados ou dias de chuva, o sistema alimenta uma bomba submersa de 1cv (cavalo-vapor), com vazão máxima de 3.100 litros por hora. Foi projetado o sistema no software computacional, foi definido os posicionamentos dos painéis solares, da bomba e do banco de baterias. A imagem abaixo ilustra o esquema do sistema.

Figura 9 - Bombeamento solar Armazenamento por Baterias.



O segundo sistema trata-se do sistema de bombeamento por gravidade, que não usa baterias. Nesse caso, a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos alimenta direta a bomba submersa, que leva a água para um reservatório com capacidade de 10.000 litros. Esse sistema permite que o produtor reserve a água para produção podendo ser usada em dias sem sol. Visto que o produtor tem uma demanda de aproximadamente 5 mil litros diários, esse sistema daria uma autonomia daria dois dias de autonomia. O projeto também foi desenvolvido por software computacional mostrando todas as especificações, a seguir, a ilustração do sistema por gravidade.

Figura 10 - Bombeamento solar Armazenamento por Gravidade.



A comparação entre dois sistemas visa avaliar a eficiência, facilidade de manutenção, custos e economia do produtor.

4.3 Análise De Viabilidade Técnica

A viabilidade técnica dos sistemas fotovoltaicos de bombeamentos propostos foi avaliada pelas condições operacionais, as condições locais, e a compatibilidade entre geração, demanda e armazenamento.

Os dois sistemas utilizam quatro módulos fotovoltaicos da marca TSUN, com potência de 570 Wp cada. Essa potência foi dimensionada de acordo com a irradiância solar média da cidade de Nazarezinho/PB e a vazão de performance. Os cálculos mostram que, mesmo nos meses de baixa irradiância, o sistema é capaz de gerar cerca de 6,9 kWh por dia, quantidade suficiente para alimentar a bomba submersa de 1 cv com vazão máxima de 3000 litros por hora.

No caso do sistema com bateria, foi considerada a utilização de banco de baterias com capacidade técnica suficiente para garantir o funcionamento da bomba mesmo em períodos com menor radiação solar. O armazenamento em baterias permite maior controle sobre os horários de operação, tornando o sistema mais flexível em relação ao consumo, embora aumente a complexidade, os custos e a necessidade de manutenção periódica.

No sistema com bateria, foi pensado a utilização de baterias com capacidade técnica suficiente para garantir o funcionamento da bomba em períodos sem sol, com baixa irradiância solar. Como ponto positivo, o armazenamento e baterias permite maior controle dos horários de funcionamento, embora aumente os custos e necessidade de manutenção.

No caso do sistema por gravidade, se mostra tecnicamente viável por sua simplicidade e autonomia. Nesse modelo, a energia é gerada em período de insolação e a água é armazenada em u reservatório, posicionado de forma elevada, o que permite que seja distribuída por gravidade sem necessidade de consumo adicional de energia. Esse sistema reduz os custos e os riscos associados a falhas, tornando também o sistema mais durável e sustentável.

Os dois sistemas foram projetados em planta baixa pelo AutoCAD (versão estudante), foi feito com detalhamento técnico, disposição dos módulos, e percurso hidráulico. Essas soluções propostas demonstram potencial em zonas rurais, especialmente em regiões com limites de acesso a rede elétrica.

Dessa forma, os resultados obtidos indicam que ambos os sistemas são tecnicamente viáveis, a escolha entre um modelo ou outro deve considerar orçamento, necessidade do produtor, caso haja necessidade energética em períodos nublados.

4.4 Custos Totais

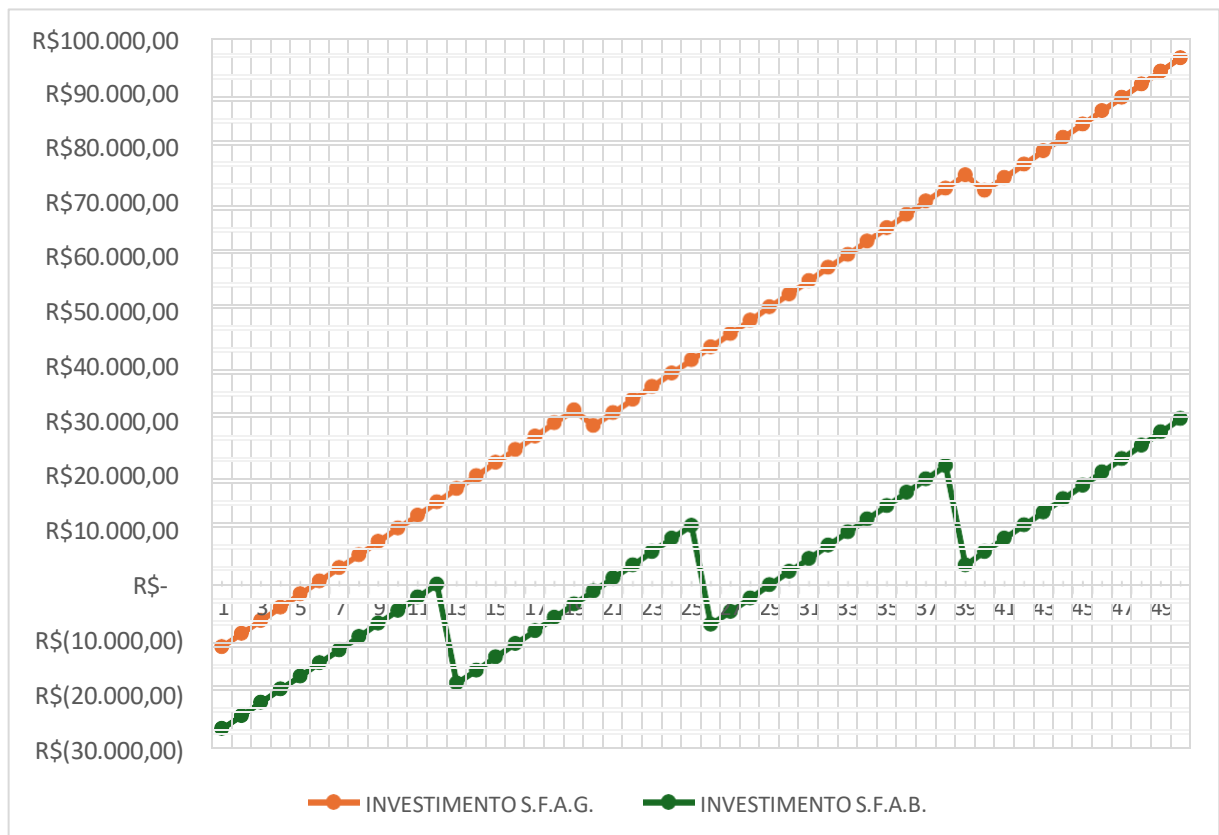
Com base nos materiais, o custo total no sistema por gravidade é de aproximadamente (R\$ 11.004,00), esse valor inclui o kit fotovoltaico, que são 4 módulos da marca Tsun de 570w (R\$ 2.712), um inversor solar híbrido (R\$ 2.449). Além disso, foi considerado o valor da bomba submersa de 1 CV, estimado em R\$ 550,00, e o valor de uma caixa d'água de 10.000 litros (R\$ 5.293) essencial para o funcionamento do sistema de bombeamento, com vida útil mínima de 20 anos.

No sistema por baterias foi considerado o mesmo kit fotovoltaico, com a mesma quantidade de módulos, sendo acrescentado apenas as baterias, foi dimensionado três baterias para esse sistema estimado em R\$ 20.2500, nesse caso o uso da caixa d'água foi dispensado, totalizando um sistema no valor de R\$ 25.961,00 aproximadamente.

Quanto à manutenção, o sistema por gravidade depende de poucos componentes móveis, apresentando custos reduzidos. A manutenção preventiva se faz com a limpeza dos módulos, verificação das conexões, e inspeção da bomba, garantindo vida útil média de 5 a 8 anos. Já o sistema com baterias, requer substituição periódica do banco de baterias, dependendo a cada 12 a 15 anos, o que ocasiona um custo adicional.

A Figura 11 apresenta a evolução temporal dos investimentos acumulados em dois diferentes sistemas de armazenamento de energia: o Sistema Fotovoltaico com Armazenamento por Gravidade (S.F.A.G.), representado pela curva laranja, e o Sistema Fotovoltaico com Armazenamento por Baterias (S.F.A.B.), representado pela curva cinza. Os dados estão dispostos ao longo de 50 anos, com os valores expressos em reais.

Gráfico 1 - Comparativo de Investimentos ao Longo do Tempo: Sistemas de Armazenamento por Gravidade e por Baterias



Fonte: Autoria própria (2025)

A curva do S.F.A.G. apresenta uma trajetória de crescimento acumulado linear e consistente, interrompida por quedas pontuais observadas nos marcos aproximados de 20 e 40 anos. Essas quedas estão associadas à substituição periódica das caixas d'água utilizadas no sistema, cuja vida útil projetada é de aproximadamente 20 anos.

Após cada substituição, o investimento acumulado sofre uma redução, retomando imediatamente sua trajetória ascendente. Esse comportamento evidencia um sistema de custos previsíveis e espaçados, permitindo planejamento financeiro de longo prazo com baixo impacto sobre a estabilidade econômica do projeto. O investimento acumulado final ultrapassa R\$90.000,00, indicando maior retorno líquido ao longo do tempo.

A curva do S.F.A.B. também apresenta crescimento acumulado ao longo do tempo, porém com quedas acentuadas em torno dos anos 13, 26 e 39. Tais reduções são atribuídas à necessidade de substituição periódica dos bancos de baterias, troca dos módulos, inversor.

As quedas nos investimentos acumulados são mais frequentes e acentuadas em comparação ao sistema por gravidade, refletindo um perfil de custo operacional mais elevado e cíclico. Apesar de apresentar recuperação entre os ciclos de substituição, o investimento acumulado ao final do período analisado é significativamente inferior, atingindo valores próximos a R\$30.000,00.

A análise evidencia que o Sistema de Armazenamento por Gravidade (S.F.A.G.) apresenta maior viabilidade econômica de longo prazo, principalmente em virtude da menor frequência e impacto financeiro das manutenções programadas. A troca de componentes de longa vida útil, como as caixas d'água, promove previsibilidade e estabilidade no fluxo de caixa do projeto.

Por outro lado, o Sistema por Baterias (S.F.A.B.) apresenta um perfil de investimento mais oneroso, com substituições recorrentes e de maior impacto financeiro. Apesar de ser uma tecnologia consolidada, os custos associados à manutenção e à vida útil limitada dos bancos de baterias reduzem significativamente o retorno acumulado ao longo do tempo.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar o impacto socioeconômico, a possibilidade de dois sistemas fotovoltaicos: um sistema alimentado por baterias e outro por gravidade. Durante os estudos, a implementação desse sistema se mostrou eficaz e econômica de acordo com as necessidades do agricultor.

O sistema com baterias mostrou-se eficaz por sua autonomia, possibilitando o uso em períodos de baixa insolação ou a noite. Porém, seu principal ponto negativo está na necessidade de manutenção periódica, o que impacta e aumenta o custo operacional.

Por outro lado, o sistema por gravidade demonstrou ser uma solução simples e econômica. Por usar um reservatório de 10.000 litros, este sistema dispensa o uso de baterias, guardando a água durante o período de insolação. Esse sistema reduz os custos e aumenta a durabilidade do sistema, sua manutenção é simples, tornando-o mais sustentável e financeiramente mais vantajoso.

Os dois sistemas utilizam quatro módulos fotovoltaicos de 570 W, da marca Tsun, e uma bomba submersa de 1cv com vazão máxima de 3.100 litros por hora. A escolha desses componentes garante eficiência e capacidade de atendimento as necessidades do produtor rural.

Na parte de economia, foi identificado que os dois sistemas são viáveis, porém o sistema por baterias necessita de um custo inicial maior e de manutenção gradativa, o que para alguns agricultores seria uma realidade inexistente. Já no sistema por gravidade o custo é menor e a necessidade de manutenção é quase inexistente, havendo um retorno financeiro mais rápido, com cerca de dois anos e meio. Após o investimento, o agricultor poderá usufruir autônoma e de baixo custo durante décadas, considerando a vida útil dos módulos fotovoltaicos.

Em conversa com o agricultor da propriedade, mostrando-o as análises dos sistemas, ele se mostra entusiasmado com os dados, visto que na agricultura cada custo reduzido faz diferença, com esse sistema o custo com bombeamento reduzirá de forma drasticamente, permitindo que a propriedade consuma os frutos praticamente sem gastos, e de forma sustentável.

Por fim, conclui-se que, apesar de o sistema com bateria oferecer autonomia, o sistema por gravidade apresenta melhor alternativa para o comprador, sua

simplicidade, menor custos e fácil manutenção fazem dele a opção mais viável e duradoura para bombeamento solar.

6 REFERÊNCIAS

ADMIN. **Guia Completo do Bombeamento Solar - Critéria Energia Solar.** Disponível em: <<https://criteriaenergia.com.br/guia-completo-do-bombeamento-solar/>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

ALFACOMPBRASIL. **Arquivos abastecimento de água - Alfacomp.** Disponível em: <<https://alfacomp.net/tag/abastecimento-de-agua/?hl=pt-BR>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

AQUINO, JOÃO, S. Geração solar / Solar energy. **Core.ac.uk**, 2018.

Bombagem. Disponível em: <<http://www.soupinto.com/bombagem.html>>. Acesso em: 18 maio. 2025.

Bombeamento Solar: Abastecimento e Irrigação Sustentáveis! Disponível em: <<https://solledenergia.com.br/bombeamento-solar/#abastecimento-de-agua-para-animais>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

CAMPOS, Mayara Soares; DE ALCANTARA, Licinius Dimitri Sá. Sistema de bombeamento fotovoltaico para irrigação na agricultura familiar. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 1, p. 205-214, 2018.

Como é feito o bombeamento de água? Disponível em: <<https://casadoconstrutor.com.br/pt-br/blog/como-e-feito-o-bombeamento-de-agua>>. Acesso em: 10 jun 2025.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

DE OLIVEIRA, Luiz FC et al. Potencial de redução do consumo de energia elétrica pela utilização de aquecedores solares no Estado de Goiás. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 406-416, 2008.

Energia Total. Disponível em: <<https://www.energiatotal.com.br/solucao-em-bomba-solar-para-irrigacao>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

Energias renováveis na agricultura - Iberdrola. Disponível em: <<https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/energias-renovaveis-agricultura>>. Acesso em: 8 abr. 2025.

FLORES MELÉNDEZ, T.; PAULO, S. **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO USP Programa de Pós-Graduação em Energia PPGE (EP / FEA / IEE / IF) AVALIAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE BOMBEAMENTO.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-30062009-141639/publico/Teddy.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2025.

FURTADO, Josianny Patricia Sanches. **Dimensionamento e Otimização de um Sistema de Bombeamento Fotovoltaico para Irrigação: Ilha de Santiago, Santa Cruz.** 2020. Dissertação de Mestrado. Instituto Politecnico de Braganca (Portugal).

KOLLING, Evandro M. et al. Análise operacional de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 527-535, 2004.

LACERDA, Francinete Francis et al. Conceito de sistemas agrovoltáticos no Nordeste: uma solução de desenvolvimento ecossustentável para o Semiárido nordestino. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 42, p. e189543-e189543, 2022.

MORALES, Luis Roberto Valer. **A utilização de sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação em pequenas propriedades rurais**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-10112011-105243/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

MOREIRA DE PAULA, Guilherme e colab. **Sistema “off-grid” Para Locais Remotos**. [S.l: s.n.], [S.d.]. Disponível em: <<https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/7dc6a72e-9c70-49b3-a558-b247161f639b/content>>. Acesso em: 3 jun 2025.

NIEDZIALKOSKI, Rosana Krauss et al. Avaliação de um sistema fotovoltaico utilizado para o bombeamento de água em Cascavel/PR. **Acta Iguazu**, v. 1, n. 3, p. 44-49, 2012.

O que são os sistemas fotovoltaicos OffGrid? | TRX Solar. Disponível em: <<https://loja.trxsolar.com/loja/noticia.php?loja=655927&id=31>>. Acesso em: 3 jun 2025.

Pecuária: o que é, tipos, importância, impactos - Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/pecuaria.htm#:~:text=Pecu%C3%A1ria%20%C3%A9%20atividade%20produtiva,%C3%A0%20confec%C3%A7%C3%A3o%20de%20outros%20artigos.>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

PEREIRA DE SÁ, D. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7107/1/monopoli10000529.pdf>>.

REDAÇÃO CICLOVIVO. **Bombeamento solar fotovoltaico: entenda o que é e como funciona**. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/bombeamento-solar-fotovoltaico-entenda-o-que-e-e-como-funciona/>>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SOLAR, P. **Sistema de bombeamento com energia solar é alternativa para facilitar o acesso à água**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/noticias/materias/sistema-de-bombeamento-com-energia-solar-e-alternativa-para-facilitar-o-acesso-a-agua>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. **São Paulo: Érica**, v. 2, 2012.