

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS *CAMPUS* BAMBUÍ
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO COM ÊNFASE EM TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Bruna Aguiar de Albuquerque
Fernando Augusto Rocha de Andrade

VIABILIDADE FINANCEIRA: um estudo de caso sobre a substituição da motobomba a diesel pela solar para a extração de água potável de um poço artesiano no município Wanderley/BA

BambuÍ

2023

BRUNA AGUIAR DE ALBUQUERQUE
FERNANDO AUGUSTO ROCHA DE ANDRADE

VIABILIDADE FINANCEIRA: um estudo de caso sobre a substituição da motobomba a diesel pela solar para a extração de água potável de um poço artesiano no município Wanderley/BA

Trabalho de conclusão de curso de
Especialização em Gestão com
Ênfase em Tecnologia e Inovação,
Instituto Federal de Minas Gerais -
Campus Bambuí para obtenção do
Certificado de Especialista.
Orientadora: Prof^ª Paula Andréa
de Oliveira e Silva Rezende

Bambuí

2023

Bruna Aguiar de Albuquerque
Fernando Augusto Rocha de Andrade

VIABILIDADE FINANCEIRA: um estudo de caso sobre a substituição da motobomba a diesel pela solar para a extração de água potável de um poço artesiano no município Wanderley/BA

Trabalho de conclusão de curso de
Especialização em Gestão com
Ênfase em Tecnologia e Inovação,
Instituto Federal de Minas Gerais -
Campus Bambuí para obtenção do
Certificado de Especialista.

Aprovado em: ___/___/_____ pela banca examinadora

Prof^a. Paula Andréa de Oliveira e Silva Rezende IFMG (Orientadora)

Prof^a. Dr^a Maria das Graças Oliveira

Prof^a. Msc. Liliane de Oliveira Rezende

RESUMO

O presente estudo de caso contextualiza a substituição de um sistema de bombeamento de água potável de um poço artesiano movido a óleo diesel por um sistema movido a energia solar fotovoltaica. Neste contexto, além de substituir a energia fóssil por renovável e como análise, o estudo apresentou a viabilidade financeira com relação ao retorno do investimento e o impacto no resultado financeiro da Fazenda Fortaleza. Por isso, atualmente, investe-se muito em formas de energia renováveis, ou seja, que agride menos o meio ambiente, conseguindo satisfazer as necessidades dos proprietários rurais e da comunidade. Em termos complementares, as análises apresentadas neste trabalho evidenciaram a implementação de sistema fotovoltaico, no qual é uma excelente alternativa para reduzir impactos ambientais e aumentar a lucratividade da Fazenda.

Palavras-chave: Bombeamento de água; Energia elétrica; Energia solar fotovoltaica; Pannel solar; Viabilidade financeira.

ABSTRACT

This case study contextualizes the replacement of a drinking water pumping system from an artesian well powered by diesel oil with a system powered by photovoltaic solar energy. In this context, in addition to replacing fossil energy with renewable energy and as an analysis, the study presented the financial viability in relation to the return on investment and the impact on the financial result of Fazenda Fortaleza. For this reason, a lot is currently being invested in forms of renewable energy, that is, those that are less harmful to the environment, managing to satisfy the needs of rural landowners and the community. In complementary terms, the analysis presented in this work evidenced the implementation of a photovoltaic system, which is an excellent alternative to reduce environmental impacts and increase the Farm's profitability.

Keywords: Water pumping; Electricity; Photovoltaic solar energy; Solar panel; Financial viability.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - - Movimentos de Rotação e Translação da Terra	16
Figura 2 - Exemplo de um Sistema de Aquecimento Solar de Água	17
Figura 3 - Parede de Trombe para Aquecimento de Interiores.....	18
Figura 4 - Concentrador Parabólico	19
Figura 5 - Concentrador Central e Torre Central	19
Figura 6 - Composição de uma célula fotovoltaica	20
Figura 7 - Associação em Série X Paralelo	22
Figura 8 - On-Grid X Off-Grid.....	23
Figura 9 - Diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico de abastecimento de água	24
Figura 10 - Região de aplicação dos SBFVs	25
Figura 11 - Configurações utilizadas para sistemas de bombeamento fotovoltaico.....	26
Figura 12 - Tipos de motobombas para SBFVs em função da profundidade e da vazão.....	27
Figura 13 - Mapas de Recursos Solares do Brasil	31
Figura 14 - Bebedouro Utilizado pelo Rebanho.....	32
Figura 15 - Distância da Bomba e o Bebedouro.....	33
Figura 16 - Sala da Motobomba	34
Figura 17 - Gerador de Energia Bomba Solar OFF GRID.....	35
Figura 18 - Sistema de bombeamento fotovoltaico para um poço	36
Figura 19 - Gráfico Payback para Investimento do Sistema de Bombeamento Fotovoltaico	44
Figura 20 - Comparação do DRE Antes e Após a Instalação do Novo Sistema	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Perda de carga em tubulações de PVC.....	37
Quadro 2 - Perda de carga em conexões de PVC.....	38
Quadro 3 - Eficiências de SBFVs.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz Elétrica Brasileira – 2017 a 2021.....	13
Tabela 2 - Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Consumo Diário Médio de Água	34
Tabela 3 - Custo de Aquisição dos Equipamentos e Serviço	42
Tabela 4 - Comparação do Custo Mensal da Operação das Motobombas	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos.....	10
<i>1.1.1 Objetivo Geral</i>	<i>10</i>
<i>1.1.2 Objetivos Específicos</i>	<i>11</i>
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Energia.....	12
2.2 Energia Solar	14
<i>2.2.1 Tipos de Geração Solar</i>	<i>16</i>
<i>2.2.2 Sistema Fotovoltaico Autônomo (Off-Grid) de Bombeamento de Água</i>	<i>23</i>
3 METODOLOGIA.....	29
4 ESTUDO DE CASO	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade utiliza a energia elétrica de maneira intensiva, principalmente nos países mais desenvolvidos. Isso se deve ao avanço de tecnologias, bem como ao crescimento populacional e industrial e, também, aos padrões de consumo da sociedade. De acordo com o Balanço Energético Nacional (2022), o Brasil possui como principal fonte a energia hidrelétrica. No período de 2017 a 2021 observou que a oferta hidráulica teve uma redução de 8,3%; a oferta de gás natural aumentou 2,3%; biomassa e nuclear reduziram 0,3%; energia eólica aumentou de 3,8%; a oferta de derivados do petróleo manteve igual; carvão aumentou 0,3% e a energia solar aumentou 2,4% .

Para tanto, o trabalho justifica-se na necessidade do uso consciente da eletricidade, como forma de reduzir os efeitos negativos causados pelos seres humanos no planeta Terra. Nesta perspectiva, a utilização de tecnologias mais limpas e eficientes, bem como a elaboração de planejamento de políticas energéticas tornam-se ferramentas importantes como forma de melhoria de qualidade de vida, principalmente em países emergentes.

Com isso, constata-se que muitas são as fontes primárias de energia disponíveis. Entretanto, vale enfatizar que, neste trabalho, será abordada a energia solar. Ao se avaliar a implantação de geração solar de energia elétrica deve-se primeiramente selecionar a melhor tecnologia que reúna os melhores benefícios. Entre os mais comuns é possível citar quatro tipos de tecnologias de geração de energia por meio do sol: sistemas de aquecimento solar de água, sistemas de concentrador solar, paredes solares e sistemas fotovoltaicos que serão aplicados no estudo de caso.

Assim, a sustentabilidade e a preocupação na redução de poluentes e impactos são assuntos que ganharam espaço em todos os setores, tanto nas propriedades rurais destinadas à prática da agricultura e/ou pecuária quanto na sociedade, e a geração de eletricidade por meio da luz solar mostrou-se uma alternativa sustentável e de grande potencial.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- Desenvolver o estudo de viabilidade financeira para substituir a motobomba a diesel por uma movida a energia solar sem perder eficácia no abastecimento do bebedouro.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar uma proposta que contribua para a redução da emissão de poluição;
- Analisar a diminuição da despesa operacional da criação de bovinos na Fazenda Fortaleza.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia

“As fontes primárias são aquelas oriundas da natureza em sua forma direta, ou seja, antes de ser convertida ou transformada em formas de energia secundárias ou terciárias” (Energês, 2020). Além desta afirmação, ressalta-se que para a produção de energia útil, oito importantes fontes primárias são utilizadas, quais sejam:

1. combustíveis fósseis;
2. radiação solar;
3. ventos;
4. recursos hídricos;
5. biomassa;
6. elementos radioativos;
7. geotermas;
8. oceanos.

Consequentemente, há o aumento de agentes poluentes no meio ambiente que são causadores de vários efeitos, tais como: desmatamento e desertificação, poluição do solo, do ar e das águas subterrâneas, aquecimento global, efeito estufa e chuva ácida, assim como esgotamento de recursos naturais não renováveis.

Há, então, a necessidade de se preservar o ambiente de maneira aliada ao desenvolvimento humano. Assim, com aplicação do desenvolvimento sustentável é possível melhorar a qualidade de vida do ser humano e respeitar a capacidade de produção dos ecossistemas. Cabe destacar a grande relevância do desenvolvimento sustentável - no que diz respeito à preservação do meio ambiente e a importância da união de países, com o propósito de diminuir a emissão de poluentes, a fim de amenizar os problemas causados no ambiente.

Neste contexto, entende-se que a importância de se amenizar a quantidade de poluentes no meio ambiente deve-se ao fato de que um dos principais riscos ambientais enfrentados até os dias atuais é o efeito estufa, que está associado à elevação do consumo de energia, ou seja, quando se utiliza fontes que emitem gases poluentes na atmosfera. Portanto, a relevância

fundamental de se estudar os sistemas fotovoltaicos parte da preocupação com a presente utilização das fontes de energia, bem como com as futuras gerações.

Outra grande preocupação é com a escassez do petróleo, tendo em vista que a reserva de combustíveis fósseis está se esgotando. A energia que movimenta a atividade econômica é fornecida pela queima de combustíveis fósseis, que produz o dióxido de carbono (PIVA, 2010). Dessa maneira, devido à escassez de recursos naturais não renováveis, a busca por fontes de energias renováveis e limpas é crescente. Diferentemente da energia não-renovável, a energia renovável tem como base matéria-prima que pode ser recomposta pela natureza, ou seja, é considerada uma fonte inesgotável a longo prazo.

Na tabela 1 é possível perceber que o país possui como principal fonte as hidrelétricas; além disso, apresenta a oferta de energia entre os anos 2017 a 2021. Pode-se perceber, portanto, que a oferta hidráulica teve uma redução de 8,3%. Já a oferta de gás natural teve um acréscimo de 2,3%; a oferta de biomassa e nuclear redução de 0,3%; a oferta de energia eólica aumentou de 3,8%; a oferta de derivados do petróleo manteve igual; a oferta de carvão aumentou 0,3% e a oferta de energia solar aumentou 2,4%.

Tabela 1 - Matriz Elétrica Brasileira – 2017 a 2021

Matriz Elétrica	2017	2018	2019	2020	2021	Δ 2021 - 2017
Carvão e Derivados	3.6%	3.2%	3.3%	2.7%	3.9%	0.3%
Hidráulica	65.1%	66.6%	64.9%	65.2%	56.8%	-8.3%
Biomassa	8.5%	8.5%	8.4%	9.1%	8.2%	-0.3%
Eólica	6.8%	7.6%	8.6%	8.8%	10.6%	3.8%
Solar	0.1%	0.5%	1.0%	1.7%	2.5%	2.4%
Gás Natural	10.5%	8.6%	9.3%	8.3%	12.8%	2.3%
Derivados de Petróleo	3.0%	2.4%	2.0%	2.1%	3.0%	0.0%
Nuclear	2.5%	2.5%	2.5%	2.2%	2.2%	-0.3%

Fonte: Adaptado (agrupamento dos dados na tabela e cálculo da variação entre 2017 e 2021) do BEN 2018, BEN 2019, BEN 2021 e BEN 2022.

Com o passar dos anos, houve uma elevação no número de habitantes e como consequência, a demanda por consumo de energia elétrica cresceu de acordo com o desenvolvimento do país. No entanto, mesmo com o aumento populacional e a contínua dependência por energia, muitas vezes, falta conscientização por parte da sociedade em saber como essa energia elétrica é gerada e quais são os impactos socioambientais causados por ela e como economizá-la.

A maior parte da energia elétrica que a população brasileira consome é gerada em usinas hidrelétricas, consideradas fonte de energia renovável. Porém, com a utilização desta fonte de energia há a emissão de poucos Gases de Efeito Estufa (GEE). Além disso, depende da chuva para movimentar as turbinas. Contudo, para que não falte energia em períodos de escassez, há a necessidade de se acionar termelétricas movidas a combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural e derivados de petróleo). Diante disso, há o aumento de GEE emitidos no meio ambiente, bem como o aumento na conta de luz do consumidor.

Para tanto, é necessário o uso consciente da eletricidade, como forma de reduzir os efeitos negativos causados pelos seres humanos no planeta Terra. Nesta perspectiva, a utilização de tecnologias mais limpas e eficientes, bem como a elaboração de planejamento de políticas energéticas, tornam-se ferramentas importantes como forma de melhoria de qualidade de vida, principalmente em países emergentes.

Com isso, constata-se que muitas são as fontes primárias de energia disponíveis, entretanto, vale enfatizar que, neste trabalho, será abordada a energia solar, pelo fato de o sol ser a maior fonte primária de energia renovável do planeta, além de ser também responsável pelo desenvolvimento e pela vida na terra, devido à grande quantidade de calor e luz que são fornecidos por ele (Alves, 2019).

2.2 Energia Solar

De acordo com Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2017), a energia solar é uma fonte inesgotável, uma vez que a escala de tempo da vida no planeta Terra deve ser considerada. O sol é uma estrela média que irradia energia devido às reações de fusão nuclear dos átomos de Hidrogênios para formar Hélio e, por este motivo, o sol é uma das possibilidades energéticas mais vantajosas para a humanidade.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019) assegura que, o sol é o maior corpo do sistema solar, com massa de $1,989 \times 10^{30}$ kg, o que representa 99,8% da massa total do sistema solar (composto pelo Sol e todos os corpos celestes que orbitam ao redor dele). O sol tem um raio de cerca 695 km e encontra-se a, aproximadamente, 150 milhões de km da Terra. Além disso, é composto principalmente por hidrogênio (91%) e hélio (8,9%). A temperatura no núcleo do sol é de aproximadamente $15.000.000$ °C e, na superfície, chega a 5.500 °C.

A origem da maioria das fontes de energia existentes vem desta estrela (o sol) para a Terra, podendo ser citada a geração de hidrelétrica, que se dá por meio da evaporação, responsável pelo ciclo das águas e que possibilita, assim, o represamento de rios para a consequente geração. Já a energia eólica advém dos ventos, por meio da radiação solar que induz a circulação atmosférica em larga escala. Assim, também, a energia da biomassa (lenha, carvão vegetal, álcool, etc.) depende da radiação solar para o processo de fotossíntese, em que é diretamente absorvida e armazenada nas ligações químicas de moléculas orgânicas e que serve para sustentar toda a cadeia alimentar do planeta.

Durante todo o ano, o Brasil apresenta grande potencial de aproveitamento de energia solar e em locais mais afastados dos centros urbanos podem utilizar essa energia para o próprio desenvolvimento da região. A atmosfera terrestre recebe, anualmente, $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia solar. Isso indica que a radiação solar, além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, também se constitui enquanto uma inesgotável fonte energética, em que há um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outra forma de energia, a exemplo da térmica e da elétrica, dentre outras (CRESESB-CEPEL, 2008).

A energia do sol irradia na Terra o suficiente para atender dez mil vezes o consumo anual de energia do mundo e produz em torno de 1.700 kWh de energia elétrica por ano, para cada metro quadrado de área. Já a disponibilidade de radiação solar é dependente da latitude da região, uma vez que o movimento da terra em torno do sol é descrito por um plano inclinado de 23,5º em relação ao plano do Equador (EPE, 2006-2007).

Há radiação em todas as regiões do espectro. Porém, os olhos humanos são sensíveis a menos de um oitavo dessa radiação, cerca de 400 a 750 THz (400 a 750 nm) - região visível, a qual é estreita. Contudo, o sol possui 45% de toda a energia. Conhecida como constante solar, a densidade de potência da radiação solar tem valor de 1360 Wm^2 , aproximadamente. Tal densidade indica o número de Watts por metro quadrado (fluxo de energia) e varia de acordo com a distância entre a terra e o sol (Rosa, 2015).

Vale destacar que a figura 1, a seguir, mostra o movimento de rotação e translação que a Terra faz em torno do sol e a representação das estações, em que o primeiro movimento de rotação se refere ao movimento que a Terra realiza ao redor de seu próprio eixo imaginário e leva, aproximadamente, 24 horas para se completar (este período é chamado de dia). Durante este intervalo de tempo uma parte do planeta está iluminada enquanto outra está escura, o que origina

os dias e as noites. O segundo movimento de translação se refere ao movimento que a Terra realiza ao redor do sol e tem duração de, aproximadamente, 365 dias (esse período é chamado de ano).

Figura 1 - Movimentos de Rotação e Translação da Terra



Fonte: MAGNOLI, D.; SCALZARETTO, R. citado por ANEEL, 2002.

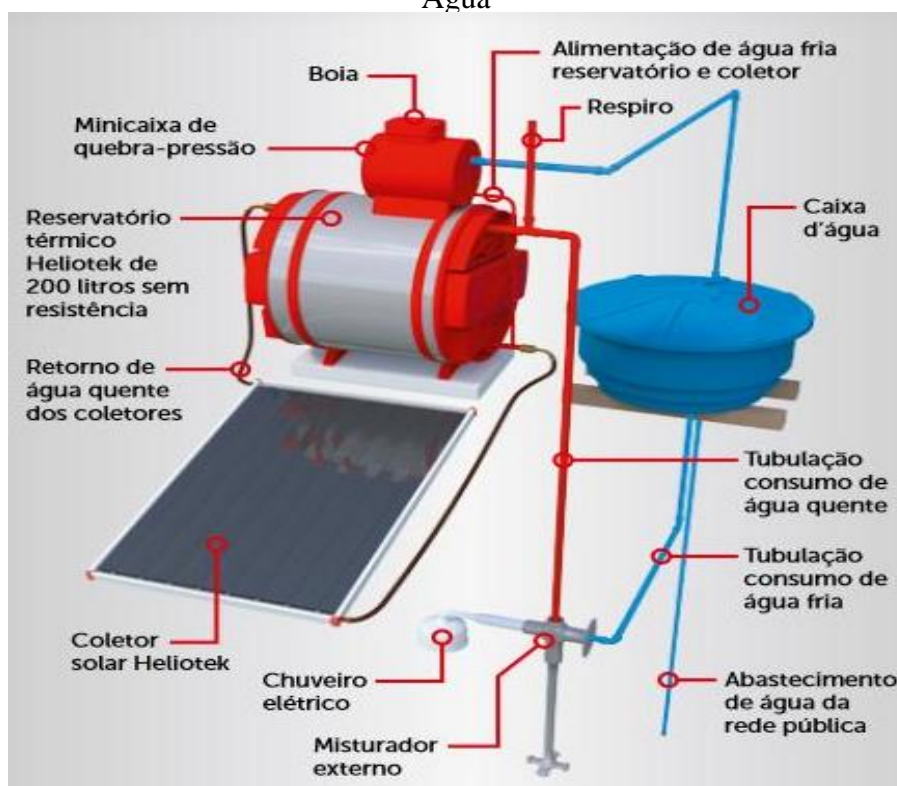
A energia total que incide sobre a Terra - radiação solar - depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano) e, portanto, estão relacionados com o movimento de rotação e de translação. Muitas são as aplicações da fonte de energia solar provenientes dos raios solares. Pode-se destacar a geração direta (energia solar fotovoltaica) e indireta (energia heliotérmica, conversão de irradiação solar em calor para geração de energia elétrica) de eletricidade, além da energia solar térmica (geração de calor para aquecer fluidos, bem como secagem e aquecimento industrial).

2.2.1 Tipos de Geração Solar

Ao se avaliar a implantação de geração solar de energia elétrica deve-se primeiramente selecionar a melhor tecnologia que reúna os melhores benefícios. Em seguida, serão apresentados quatro tipos de tecnologias de geração de energia por meio do sol: sistemas de aquecimento solar de água, sistemas de concentrador solar, paredes solares e sistemas fotovoltaicos que serão aplicados no estudo de caso.

O sistema de aquecimento solar é um sistema convencional que produz água quente expondo a água ao calor do sol ou aquecendo-a por meio de um fluido que percorre um sistema fechado. O sistema de aquecimento solar utiliza como fonte térmica a radiação solar, conforme apresentado na figura 2, mas pode complementar o aquecimento utilizando um sistema elétrico auxiliar.

Figura 2 - Exemplo de um Sistema de Aquecimento Solar de Água



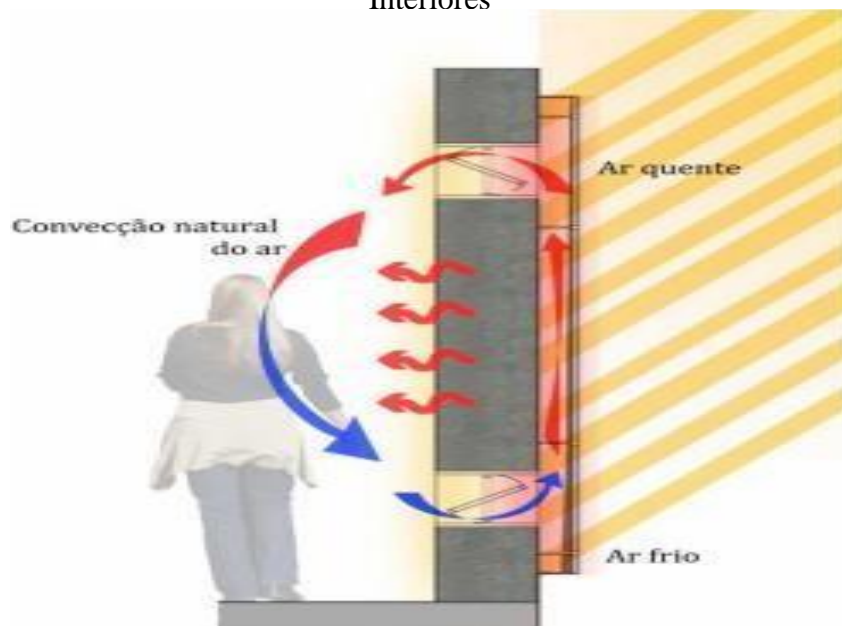
Fonte: HELIOTEK, 2023.

Os sistemas de aquecimento solar são bem difundidos em residências para reduzir a dependência dos chuveiros elétricos e, conseqüentemente, aliviar a malha energética brasileira. A Parede Trombe é um dispositivo que pode ser utilizado tanto para aquecimento como no resfriamento de interiores das edificações. Como o estudo é sobre a radiação solar, será enfatizado a sua aplicação no aquecimento.

O princípio da parede trombe é o aproveitamento da radiação solar que incide sobre uma estrutura de grande inércia térmica, semelhante a uma pequena estufa no qual o ar no exterior é aquecido e adentra a edificação. Conforme ressalta Cavalcanti (2013), a configuração de uma

parede trombe para aquecimento apresenta duas estratégias, pois além de permitir o aquecimento do interior de ambientes, possibilita a renovação do ar. Na Figura 3 é apresentada uma parede trombe.

Figura 3 - Parede de Trombe para Aquecimento de Interiores



Fonte: FIGUEROLA, 2016.

A parede trombe é indicada para locais de climas com grande variação de temperatura diária. O sistema de concentrador solar utiliza grande quantidade de superfície parabólica e reflexiva no intuito de direcionar a energia solar para um único ponto, produzindo assim um intenso calor, que possibilita a conversão em eletricidade.

Quando se discute o sistema de concentrador solar, dois métodos são mais comumente utilizados na conversão da energia térmica em elétrica. Um dos sistemas utiliza concentradores parabólicos no aquecimento de água para produzir vapor. Um outro tipo de sistema são superfícies reflexivas e uma torre central de energia que transfere calor para um fluido para gerar vapor.

Em ambos os casos, o vapor é utilizado para movimentar turbinas realizando assim a conversão em energia elétrica. Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os tipos de concentradores solares descritos anteriormente. Um benefício primordial do sistema de concentrador solar é que os fluidos aquecidos podem ser armazenados para gerar energia mesmo com radiação solar baixa (Pinho e Galdino, 2014).

Figura 4 - Concentrador Parabólico



Fonte: SEBASTIÁN, 2015.

Figura 5 - Concentrador Central e Torre Central



Fonte: MCKENNA, 2013.

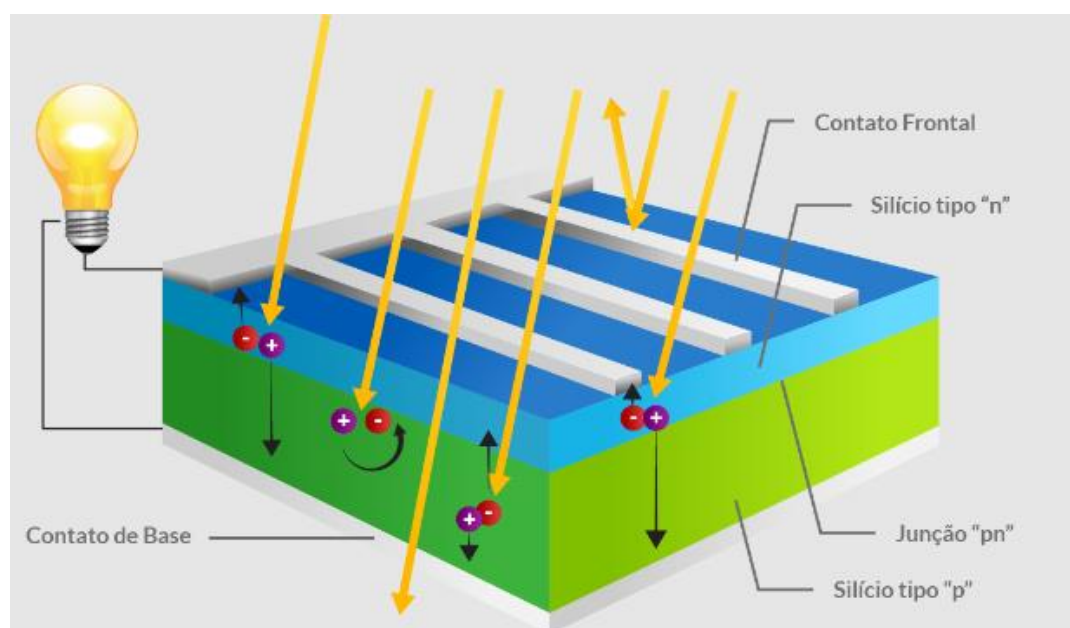
A energia do sistema fotovoltaico é proveniente de uma fonte abundante (o sol), além de ser considerada inesgotável em nosso planeta. Essa fonte de luz e vida produz energia renovável, limpa e silenciosa. E vale afirmar que o sol é repleto de átomos que transformam massa em energia. O sol transforma 657 milhões de toneladas de hidrogênio em 653 milhões de toneladas de hélio e os outros 4 milhões de toneladas se transformam em energia e se descarregam no espaço na forma de radiação solar. Porém, a energia eletromagnética que a Terra recebe é de apenas dois bilionésimos.

Um dos processos de aproveitamento da luz solar mais utilizado é o fotovoltaico. Com o propósito de gerar energia elétrica, esse processo se dá a partir da conversão direta da luz solar e eletricidade, por meio do efeito fotovoltaico. Esse tipo de conversão ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas, que são componentes optoeletrônicos que convertem a

radiação solar em eletricidade de forma direta. Além disso, materiais semicondutores, como o silício, são fundamentais na construção dessas células.

O efeito fotovoltaico é produzido por essa incidência que, além de fazer circular uma corrente elétrica no material, cria a energia elétrica. Por meio do efeito fotovoltaico há o desenvolvimento da diferença de potencial entre os dois eletrodos, devido à transferência de elétrons gerados entre as diferentes bandas do material (CEMIG, 2012, p. 16). A figura 6, abaixo mostra como a energia é obtida por meio da conversão direta da luz em eletricidade, por meio do efeito fotovoltaico.

Figura 6 - Composição de uma célula fotovoltaica



Fonte: GEPEA, 2023.

A maneira com que o semicondutor se transforma em uma célula fotovoltaica é por meio de etapas como purificação e dopagem, de forma que, esta última, consiste na adição de alguns elementos químicos, tais como o boro e o fósforo, com o propósito de alterar as propriedades elétricas. Dessa maneira, duas camadas na célula são criadas: camada tipo p (excesso de cargas positivas) e tipo n (excesso de cargas negativas), relativas ao silício puro.

Assim, para que se produza energia elétrica, é necessária a incidência de luz solar nos módulos que são compostos por células fotovoltaicas. Essa conversão direta de raios solares em energia elétrica se dá a partir dessas células, as quais são compostas por elementos semicondutores,

em que geralmente se utiliza o silício. Essa luz solar atua como um fluxo de partículas (fótons). Quando a junção N-P é iluminada ocorre o fenômeno de absorção dos fótons por parte dos elétrons (efeito fotoelétrico) e, assim, alguns passam da banda de valência para a banda de condução.

Desta maneira, os elétrons que atingem a banda de condução vagueiam pelo semicondutor até o momento em que são puxados pelo campo elétrico que existe na região de junção. Por meio de uma ligação externa, os elétrons são levados para fora da célula para que sejam utilizados. Cada elétron que deixa a célula é substituído por outro que retorna da carga. Assim, essa energia é convertida em energia elétrica, por meio de painéis fotovoltaicos e concentradores de radiação elétrica.

Os painéis fotovoltaicos podem ser associados em série e/ou em paralelo, de forma a se obter os níveis de corrente e tensão desejados. Tais dispositivos podem ser células, módulos ou arranjos fotovoltaicos. Os arranjos são constituídos por um conjunto de módulos associados eletricamente em série e/ou paralelo, de forma a fornecer uma saída única de tensão e corrente.

Na conexão em série, o terminal positivo de um dispositivo fotovoltaico é conectado ao terminal negativo do outro dispositivo, e assim por diante. Para dispositivos idênticos e submetidos à mesma irradiância, quando a ligação é em série, as tensões (V) são somadas e a corrente elétrica (I) não é afetada, conforme apresentado nas equações 1 e 2.

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (1)$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (2)$$

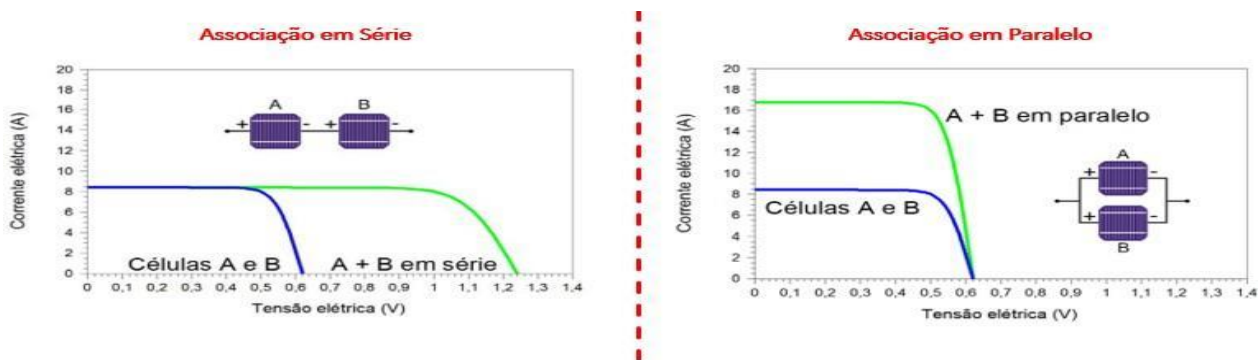
Este resultado está ilustrado na figura 7, por meio da característica I-V. Se os dispositivos são idênticos e encontram-se sob as mesmas condições de irradiância e temperatura, então, as correntes elétricas individuais são iguais. No caso de se associarem os dispositivos em série com diferentes correntes de curto circuito, a corrente elétrica da associação será limitada pela menor corrente. Entretanto, a associação de módulos de correntes diferentes não é recomendada na prática, pois pode causar superaquecimento.

Na associação em paralelo, os terminais positivos dos dispositivos são interligados entre si, assim como os terminais negativos. A figura 7 ilustra o resultado da soma das correntes elétricas em células ideais conectadas em paralelo. As correntes elétricas (I) são somadas, permanecendo inalterada a tensão (V), conforme apresentado nas equações 3 e 4.

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (3)$$

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V \quad (4)$$

Figura 7 - Associação em Série X Paralelo

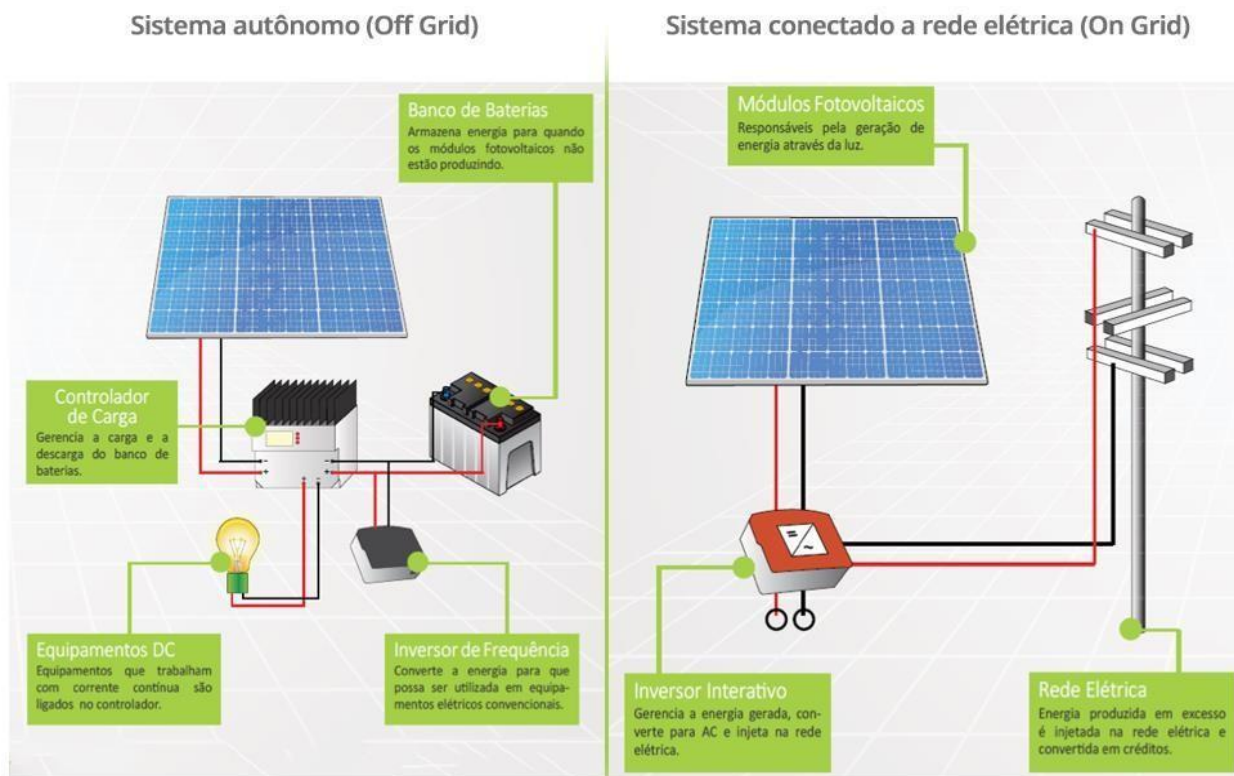


Fonte: Adaptado (as duas figura incluídas na mesma figura) de CRESESB, 2014.

Geralmente os painéis fotovoltaicos associados em série ou paralelo são utilizados em três diferentes sistemas, o autônomo (off grid), conectado à rede (on grid) e o sistema híbrido. O sistema autônomo ou isolado (off grid) não depende da rede elétrica convencional para funcionar, conforme apresentado na figura 8, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica. Existem dois tipos de autônomos: com armazenamento e sem armazenamento. O primeiro pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis.

Enquanto o segundo, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica, já que não utiliza instrumentos para o armazenamento de energia. O sistema conectado à rede (on grid) trabalha concomitantemente à rede elétrica da distribuidora de energia, conforme apresentado na figura 8. De forma sucinta, o painel fotovoltaico gera energia elétrica em corrente contínua e, após convertê-la para corrente alternada, é injetada na rede de energia elétrica. Tal conversão se dá pela utilização do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica.

Figura 8 - On-Grid X Off-Grid



Fonte: SOLAR FONTE, 2023.

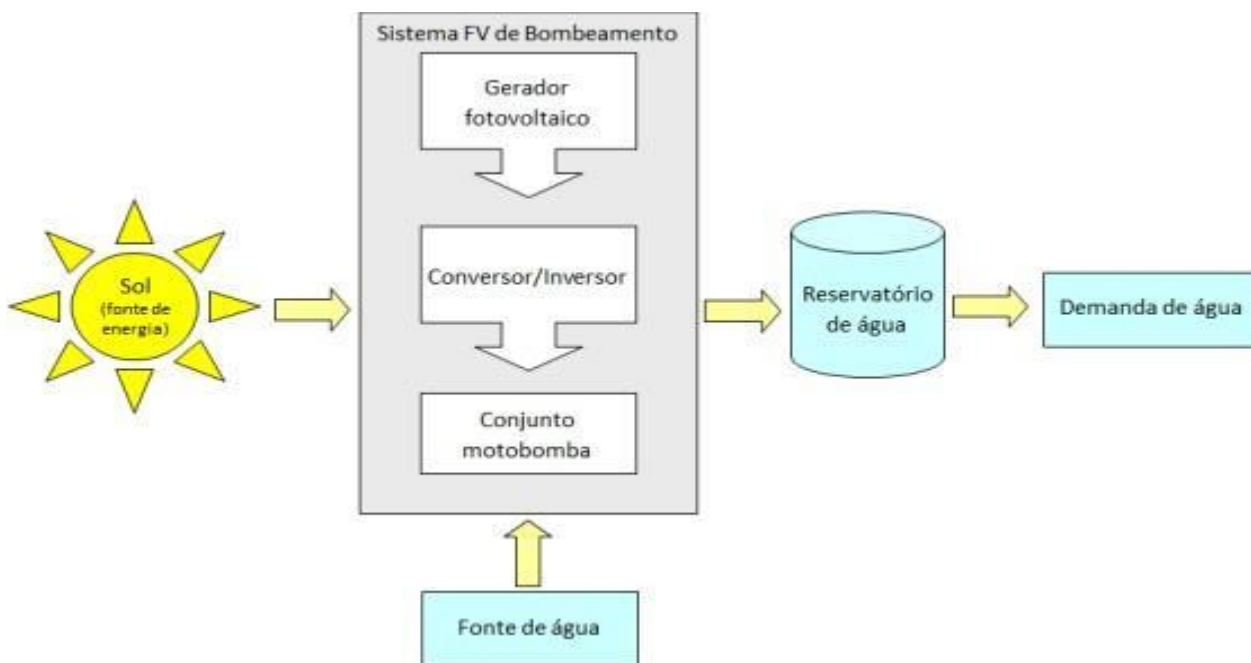
Por sua vez, o sistema híbrido associa o sistema fotovoltaico com demais fontes de energia fundamenta-se no sistema híbrido. O seu maior benefício é proporcionar eletricidade (armazenada nas baterias), na privação de sol, ou seja, em dias de baixa, ou nenhuma, geração. No entanto, é apontado como um sistema complexo, já que necessita integrar diversas formas de produção de energia elétrica, como motores à diesel ou gás, ou por geradores eólicos. Sistema Fotovoltaico Autônomo (Off-Grid) de Bombeamento de Água.

2.2.2 Sistema Fotovoltaico Autônomo (Off-Grid) de Bombeamento de Água

Um Sistema de Bombeamento Fotovoltaico (SBFV) é constituído por gerador fotovoltaico, dispositivo de condicionamento de potência (inversor, controlador de bomba), conjunto motobomba e reservatório de água, conforme ilustra a figura 9. Diferentemente dos sistemas domiciliares de geração de energia elétrica, geralmente não são utilizadas baterias para o armazenamento de energia, exceção feita nos casos em que a bomba é uma carga a mais de um SFI convencional (com baterias).

Como regra geral, a água é bombeada e armazenada em reservatórios, para sua posterior utilização, os quais são dimensionados para determinado número de dias de autonomia (da mesma forma que um banco de baterias).

Figura 9 - Diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico de abastecimento de água



Fonte: CRESESB, 2014.

Em utilizações comerciais, o gerador fotovoltaico costuma ser fixo, ainda que seja viável a utilização de rastreadores solares, os chamados *tracking systems*, que aumentam a captação de energia na superfície do gerador, e, portanto, a energia útil, com o conseqüente incremento do volume de água bombeado. Estudos comparativos de sistemas de bombeamento com e sem rastreadores, sob determinadas condições de funcionamento, mostraram que, no primeiro caso, o ganho na quantidade de água bombeada pode atingir até 41 % em relação ao gerador fixo.

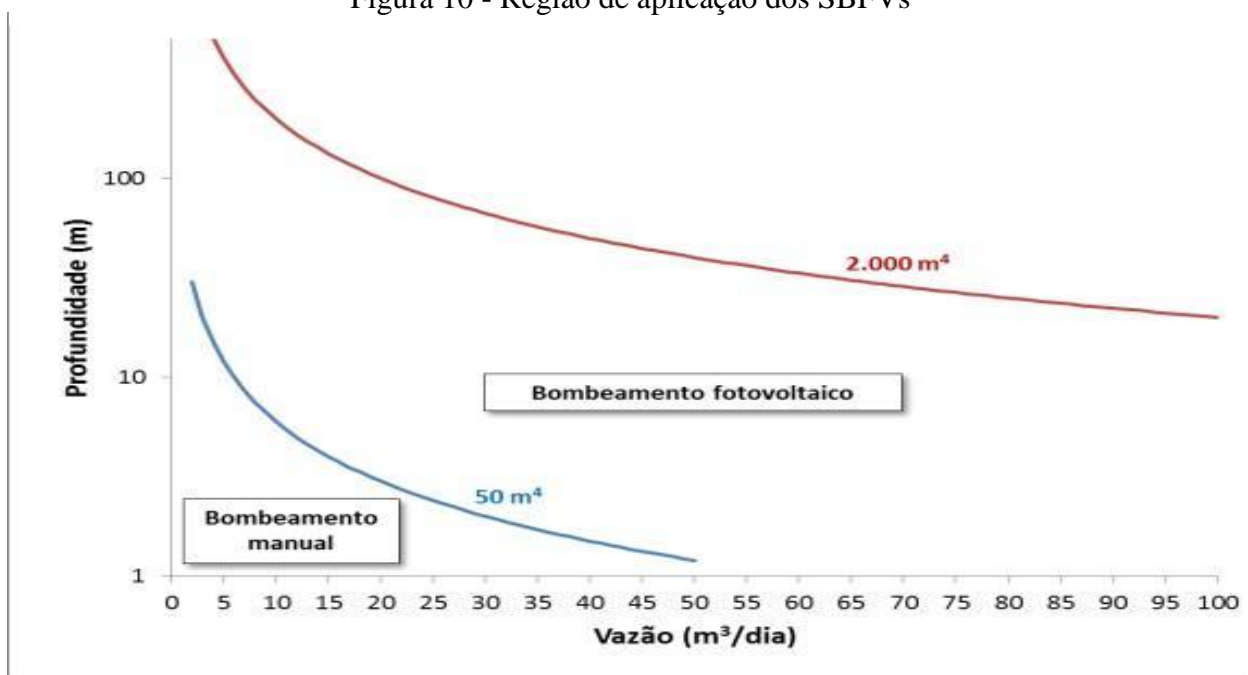
A premissa básica para a utilização de rastreadores reside na vantagem de requerer menor potência instalada do gerador fotovoltaico para a mesma quantidade de água bombeada, implicando em menor investimento em módulos fotovoltaicos, assim como ocupação de menor superfície para sua instalação.

Entretanto, a aquisição do mecanismo rastreador, sua instalação, manutenção e possível reposição ao longo da vida útil do projeto, pode não compensar economicamente, quando se comparam os seus custos com os de um sistema fixo, principalmente em função da queda contínua

do preço dos módulos fotovoltaicos. Por esse motivo, a utilização de rastreador deve ser sempre analisada em função das especificidades e dos objetivos de cada projeto.

O gráfico da figura 10 mostra a faixa de aplicação dos SBFVs, em termos da vazão e da profundidade requeridas para o sistema, utilizando o parâmetro m^4 ($m^3 \times m$). Para valores de m^4 inferiores a 50, considera-se adequado o bombeamento manual, enquanto que para valores superiores a 2.000, o bombeamento fotovoltaico não é considerado viável.

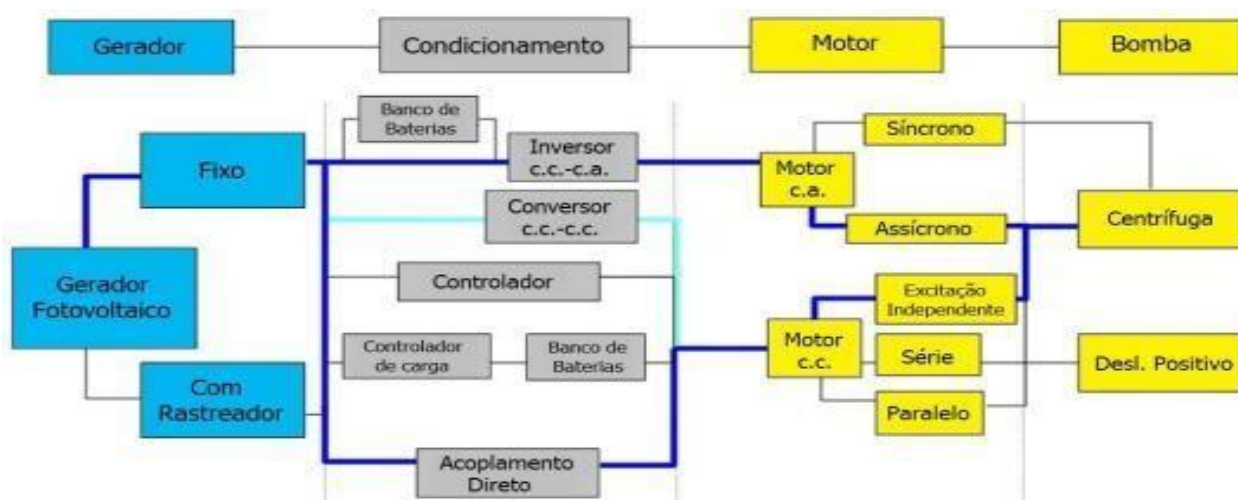
Figura 10 - Região de aplicação dos SBFVs



Fonte: CRESESB, 2014.

As configurações mais utilizadas em SBFVs são apresentadas na figura 11. As opções com linhas em azul-escuro são as de maior ocorrência, e as em azul-claro são as menos frequentes.

Figura 11 - Configurações utilizadas para sistemas de bombeamento fotovoltaico



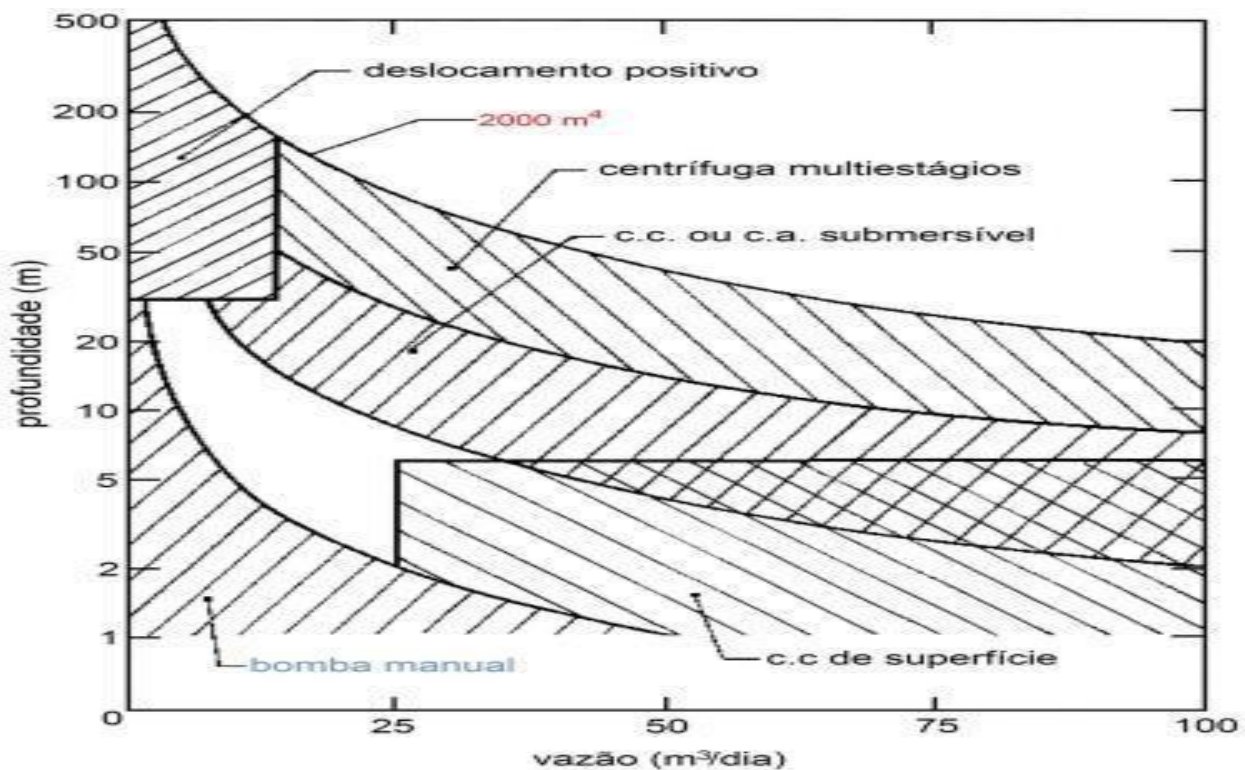
Fonte: CRESESB, 2014.

Para sistemas em corrente contínua, o condicionamento de potência pode ser feito tanto com a utilização de conversor c.c.-c.c., quanto mediante acoplamento direto gerador–motobomba. Já para sistemas em corrente alternada, são utilizados inversores c.c.-c.a. Com a finalidade de otimizar a captação de energia em condições variáveis de irradiância, em ambos os casos, podem ser utilizados seguidores do ponto de máxima potência.

Com relação às bombas, para aplicações de pequena potência (até 250 Wp), as mais utilizadas são as de deslocamento positivo de diafragma, ou ainda bombas centrífugas de estágio único ou de poucos estágios. Para aplicações de grande potência, as bombas utilizadas são as centrífugas multiestágios e de deslocamento positivo helicoidais.

As bombas centrífugas são indicadas para grandes vazões e menores alturas manométricas, pois para alturas manométricas elevadas esse tipo de bomba apresenta redução na eficiência. Já para grandes alturas manométricas e menores vazões, são mais indicadas as bombas de deslocamento positivo, principalmente do tipo helicoidal. No entanto, apesar de apresentarem maior eficiência se comparadas com as bombas centrífugas, as helicoidais exigem maior torque de arranque do motor, o que deve ser considerado no dimensionamento do gerador fotovoltaico. Diante disso, a figura 12 apresenta as faixas de operação para os diversos tipos de motobombas de SBFVs.

Figura 12 - Tipos de motobombas para SBFVs em função da profundidade e da vazão



Fonte: CRESESB, 2014.

No que concerne à otimização (técnica e econômica) de um sistema de bombeamento, além dos cuidados no dimensionamento, deve-se buscar o funcionamento no ponto de máxima potência do gerador fotovoltaico e priorizar equipamentos com reduzido torque de partida do motor. Uma tecnologia que foi desenvolvida por diversos grupos de pesquisa no Brasil é a utilização de motobombas elétricas convencionais (dotadas de motores de indução c.a. trifásicos) acionadas por inversores de frequência industriais, com programação adequada.

Embora o inversor seja um equipamento adicional, estudos mostram que pode haver redução no custo final do volume bombeado (R\$/m³), por serem utilizadas bombas mais baratas. Além disso, tratam-se de equipamentos (motobomba e inversor) de fabricação nacional, facilmente encontrados no comércio, o que facilita também a manutenção e reposição de peças.

As principais aplicações para sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água são:

- bombeamento de água residencial;
- bombeamento de água para pequenas comunidades;

- bombeamento de água para consumo animal;
- sistemas de irrigação.

Ainda que a tecnologia ofereça diversas possibilidades em termos de potência, a maioria dos sistemas de bombeamento fotovoltaico instalados no Brasil não ultrapassa os 2 kWp de potência, com altura manométrica média em torno de 60 mca e vazão de até 40 m³/dia. Ou seja, o nicho de aplicação do bombeamento fotovoltaico no país, devido a suas características de utilização, é para abastecimento humano e uso doméstico em pequenos povoados localizados em zonas rurais remotas. A utilização de sistemas fotovoltaicos de bombeamento d'água é comum nas regiões rurais de países em desenvolvimento da África, Ásia e América Latina.

3 METODOLOGIA

Segundo o autor Robert Yin (1984), ressalta a importância da coleta de evidências onde ratifica que é necessário entender que para um estudo de caso podem surgir seis fontes distintas, tem-se os documentos, registro em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. O autor menciona que dessas seis fontes requer habilidades e procedimentos metodológicos sutilmente diferentes, além da atenção que se dá a essas fontes em particular, alguns princípios predominantes que também são relevantes para o trabalho de coleta de dados na realização dos estudos de caso.

O cientista social, aborda ações que são necessárias várias fontes de evidências, ou seja, provenientes de duas ou mais que convergem em relação aos mesmos conjuntos de fatos ou descobertas. Além disso, um banco de dados também para estudo de caso, isto é, uma reunião de forma de evidências distintas a partir do relatório final.

Nesse sentido, o autor afirma também sobre o encantamento de evidências que são ligações explícitas nas questões feitas, onde o pesquisador faz a realização dos dados coletados e mostra as conclusões a que se chegou corroborando com essas incorporações desses princípios na investigação de estudo de caso, no qual aumentará substancialmente a sua qualidade, ou seja, os princípios são extremamente importantes para realizar estudos de caso na mais alta qualidade são fundamentais para todas as seis fontes de evidências e deverão ser respeitados sempre que possível.

Diante disso, esses princípios não foram projetados para aprisionar o pesquisador, mas projetados para tornar o processo tão explícito quanto possível de que forma os resultados finais e os dados que foram coletados reflitam sobre uma preocupação pela validade do constructo e pela confiabilidade dessas análises adicionais.

De igual modo, o cientista aborda que muitas vezes o pesquisador inicia o estudo de caso sem uma visão muito clara das evidências a serem analisadas e pode sentir dificuldades em realizar esse passo. Ademais, para análise das evidências é necessário adotar uma estratégia geral, onde o pesquisador poderá escolher as diferentes técnicas e concluir com sucesso a fase analítica da pesquisa.

Em síntese, para a estratégia geral existem duas que são a proposição teórica e a descrição de caso, tratando-se da proposição teórica é o conjunto de questão de pesquisas, as revisões da literatura e as interpretações que possam relação ao estudo de caso que é uma segunda estratégia

analítica geral onde se desenvolve uma estratégia descritiva a fim de organizar o estudo de caso.

Nesse contexto, o pesquisador além das duas estratégias analíticas gerais ele também pode se apoiar em quatro métodos principais que são eles, adequação padrão, trata-se da comparação do padrão empírico, ou seja, baseado na experiência versus a base de prognóstico em resultado, em que eles se coincidem e tem uma efetiva pesquisa. Em se tratando da construção da explanação, o objetivo não é concluir um estudo, mas desenvolver ideias para um novo estudo.

Já, a análise de séries temporais é baseada em experimentos e pesquisas quase experimentais. E, os modelos lógicos de programa são combinações das técnicas da adequação ao padrão e análise de séries temporais. Dessa forma, o pesquisador precisa ficar atento às estratégias e os métodos para que de forma plena tenha êxito na análise das evidências.

Vale ressaltar que o autor salienta a importância do pesquisador compor um relatório numa pesquisa de estudo de caso, pois é um aspecto no qual deve-se uma atenção redobrada ao longo de todas as fases, onde o pesquisador começa a redigir um relatório mesmo antes do término da coleta fazendo um diário de bordo escrevendo todos os dias principalmente para os que têm dificuldades em escrever.

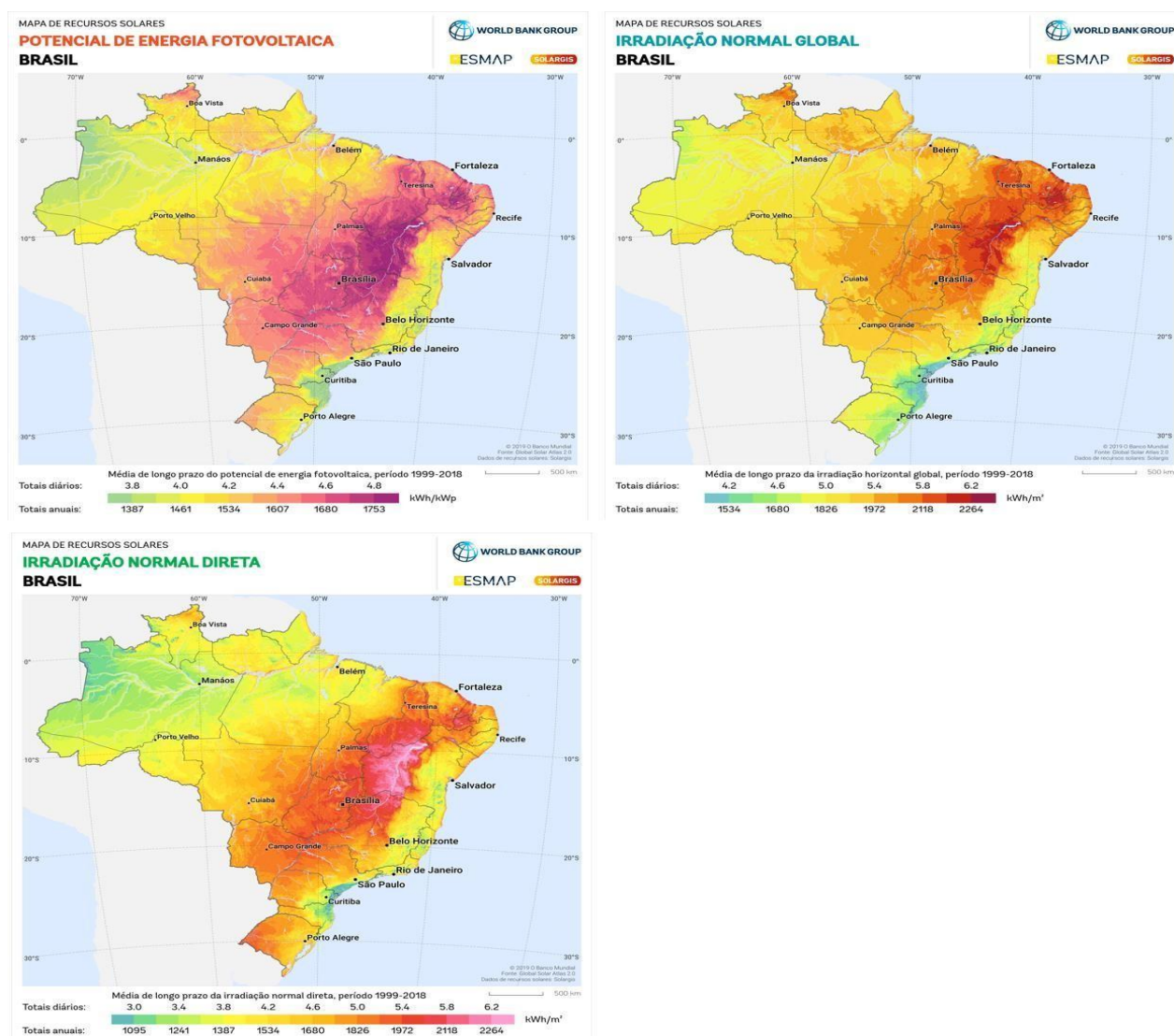
Em suma, observa-se que o relatório pode ser escrito ou não escrito, com isso deve haver um cuidado com muita leitura, bem como analisar livros que tratam de redação como é que se faz um relatório para que ele possa fazer algo formal de acordo com a Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT) com todas as normas e regras, mas existem vantagens do relatório escrito.

Portanto, apresenta vantagens porque é familiar de fáceis informações precisas, assim sendo, mesmo que o pesquisador escolha a parte escrita por ser mais vantajosa, ele pode incrementar ou inovar colocando gráficos, assim fazendo uma forma escrita e ao mesmo tempo pictórica e não escrita onde pode-se juntar as duas formas. Por fim, a parte escrita é mais atraente, porém os passos na composição não são fáceis.

4 ESTUDO DE CASO

A Fazenda Fortaleza está localizada no oeste do estado da Bahia, aproximadamente 700 km de distância ao nordeste da cidade de Brasília. Trata-se de uma região que predomina o agronegócio e mais recentemente a geração de energia elétrica por meio do sistema solar fotovoltaico, região favorecida pela intensidade da irradiação solar e na latitude aproximada de 13° ao sul, conforme apresentado na figura 13.

Figura 13 - Mapas de Recursos Solares do Brasil



Fonte: Adaptado (inclusão dos três mapas na mesma figura) de SOLARGIS, 2023.

A fazenda abrange uma área de 600 ha onde desenvolve atividade de bovinocultura de corte, desde a cria, passando pela fase da recria e acabamento de bovinos da raça Nelore. O sistema utilizado na fazenda é pastagem por meio de pasto rotativo e o processo de fecundação acontece via inseminação artificial.

Normalmente, o ciclo entre o nascimento do bezerro até a venda para o abate acontece entre dois anos e meio a três anos, proporcionando o faturamento médio anual de meio milhão de reais. A rede elétrica passa na estrada de acesso a Fazenda, alimenta as casas e principais equipamentos instalados sobre a propriedade, porém há uma área em torno de 100 ha que a energia utilizada é de um gerador movido a diesel.

A área de 100ha é dividida em quatro pastos e a energia utilizada é para extrair água potável de um poço artesiano para abastecer o bebedouro utilizado constantemente por aproximadamente 80 cabeças de gado, que ao longo do ano passam pelos quatro pastos, mas sempre utilizando o mesmo bebedouro, como apresentado na figura 14.

Figura 14 - Bebedouro Utilizado pelo Rebanho



Fonte: Marinho, Everaldo (foto 2023).

O poço artesiano tem 80 metros de profundidade, com nível de água em torno de 70 metros e a altura dinâmica de 30 metros, ele está localizado a 36 metros de distância do bebedouro que tem um reservatório conjugado com capacidade de armazenar 60.000 litros, conforme figura 15.

Figura 15 - Distância da Bomba e o Bebedouro



Fonte: Adaptado (inclusão de textos e seta na foto) de Marinho, Everaldo (foto 2023).

De acordo com a tabela 2, as 80 cabeças na fase de terminação consomem em média 6.240 litros de água por dia, ou seja, a água armazenada no reservatório consegue manter o bebedouro abastecido por aproximadamente 10 dias, considerando o pior cenário, quando o lote de animais usuário do bebedouro está a fase de terminação.

Tabela 2 - Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Consumo Diário Médio de Água

Peso (Kg)	Vivo	Temperatura (°C)			
		10.0	14.5	21.0	26.5
Novilha, garrote e tourinhos em crescimento					
180	16.3	18.9	22.0	25.4	36.0
270	22.0	25.0	29.5	33.7	48.1
360	25.7	29.9	34.8	40.1	56.8
Animais em terminação					
360	29.9	34.4	40.5	46.6	65.9
450	35.6	40.9	47.7	54.9	78.0
Touros					
630	32.6	37.5	44.3	50.7	71.9
730	35.6	40.9	47.7	54.9	78.0

Fonte: MARINO, Carolina T.; MEDEIROS, Sérgio R. de; GOMES, Rodrigo da C, 2017.

Atualmente, a motobomba diesel instalada no poço artesiano é do tipo submersa, onde permanece todo tempo debaixo da água, a sua vazão é de 10.000 litros por hora e atualmente trabalha na média de 0,3 horas por dia, consumindo em torno de 60 litros de diesel por mês. Além disso, a operação de ligar e desligar é manual, onde demanda 2 horas homem por mês, isto sem considerar a manutenção periódica da motobomba, conforme apresentado na figura 16.

Figura 16 - Sala da Motobomba



Fonte: Marinho, Everaldo (foto 2023).

A aquisição do combustível para o funcionamento da motobomba é realizada mensalmente, o funcionário da fazenda percorre a distância aproximada de 35 km em uma estrada não pavimentada até chegar ao centro urbano mais próximo e o tempo estimado para ir e voltar é em torno de duas horas.

Em acordo com a lei nº 14.300 de 06 de Janeiro de 2022, referente ao marco legal da microgeração e minigeração distribuída, a Fazenda Fortaleza desenvolveu o projeto para a geração de energia por meio do sistema solar fotovoltaica off grid que alimentará a motobomba responsável pelo abastecimento de água potável do bebedouro mencionado acima.

O sistema promoverá de forma eficaz o abastecimento de água em áreas remotas que não possuem energia elétrica, conforme apresentado na figura 17. O sistema de bomba solar é composto por cinco partes:

1. painel solar com ou sem estrutura de fixação;
2. bomba solar do tipo submersa cc;
3. controlador;
4. sensor de nível de água;
5. cabos e conectores.

Figura 17 - Gerador de Energia Bomba Solar OFF GRID

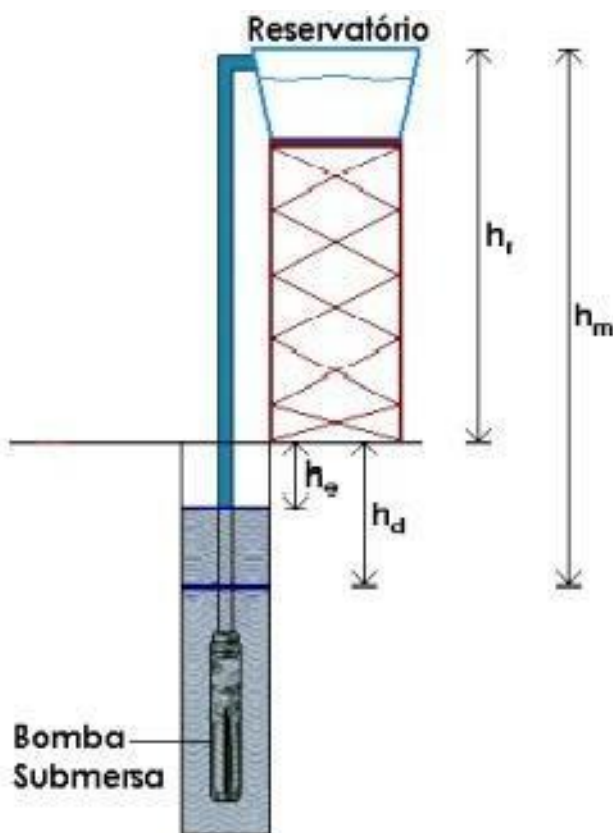


Fonte: NERIS. A, 2022.

A bomba d'água solar é do tipo submersa que funcionará por meio de energia solar conectada diretamente ao SBFV OFF GRID. Para funcionar, a placa solar fotovoltaica receberá o calor do sol e o transformará diretamente em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Os painéis fotovoltaicos serão fixos e capazes de concentrar toda a energia captada pelo sol e alimentar diretamente a bomba solar.

Essa dinâmica dispensa a energia da rede e o uso de baterias estacionárias. Então, durante seu funcionamento, a bomba poderá captar água de poços e bombear para o reservatório. Para uma melhor compreensão das etapas de dimensionamento descritas a seguir, a figura 18 apresenta um esquema típico de um SBFV para um poço, sendo em seguida definidos os conceitos relacionados aos parâmetros de interesse.

Figura 18 - Sistema de bombeamento fotovoltaico para um poço



- altura estática (h_e): distância entre o nível do solo e o nível da água em repouso (nível estático);
- altura dinâmica (h_d): Distância vertical em metros, entre o nível do solo e o nível da água durante o bombeamento da vazão desejada;
- altura do reservatório (h_r): distância entre o nível do solo e o ponto mais alto do reservatório;
- altura manométrica (h_m): soma da altura do reservatório e da altura dinâmica.

A etapa seguinte é a definição da altura manométrica corrigida (h_{mc}), dada em metros (equação 5), que corresponde à altura manométrica somada às perdas de carga nas tubulações (h_t) e conexões (h_c), ambas dadas em metros. Tais perdas variam em função da vazão média requerida, do material de fabricação e dos diâmetros das tubulações e são normalmente fornecidos pelos fabricantes dos tubos e conexões. Valores típicos podem ser encontrados nos quadros 1 e 2.

$$h_{mc} = h_m + h_t + h_c \quad (5)$$

Quadro 1 - Perda de carga em tubulações de PVC

Perdas de Carga (perda equivalente em metros de altura manométrica para cada 100 m de tubulação)							
Vazão (L/h)	Diâmetro interno da tubulação (mm)						
	19	26	32	38	50	63	75
500	1,15						
1.000	4,65	1,15	0,23				
2.000	22,40	5,30	1,43	0,55			
3.000		9,90	2,50	1,00	0,50	0,18	
4.000		16,25	4,55	2,00	0,83	0,38	0,14
5.000			6,45	2,60	1,15	0,48	0,17
6.000			9,25	4,30	1,55	0,58	0,20
7.000			12,85	5,45	2,00	0,68	0,25
8.000			16,60	7,50	2,50	0,90	0,30
9.000				9,45	3,05	1,13	0,40
10.000				12,50	4,25	1,40	0,58
12.000				15,45	5,45	1,90	0,75
15.000				23,50	8,10	3,00	1,18

Fonte: CRESESB, 2014.

Quadro 2 - Perda de carga em conexões de PVC

lineares de tubulação de mesmo diâmetro interno			
Conexão	Diâmetro interno da tubulação (mm)		
	32	50	63
Joelho 45°	0,274	0,457	0,610
Joelho 90°	0,457	0,762	1,067
T	0,762	1,067	1,524
Válvula Globo	7,620	13,716	16,764
Válvula Gaveta	0,183	0,305	0,396
Válvula de Retenção	0,914	1,524	2,134

Fonte: CRESESB, 2014.

Sempre que possível, é indicado que se disponha do teste de capacidade do poço, que fornece o valor de sua capacidade máxima disponível (Q_{Max}). Esse valor é utilizado para se determinar a altura total equivalente (HTE), dada em metros, que pode substituir a altura manométrica corrigida, nos cálculos de projeto.

Diante disso, esse procedimento é tomado para que seja respeitado o limite máximo de extração de água do poço, em função de seu regime de reposição. Dessa forma, evita-se uma situação não indicada para bombas submersas, na qual o rebaixamento do poço atinge a tomada de água da bomba, de forma que esta aspira uma mistura de ar e água, resultando em danos por superaquecimento. De acordo com o exposto e considerando os parâmetros do quadro 3, a equação 6 abaixo permite o cálculo da altura total equivalente.

$$HTE = h_e + h_r + \frac{(h_d - h_e)}{Q_{max}} Q_m + h_t(Q_m) + h_c(Q_m) \quad (6)$$

- h_{te} (m): altura total equivalente;
- h_e (m): altura estática;
- h_r (m): altura do reservatório;
- h_d (m): altura dinâmica;
- q_{max} (m³ /h): capacidade máxima do poço;
- q_m (m³ /h): vazão média;
- h_t (m): perdas de cargas na tubulação;
- h_c (m): perdas de cargas nas conexões.

O valor das alturas manométrica corrigida e total equivalente igualam-se apenas quando a vazão média, Q_m , e a capacidade máxima do poço, Q_{Max} , são iguais. Essa situação não deve ser verificada na prática, pois faria com que a bomba trabalhasse frequentemente a seco.

De posse da vazão de água requerida, em m^3/dia , e da altura manométrica corrigida (ou altura total equivalente), em metros, a energia hidráulica mínima necessária para o bombeamento, E_H , é dada, em Wh/dia , pela equação 7, abaixo:

$$E_H = 2,725 \times Q \times h_{mc} \quad (7)$$

A energia elétrica diária necessária (EEL) para o processo de bombeamento, dada em Wh , é obtida por meio da relação entre a energia hidráulica e a eficiência do conjunto motobomba, η_{mb} , juntamente com seus eventuais equipamentos auxiliares, como mostra a equação 8.

Quadro 3 - Eficiências de SBFVs

Altura (m)	Tipo de motobomba	Eficiência
5	centrífuga de superfície	25%
20	centrífuga de superfície	15%
20	submersível	25%
100	submersível ou deslocamento positivo	35%
> 100	deslocamento positivo	45%

Fonte: SANDIA, 1991.

$$EEL = \frac{E_H}{\eta_{mb}} \quad (8)$$

Finalmente, a potência do gerador FV (PFV), dada em W_p , é calculada a partir da equação 9, considerando-se o número de horas de sol pleno (HSP) médio anual de radiação no plano do gerador FV. O HSP é calculado dividindo a irradiação do local (kWh/m^2) por $1000 W/m^2$, que seria o valor padrão.

$$P_{FV}(W_p) = 1,25 \times \frac{EEL}{HSP} \quad (9)$$

Aplicado ao estudo de caso as equações de dimensionamento e as medidas recomendadas, identificou que:

- altura estática (h_e): 10 m;
- altura dinâmica (h_d): 30 m;
- altura do reservatório (h_r): 2 m;
- perda de carga da tubulação (h_t): 0,12 m;
- perda de carga das conexões (h_c): 5,34 m;
- altura manométrica (h_m): 32 m;
- altura manométrica corrigida (h_{mc}): 37,5 m;
- demanda diária (Q): $7 m^3/dia$;
- vazão média (Q_m): $2 m^3/h$;
- vazão máxima (Q_{max}): $3 m^3/h$;
- altura total equivalente (H_{TE}): 36,2 m;
- energia hidráulica mínima necessária (E_H): 714 Wh/dia;
- energia elétrica diária necessária (E_{EL}): 2.646 Wh;
- horas de sol pleno inverno (HSP): 5 h;
- potência do gerador fotovoltaico (P_{FV}): 662 W_p .

Equipamentos escolhidos para a instalação do novo sistema e a viabilidade financeira e com isso, para a instalação do sistema de bombeamento de água com a utilização da energia solar serão utilizados os seguintes equipamentos:

- Painel solar fotovoltaico com potência máxima de 350W, voltagem de máxima potência (V_{mp}) de 38,39V e corrente de máxima potência de 8,79A, monocristalino, com 30 anos de garantia para perdas de eficiência superior a 20%, 68 células, com diodo de Bypass protegendo o módulo de corrente reversa e dimensão de 0,88m largura por 1,88m de

comprimento;

- Para a instalação dos painéis fotovoltaicos será construída uma base suspensa com a inclinação recomendada de 13 graus para maximizar a eficiência da geração de energia elétrica. Na construção da base serão utilizados postes de concreto, perfil de alumínio e clips de alumínio sem parafusos próprios para painéis solares;

- Motobomba solar submersa de ímã permanente sem escovas, com alimentação em corrente contínua, com o corpo tubular em aço inox, refrigerada e lubrificada a óleo (grau alimentício), vedação com 2 selos mecânicos e mancais com rolamento de esferas. Potência de 750W, tensão de 108V e corrente nominal de 8,37A;

- Controlador de carga externo com algoritmo MPPT (Maximum Power Point Tracking), responsável por estabilizar a tensão de entrada e criar uma saída trifásica em corrente contínua para acionamento da motobomba. As suas funções estão relacionadas a proteção contra subtensão, sobrecorrente, transbordamento do reservatório e baixo nível de água do poço. Além disso, o controlador é responsável por integrar os painéis solares, a motobomba e os sensores de do poço e reservatório;

- Sensores do nível de água do poço (sensor de poço seco) e nível de água do reservatório. O sensor instalado no poço trabalha com a lógica normalmente fechado e se o nível de água do poço estiver baixo, o sensor de nível mudará para normalmente aberto e o motor parará de funcionar automaticamente, protegendo assim o equipamento. A lógica para o sensor de nível do reservatório é normalmente aberta para a motobomba em operação e quando o reservatório estiver cheio, o sensor de nível mudará para normalmente fechado e o motor parará de funcionar automaticamente, protegendo assim o equipamento;

- Disjuntor 10A de corrente contínua, com a finalidade de interromper ou estabelecer um circuito elétrico em qualquer situação, respeitados seus valores nominais, tendo condições de abrir ou fechar seus contatos na corrente nominal, sobre corrente ou corrente de curto-circuito. Na sua entrada receberá a energia gerada pelo painel e a saída para o controlador;

- Para a alimentação do sistema serão utilizados conectores MC4 e cabos de 4mm² específicos para corrente contínua, unipolar, classe 5 estanhado, 90/120°C, com proteção UV e isolamento de 1.8kVcc, cabo positivo com cor vermelha e cabo negativo com cor preta. O cabo escolhido para a instalação dos sensores de nível foi o cabo de comando PP de

2 vias e 1,5mm².

A tabela 3 apresenta a lista dos equipamentos necessários para montagem do sistema, com sua respectiva quantidade e custo de aquisição.

Tabela 3 - Custo de Aquisição dos Equipamentos e Serviço

Quant.	Item	Preço Uni. (R\$)	Total (R\$)
1	Motobomba 750W corrente contínua	3.550,00	3.550,00
4	Poste de Concreto 0,12X0,15X2,2 m	150,00	600,00
1	Perfil Alumínio 68X30 #14	200,00	200,00
12	Clip Alumínio s/ Paraf para Mód Solar	6,00	72,00
3	Módulo Solar Fotovoltaico 350W	1,100,00	3.300,00
2	Sensor de Nível Elétrico	62,00	124,00
5	Conector MC4	20,01	100,05
1	Cabo Unipolar 4mm ² – verm, rolo 100m	499,50	499,50
1	Cabo Unipolar 4mm ² – preto, rolo 100m	499,50	499,50
1	Cabo PP 2 via de 1,5mm ² , rolo 100m	272,59	272,59
1	Disjuntor 10A CC	99,99	99,99
1	Serviço	600,00	600,00
Total			9.917,63

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Dessa forma, a operação do sistema de bombeamento movido a diesel necessita da aquisição do óleo diesel, transporte, manuseio e manutenção do sistema. No novo sistema é esperado que o custo operacional seja menor porque o custo relacionado ao combustível será eliminado e o custo de manutenção da motobomba deverá ser equivalente ao sistema atual, ou seja, uma média de R\$ 85,00 por mês, conforme detalhado na tabela 4.

Tabela 4 - Comparação do Custo Mensal da Operação das Motobombas

Item	Diesel (R\$)	Solar (R\$)
Consumo de diesel	432.00	
Mão de obra e logística para comprar o diesel	181.30	
Mão de obra da operação do sistema	189.00	
Manutenção do sistema	85.00	85.00
Total	887.30	85.00

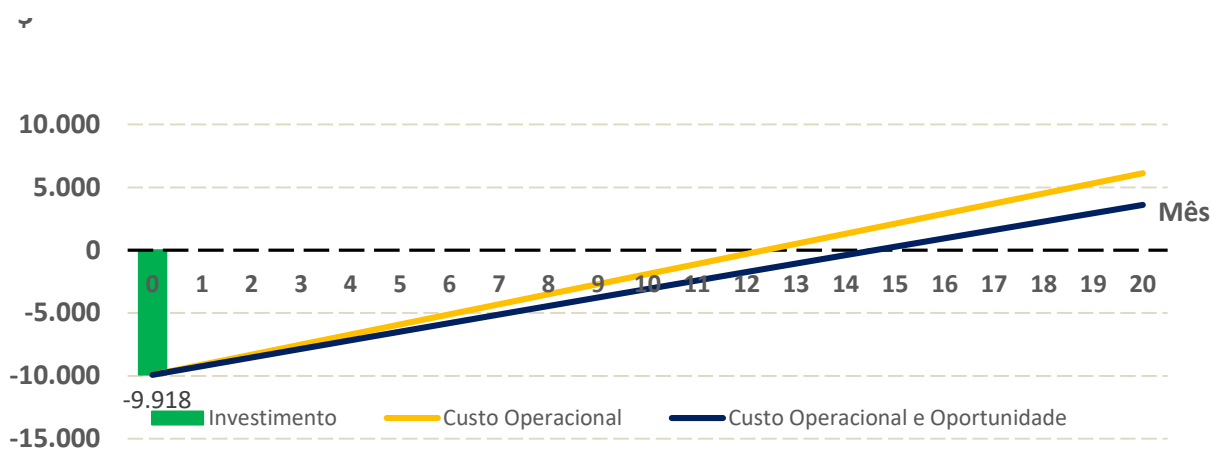
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Com a instalação do sistema solar fotovoltaico é esperado que a fazenda economize mensalmente o custo operacional na ordem de R\$ 802,30, entretanto é necessário avaliar o custo de oportunidade para que aconteça o investimento para aquisição e instalação do sistema de bombeamento fotovoltaico. O Custo de Oportunidade representa o “quanto a empresa sacrificou em termos de remuneração por ter aplicado seus recursos em uma alternativa em vez de em outra” (Martins, 2018, p. 219).

No atual cenário, o Brasil está passando por um momento em que a taxa de juros está muito elevada, algo que faz com que o fazendeiro ou empresário avalie se é oportuno utilizar o dinheiro de uma aplicação financeira para investir na instalação do novo sistema de bombeamento.

Para auxiliar na decisão foi calculado o *Payback* do novo sistema e plotado no gráfico apresentado na figura 19, cálculo que permite identificar o tempo necessário para retornar o investimento realizado.

Figura 19 - Gráfico Payback para Investimento do Sistema de Bombeamento Fotovoltaico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A análise de *payback* iniciou com o investimento de R\$ 9.918,00 que foi apontado no mês “0” do gráfico, em seguida foram traçadas duas linhas, a primeira considerando apenas a variação do custo operacional, ou seja, foi feito o cálculo da diferença (R\$ 887,30 – R\$ 85,00 = R\$802,30) do custo operacional do bombeamento diesel e solar informado na tabela 4, este valor foi acumulado mensalmente a partir do mês “1” do gráfico. Considerando apenas o Custo Operacional, o retorno do investimento acontecerá entre o décimo segundo e o décimo terceiro mês de operação da motobomba movida a energia solar fotovoltaica.

Na segunda análise foi acrescentado o Custo de Oportunidade, onde foi considerado que o investidor utilizou o dinheiro que estava aplicado em uma instituição financeira rendendo juros em conformidade a taxa básica de juros aprovada pelo Banco Central do Brasil em maio de 2023, taxa SELIC de 13,75% a.a. É observado que o tempo para o retorno do investimento aumentou e ele acontecerá entre o décimo quarto e quinto mês de operação da nova motobomba.

Diante desse cenário para a aquisição do novo sistema, decidiu-se utilizar o dinheiro que estava aplicado na instituição financeira, portanto prevaleceu o retorno financeiro entre o décimo quarto e o décimo quinto mês de operação.

Além da análise do *payback*, foi realizada a projeção do Demonstrativo de Resultado (DRE), conforme figura 20, onde comparou a receita e custo do bombeamento a diesel em 2021 e bombeamento solar em 2022. Em adição, foi projetado o resultado de 2022 em valor futuro para os anos seguintes até 2026, a taxa SELIC de 13,75% foi aplicada como referência.

Figura 20 - Comparação do DRE Antes e Após a Instalação do Novo Sistema

DRE (R\$)	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Receita Líquida	500.000	500.000	568.750	646.953	735.909	837.097
Custo	(60.000)	(60.000)	(68.250)	(77.634)	(88.309)	(100.452)
Lucro Bruto	440.000	440.000	500.500	569.319	647.600	736.645
Despesas Gerais	(400.000)	(400.000)	(455.000)	(517.563)	(588.727)	(669.677)
Despesa Motobomba	(10.648)	(1.020)	(1.160)	(1.320)	(1.501)	(1.708)
EBITDA	29.352	38.980	44.340	50.436	57.371	65.260
Depreciação	-	-	(912)	(912)	(912)	(912)
LAJIR	29.352	38.980	43.428	49.525	56.460	64.348
Impostos	(4.403)	(5.847)	(6.514)	(7.429)	(8.469)	(9.652)
Lucro Líquido	24.950	33.133	36.914	42.096	47.991	54.696
Margem Líquida	5,0%	6,6%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%
Investimentos	-	(9.918)	-	-	-	-
Fluxo de Caixa (R\$)						
Lucro Livre	24.950	23.215	36.914	42.096	47.991	54.696
Lucro Livre Acumulado	24.950	48.165	85.079	127.175	175.165	229.862

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A despesa operacional da motobomba é pequena quando comparada com as despesas gerais, porém é possível identificar que apenas a redução da despesa em consequência a substituição da motobomba diesel pela motobomba solar proporcionou o crescimento da margem líquida de 5% para 6,5%, ou seja, o novo sistema de bombeamento viabilizou o crescimento em torno de 1,5% na margem líquida da fazenda.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou uma proposta efetiva para resolver o problema proposto referente a emissão de poluentes ocasionado pelo funcionamento da motobomba a diesel e o impacto no custo operacional da Fazenda Fortaleza. O objetivo de desenvolver o estudo de viabilidade financeira para substituir a motobomba a diesel por uma movida a energia solar sem perder a eficácia no abastecimento do bebedouro foi realizado por meio do estudo de caso da instalação do sistema solar fotovoltaico, onde observou que é possível abastecer o bebedouro dos bovinos com a mesma eficácia, sem poluição e com redução do custo operacional da fazenda.

A pesquisa realizada se justificou ao relatar um exemplo frequente na nossa sociedade e com ganhos relacionados ao meio ambiente e financeiro. Os principais beneficiados com este trabalho são as propriedades que praticam a agricultura familiar, onde muitos encontram dificuldade para acessar a rede de energia elétrica.

As pessoas que trabalham com gestão também poderão se beneficiar com o estudo porque diante de um cenário onde a pecuária entre outras atividades relacionada ao agronegócio praticam margens pequenas de lucro, a instalação do sistema solar fotovoltaico contribuirá para a redução do custo operacional com aumento da competitividade dos produtos comercializados por eles, além de viabilizar a inclusão dos seus negócios em programas relacionado a linha de créditos com taxas de juros menores por implementarem projetos que contribuem para a preservação do meio ambiente.

Para a comunidade acadêmica, o estudo de caso apresenta referência de valores financeiros com relação a investimento e custo de operação para o desenvolvimento de novos estudos, entretanto o benefício à comunidade em geral é observado neste trabalho por meio da apresentação de uma opção para a geração de energia elétrica sem poluição.

Como limitação do estudo, o cálculo de dimensionamento do novo sistema foi acatado como premissa considerando apenas o mínimo necessário para manter inalterada a atual oferta de água utilizada na hidratação do rebanho, entretanto poderíamos ter adicionados outras possibilidades de utilização como abastecimento do trator para realizar a pulverização da área onde encontra o sistema instalado, um potencial de retirada da água para uma situação emergencial como combate ao fogo ou a utilização para irrigação do pasto.

Diante disso, a elaboração desta pesquisa acrescentou o conhecimento do funcionamento e diferenças entre as motobombas, o funcionamento dos painéis fotovoltaicos e como devem ser instalados, a elaboração do cálculo de viabilidade financeira para identificar o valor a ser investido e o tempo necessário para acontecer o retorno sobre o investimento. A análise de viabilidade financeira é uma ferramenta que auxilia a equipe de gestão, seja para durante a tomada de decisão e na gestão estratégica das organizações.

Vale ressaltar que, ao longo desta pesquisa surgiu um novo questionamento que não é foco deste estudo, mas poderá ser abordado futuramente, onde a nova pesquisa referêcia ao estudo de viabilidade financeira para aumentar a capacidade de geração de energia fotovoltaica e o bombeamento de água, reduzir a atual área de pastagem dos bovinos para implantar um sistema de semiconfinamento e conseqüentemente diminuir a idade de abate destes bovinos.

Já, no espaço excedente será instalado uma plantação de cereais como milho e sorgo irrigados para suplementação nutricional dos animais. Por fim, a instalação do sistema de bombeamento fotovoltaico na Fazenda Fortaleza proporcionará benefício com relação ao meio ambiente, mão de obra para a operação do sistema e ao resultado financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACOPEL. **O Disjuntor, aquele que não pode falhar**. Blog ABRACOPEL, 2021. Disponível em: <<https://abracopel.org/blog/o-disjuntor-aquele-que-nao-pode-falhar/>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia Solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos On-Grid e Off-Grid**. 2019. Monografia do curso de Graduação Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Ouro Preto. João Monlevade, MG, 2019.

ANEEL. **Energia Solar**. [S.l.]. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 02 jan. 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Meta da Taxa Selic. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>>. Acesso em: 28 mai. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 06 de Janeiro de 2022. nºs 10.848 **Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS)**; altera as Leis, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 2022, edição 5, p. 4, 7 jan. 2022. Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso em: 29 dez. 2022.

CAVALCANTI, Fernando A de Melo Sá. **Paredes Trombe no Brasil: análise do potencial de utilização para aquecimento e refrigeração**. Tese (Doutorado em Ciências da Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-30042014-095503/pt-br.php>>. Acesso em: 03 jan. 2023.

CEMIG. **Alternativas Energéticas**. [S.l.], 2012. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/Alternativas%20Energeticas.Pdf>. Acesso em: 30 dez. 2022.

CRESESB. **Base de Dados de Radiação Solar Incidente (Irradiação Solar)**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 28 jan. 2023.

DOMOND, Pierre R. **Sistema de Bombeamento Fotovoltaico de Água Subterrânea com Armazenamento Hidráulico: Caso de Ecole Nationale de Lacroix-Jacmel-Haïti**. Trabalho de Conclusão de Curso Submetido ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/192202/TCC%20final%20pronto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

EBARA Corporation. **Manual de Instruções e Termo de Garantia Modelo 3TSMci/ce**

Motobomba Solar Submersa. Disponível em: <www.ebara.com.br/downloads> . Acesso em: 23 jan. 2023.

Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2018:** ano base 2017. Rio de Janeiro - RJ, 2018.

_____. **Balanco Energético Nacional 2019:** ano base 2018. Rio de Janeiro - RJ, 2019.

_____. **Balanco Energético Nacional 2021:** ano base 2020. Rio de Janeiro - RJ, 2021.

_____. **Balanco Energético Nacional 2022:** ano base 2021. Rio de Janeiro - RJ, 2022.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica :** fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica. GEPEA - Grupo de Energia Escola Politécnica, 2012.

FIGUEROLA, V. **Modulabi privilegia conceitos da arquitetura bioclimática.** Disponível em: <<http://content.construliga.com.br/conceitos-da-arquitetura-bioclimatica>>. Acesso em: 29 jun. 2022.

FILHO, W. D. C. et al. **Ações Emergenciais de Combate aos Efeitos das Secas:** Noções Básicas Sobre Poços Tubulares. Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1998. 22 p. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, p. 41. 1998.

FRAIDENRAICH, N. **Abastecimento de água em áreas rurales mediante bombeo fotovoltaico - Projeto PIPVI.5 CITED.** Recife, Brasil: VIII Seminário Ibero-Americano de Energia Solar: Abastecimento de Água em Áreas Rurais Mediante Bombeamento Fotovoltaico, 2002.

GONZALEZ, Vítor P. **Dimensionamento e Análise de Viabilidade Econômica para Bombeamento de Água Utilizando Energia Solar Fotovoltaica.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/28148/1/TCC%20-%20Vitor%20Pedreira%20Gonzalez.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

HELIOTEK. **Aquecedor Solar Compacto.** Disponível em: <<https://www.heliotek.com.br/para-casa/aquecedor-solar-para-banho/compacto>>. Acesso em : 02 jan. 2023.

IBGE. **Atlas Geográfico Escolar.** [S.l.], 2019. Disponível em: <<https://atlasescolar.ibge.gov.br/terra/nosso-planeta-no-universo>>. Acesso em: 02 jan. 2023.

MARINHO, Everaldo S. **Bebedouro Utilizado pelo Rebanho,** 2023.

_____. **Distância da Bomba e o Bebedouro,** 2023.

_____. **Sala da Motobomba,** 2023.

MARINO, Carolina T.; MEDEIROS, Sérgio R. de; GOMES, Rodrigo da C. **A importância da**

água na produtividade dos bovinos de corte. AG A Revista do Criador, edição 210, Setembro de 2017. Disponível em: <https://edcentaurus.com.br/ag/edicao/210/materia/8735>. Acesso em: 27 jan. 2023.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos.** 11ª ed. São Paulo: GEN/Atlas, 2018.

MARTINS, Isadora B. V. **Sistema Motobomba com Alimentação Fotovoltaica.** Projeto de Graduação ao curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021970.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

MAUAD, Frederico F; BOLLELI, Talyson de M. **Aula 3 Perda de Carga.** USP. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5626814/mod_resource/content/2/Aula%202%20%20%202808.pdf. Acesso em: 24 jan. 2023.

MCKENNA, Phil. **Melting to Keep Cool.** Disponível em: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/next/tech/melting-to-keep-cool/>. Acesso em: 29 jun. 2022.

NEOSOLAR. **Controlador de Carga Energia Solar.** Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/controlador-de-carga-solar#o-que-e-controlador-carga-solar>. Acesso em: 20 fev. 2023.

NERIS, Alessandra. **Saiba o que é um Gerador de Energia Solar Off Grid e as Novidades da Aldo.** Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/saiba-o-que-e-um-gerador-de-energia-solar-off-grid-e-as-novidades-da-aldo-para-o-mercado/>. Acesso em: 05 jan. 2023.

PEREIRA, Bruno E. L. **Análise de Viabilidade Econômica de Implantação de um Sistema de Geração de Energia Elétrica Através de Painéis Fotovoltaicos em Sítio Aeroportuário.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Novo Hamburgo - RS, 2017.

PEREIRA, Enio B.; MARTINS, Fernando R.; GONÇALVES, André R.; COSTA, Rodrigo S.; LIMA, Francisco J. P. de; RUTHER, Ricardo; ABREU, Samuel L. de; TIEPOLO, Gerson M.; PEREIRA, Silvia V.; SOUZA, Jefferson G. de. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** 2ª edição. São José dos Campos: INPE, 2017.

PEREIRA, Reuler C. **Políticas Públicas para Expansão da Energia Solar Fotovoltaica: Um Estudo dos Principais Programas de Incentivos da Tecnologia no Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2019.

PINHO, J. T., GALDINO, M.A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES) - CEPTEL – CRESESB, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 25 jan. 2023.

PIVA, R. B. **Economia ambiental sustentável: Os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas.** [s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26107/000755427.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2022.

REZENDE, Paula A. de O. e S. **Gestão de Custo e Formação de Preço.** Campus Bambuí e Campus São João Evangelista – IFMG. Bambuí e São João Evangelista – Instituto Federal de Minas Gerais, 2023.

SANDIA - Sandia National Laboratories, **Photovoltaic Design Assistance Center.** Stand-alone photovoltaic systems - A handbook of recommended design practices. 1991.

SCHNEIDER, **Manual de Instruções Motobomba.** Disponível em: <<http://www.kvm.com.br/attachments/article/37/MANUAL%20BOMBA%20SCHNEIDER.pdf>>. p. 60. 2017>. Acesso em: 20 mai. 2023.

SEBASTIÁN, Eliseo. **Concentrador solar para mais energia.** Disponível em <<http://eliseosebastian.com/sistemas-de-colector-cilindrico-parabolico>>. Acesso em 29 jun. 2017.

SOARES, Thalita. **Os Principais Conceitos para Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos.** Instituto Solar. 2020. Disponível em: <<https://institutosolar.com/dimensionamento-de-sistemas-fotovoltaicos/#:~:text=A%20Hora%20de%20Sol%20Pleno,que%20seria%20o%20valor%20padr%C3%A3o>>. Acesso em: 28 jan. 2023.

SOLAR FONTE. **On-Grid X Off-Grid.** Disponível em: <http://solarfonte.com.br/blog/grid-x-grid>. Acesso em: 05 jan. 2023.

SOLARGIS. **Solar Resource Maps of Brazil.** Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/brazil>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

TODÁGUA POÇOS ARTESIANOS. **Conheça os Tipos de Bombas mais usados em Poços Artesianos!** Disponível em: <<https://www.todagua.com.br/conheca-os-tipos-de-bombas-mais-usados-em-pocos-artesianos>>. Acesso em: 11 jan. 2023