

VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM PROPRIEDADE RURAL

Adriano Vignatti¹, Igor Barcellos da Costa¹, Letícia Maria Rocha dos Santos¹, Nathan Ben Hur Gomes Ferreira¹, Thales Batista Souza¹, Willian Zucolotto Giacomini¹, Pedro Junior Zucatelli²

¹Acadêmicos de Engenharia Mecânica – Multivix São Mateus (ES)

²Doutor/Engenheiro de Petróleo/ Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

Diante do atual cenário mundial em buscar alternativas econômicas e não poluentes para o consumo de energia elétrica, o presente trabalho objetivou demonstrar a viabilidade econômica da implantação de painéis fotovoltaicos em uma fazenda no estado de Minas Gerais. Tem ainda, que o objetivo geral do estudo foi analisar o investimento, calcular as variáveis e valores do projeto, identificar o melhor local para instalação, conforme incidência solar, e quantificar o tempo para o PayBack. O trabalho empregou a pesquisa aplicada, pesquisa exploratória e bibliográfica pois além de estar voltada à aquisição de conhecimento, tem a finalidade de solucionar problema. Os resultados demonstraram que o estudo da implantação de energia solar como opção para redução de custo é viável, considerando as informações projetadas.

Palavras-chaves: sistema solar fotovoltaico; energia renovável; viabilidade econômica.

ABSTRACT

Given the current global scenario of seeking economic and non-polluting alternatives for the consumption of electrical energy, this study aimed to demonstrate the economic viability of installing photovoltaic panels on a farm in the state of Minas Gerais. It also aims to analyze the investment, calculate the project variables and values, identify the best location for installation, according to solar incidence, and quantify the time for PayBack. The study covered applied research, since in addition to being focused on the acquisition of knowledge, it aims to solve problems. The

results demonstrated that the study of the implementation of solar energy as an option for cost reduction is viable, considering the projected information.

Keywords: photovoltaic solar system; renewable energy; economic viability.

1 INTRODUÇÃO

Como grande responsável pela sobrevivência da vida na terra, o astro sol é visto como fonte de energia inesgotável. Sabe-se assim a existência de diferentes tipos de energias renováveis, que vem sendo utilizadas pelos países desenvolvidos e em desenvolvimento, são eles: energia geotérmica, energia hidráulica, energia solar, energia eólica, energia maremotriz e a energia fotovoltaica a qual será o foco desta pesquisa (Silva, 2016).

A energia Fotovoltaica atua através da obtenção da luz solar. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, em 2016 a participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira foi de 43,5%. Considerando apenas a geração de energia elétrica, a participação de renováveis no Brasil totalizou 81,7%, enquanto o índice mundial é de pouco mais de 20%.

Sendo uma tecnologia que produz eletricidade limpa, com recurso apenas à energia do sol, que é uma fonte de energia contínua e limpa, os painéis solares têm mais vantagens do que desvantagens. (...) representa um bom investimento para o futuro, pois o mesmo tem uma garantia a longo prazo (Reis, 2019, s/p).

Desta forma, a utilização dos painéis Fotovoltaicos para o consumo de energia em um lugar, representará uma garantia com longa durabilidade sem afetar o meio ambiente, mas, utilizando dele seus recursos naturais.

O conhecimento dos painéis fotovoltaicos e sua aplicabilidade é fundamental para o homem do campo, visto que suas técnicas podem ser usadas como estratégias para fortalecer um ambiente mais sustentável, e, principalmente, ajudar a diminuir os custos com a energia elétrica.

Além disso, dependendo do local, como em algumas comunidades isoladas, as energias renováveis podem ser consideradas como alternativa para geração de energia, devido à falta de disponibilidade de combustíveis fósseis. No entanto, todas as fontes de energia devem ser utilizadas de maneira sustentável e econômica para que possam garantir sua utilização de forma contínua e segura (Guardabassi, 2006 *apud* Borges et al, 2016, p.25).

As novas tecnologias relacionadas a energias renováveis vêm se tornando cada vez mais possíveis para utilização do homem, que sempre está buscando melhorias e maior viabilidade econômica.

O projeto de implantação de painéis fotovoltaicos foi desenvolvido para ser aplicado em uma determinada fazenda produtora de leite no nordeste de Minas Gerais. Para tal implantação é necessário fazer estudos para saber ao certo se é viável tal investimento, levando em conta que o capital inicial a ser investido é elevado.

Também deve-se levar em conta a quantidade de energia que é consumida, o valor que é pago mensalmente com todas as despesas cobradas pela empresa fornecedora de energia elétrica de tal região, o valor total de investimentos e quanto, economicamente, será reduzido após a instalação do projeto, assim tornando visível se há viabilidade econômica na implantação do projeto.

A energia solar é um aliado aos painéis fotovoltaicos e para que possa haver maior exploração desses recursos naturais foram diagnosticados alguns problemas que podem ser superados como a falta de investimentos, falta de informações de quanto tempo essa energia duraria, localizações no território brasileiro e de tecnologias altamente qualificadas.

A orientação solar de um edifício é muito importante para que se possa fazer um aproveitamento da energia solar, contribuindo assim para o bom desempenho energético de um edifício. De maneira geral, para quem vive no hemisfério sul o lado norte é aquele que recebe maior radiação solar ao longo do dia. Este será, portanto, a orientação privilegiada para fazer o aproveitamento dos ganhos solares (Vettorazzi, 2015, p.1).

Assim, a pesquisa visa responder o seguinte questionamento: Quais são as vantagens para propriedades rurais utilizar os painéis fotovoltaicos?

Como objetivo geral busca-se analisar a viabilidade econômica da implantação de painéis fotovoltaicos em uma determinada fazenda, buscando alcançar um projeto que além de sustentável, seja viável seu investimento. E como objetivos específicos pretende-se: projetar um sistema de placas fotovoltaicas, que seja viável em uma determinada fazenda no estado de Minas Gerais, assim analisando o investimento com cálculos das variáveis VAL, TIR e *PayBack* descontado; calcular o valor do projeto total, levando em conta o mercado brasileiro, tais como, mão de obra, frete e impostos, analisando, também, a depreciação durante a vida útil do sistema; e analisar o melhor local na propriedade, para que

haja um maior rendimento da coleta dos raios solares, avaliando fatores como, clima e geografia do lugar.

O projeto justifica o comprometimento de todos com as energias renováveis e conscientização de preservação do meio ambiente, haja vista que trará benefícios tanto para o homem como para a natureza. Com os resultados obtidos será possível alcançar um marco inicial para novas aplicações de energia renovável nas demais propriedades rurais. E assim oferecer incentivos à agricultura familiar, principalmente nas atividades leiteiras entre outras, com a inserção da nova tecnologia.

No presente artigo, descreve-se detalhadamente como foi projetado e realizada a medição de custos na implantação do sistema fotovoltaico na fazenda, sobretudo, explicando sobre o consumo de energia, cálculo de quantidade de placas fotovoltaicas, seleção de inversor, como funciona um sistema *on grid*, dimensionamento do projeto, além de frisar os principais fatores que compõem a efetivação do projeto, para saber se o que está em questão tem uma boa viabilidade econômica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO

A energia é um recurso natural de grande importância para a população mundial, vez que os seres humanos são totalmente dependentes das fontes de produção de energia. Os países industrializados sobrevivem 66% das fontes de energias não renováveis, ou seja, dependem de fontes que um dia estarão extintas. Atualmente, os principais combustíveis utilizados na geração de energia são: petróleo, carvão mineral e o gás natural.

A seguir, a Tabela 1 apresenta uma base de dados mostrando as diversificadas fontes de energia utilizadas e a evolução da matriz energética mundial de 1973 a 2010.

Tabela 1 – Apresentação da evolução da matriz energética entre os anos 1973 à 2010

	FONTES DE ENERGIA						Total (em Mtep) *
	Derivados de petróleo	Eletricidade	Gás natural	Carvão	Biomassa	Outras**	
1973	48,1%	9,4%	14,0%	13,70%	13,20%	1,60%	4674
2010	41,2%	17,7%	15,2%	9,80%	12,70%	3,40%	8677

Fonte: Adaptado de Brasil, 2010.

Já a Tabela 2 divide as fontes de energia entre renováveis e não renováveis, e demonstra a variação de como estão sendo consumidas no mundo (Brasil, 2010).

Tabela 2 – Consumo de Energia Elétrica por Tipo no mundo

TIPOS	1973	2010
Renováveis	24,20%	33,80%
Não Renováveis	75,80%	66,20%

Fonte: Adaptado de Brasil, 2010.

Nos países emergentes a maratona pelas energias renováveis já começou. No ano passado, pela primeira vez, o volume total de energia eólica instalada nos países desenvolvidos superou o dos Estados Unidos e da Europa juntos. Só a China colocou de pé 16.000 megawatts em 2010, pouco mais de uma Itaipu. Hoje o continente asiático responde por 30% do consumo mundial de energia, sendo provável que até 2030 a fatia suba para 38% (Exame, 2011).

Juntamente com o desenvolvimento econômico, outra viável que determina o consumo de energia é a população, indicador obtido tanto pela comparação entre taxas de natalidade e mortalidade, quanto pela mediação de fluxos migratórios. No Brasil, entre 2000 e 2005, essa taxa teve uma tendência de queda relativa registrando variação anual de 1,46%, segundo relata estudo denominado Análise Retrospectiva constante do Plano Nacional de Energia 2030, produzido pela empresa de pesquisa energética (IPEA, 2016).

Conforme dados do IPEA (2016) a tendência do consumo de energia no período foi de 13,93%, caminhando de acordo com o desempenho mundial da economia. O produto interno bruto do país no mesmo período registrou um acréscimo acumulado de 14,72%. A série constante do balanço energético nacional de 2008, do Ministério de Minas de Energia, mostra que em todo o período, que vai de 1970 a 2007, de uma maneira geral, a tendência tem sido de expansão do consumo global de energia, o que abrange derivados de petróleo, gás natural, energia elétrica entre outros. De 1990 a 2007 o crescimento acumulado foi de 69%, com o consumo total maior que 127,596 milhões de tep.

Um marco na história do setor elétrico brasileiro também foi a publicação da lei nº 8631 editada em março de 1993, que põe fim a todas as tarifas que vigoraram por vinte anos e não contemplavam as diferentes características e custos de concessão de cada área. Segundo o relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no ano de 2001 o país sofreu com uma grave crise de energia, com corte no consumo em 20% nas regiões Sul e Sudeste e 10% nas regiões norte e nordeste, sendo a principal causa desse racionamento a escassez de investimento nesse setor.

2.2 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS VERSUS FAZENDA DE PRODUÇÃO LEITEIRA

A produção de leite é uma atividade muito antiga no Brasil, praticada desde o período da colonização portuguesa. A agropecuária passou por períodos diferentes, até que o leite passou a ter forte representatividade no país. Um estudo divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018) revelou que o Brasil é o país responsável por cerca de 7% do leite produzido no mundo, posicionando-se como quinto maior produtor mundial. E tem suas produções concentradas nas regiões sul e sudeste, apesar da crescente expansão em todo Brasil, nos últimos anos essas regiões respondem ainda por quase 70%, obrigando os produtores a se utilizarem tecnologicamente para melhoria do processo produtivo em suas propriedades.

Sendo assim, visando tais melhorias, será desenvolvido um projeto de implantação de painéis fotovoltaicos na fazenda que possui como atividade econômica principal a produção de leite bovino, produzindo em média aproximadamente 140 litros de leite por dia, atualmente contando com 20 vacas da

raça mestiça produzindo leite. Vale ressaltar que essa ordenha é feita manualmente, o que acaba muitas das vezes trazendo transtornos e prejuízos para o produtor, cuja forma envolve maior tempo com o animal, grandes riscos de contaminação e prejuízos consideráveis, além dos altos custos com eletricidade (CONAB, 2018).

A eficiência dos módulos fotovoltaicos (MF) é definida através da tecnologia de fabricação das células que compõem, ou seja, a tecnologia utilizada definirá o quanto o módulo irá aproveitar da irradiação solar incidida sobre ele para transformá-la em energia elétrica. Para um módulo que apresenta eficiência de 13%, consegue-se transformar esse percentual de irradiação solar incidida sobre ele em energia elétrica (PROCEL, 2014).

Foram utilizados os painéis solares fotovoltaicos de silício poli cristalinos, em razão do material trazer maior economia durante as instalações e possuir durabilidade de, em média, 15 a 20 anos. “São considerados com eficiência significativa na conversão da radiação solar em energia elétrica, bem difundida e consolidada no mercado” (Pinho; Galdino, 2014, p. 26).

Os painéis solares de silício policristalino representam cerca de 85% do mercado de Módulos, são fabricados com diversos cristais menores de silício e são comumente encontrados nas aplicações de sistemas fotovoltaicos ao redor do mundo. Há outros componentes que fazem parte do sistema como o inversor que é um componente fundamental, o controlador de carga, bateria entre outros. “O silício é o material mais utilizado na fabricação de células solares, não somente pelo fato de ser o material mais abundante na terra, mas pela larga experiência alcançada pela indústria microeletrônica, por seu baixo índice de contaminação e por sua alta durabilidade” (Niedzialkoski, 2013, p. 6).

Os Sistemas fotovoltaicos podem ser conectados à rede elétrica, que é o caso desse projeto, ou isolados. Os sistemas fotovoltaicos ligados à rede elétrica são aqueles nos quais a potência gerada é fornecida diretamente à rede, onde pode-se substituir ou complementar a energia disponível nela. Nesse tipo de sistema, é necessário um inversor de qualidade que atenda aos requisitos de segurança. Esse modelo não requer baterias, já que permite o uso de energia da companhia elétrica (Besso, 2017).

Módulos solares fotovoltaicos são geradores de energia em corrente contínua (CC), dessa forma faz-se necessário o uso de inversor, que é um equipamento eletrônico que transforma a corrente contínua em corrente alternada com as características (conteúdo de harmônicos, frequência, forma de onda) que satisfaçam às necessidades cruciais da rede elétrica pública, assim possibilitando interconexão com a rede (Camargo, 2017).

Estudos feitos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2019 revelam que o retorno de investimento referente à geração de energia distribuída contínua ainda se torna muito atrativa. O sistema (*on grid*), aquele conectado à rede de distribuição elétrica, fica em torno de 9 vezes mais barato que o uso de baterias, levando em conta a vida útil das baterias e custos de reparo. O sistema *on grid* também possui como vantagem os créditos de energia que são regulamentados pela ANEEL.

2.3 VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS: PAYBACK, VALOR PRESENTE LÍQUIDO E VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Para qualquer investimento é considerável obter seu retorno para fins de se verificar a atratividade do seu emprego. Indicadores como Valor Presente Líquido (VPL), *payback* (simples ou descontado) e Taxa Interna de Retorno (TIR) são utilizados em balanços econômicos por caracterizar a comparação e quantização dos valores cruciais para o investimento (Sousa; Franco, 2018).

O *payback* é definido como tempo necessário de recuperação do investimento inicial do projeto e é calculado a partir das entradas de caixa. Muito usado devido ao fato de não considerar lucro contábil e sim o fluxo de caixa. Quanto mais tempo levar para a recuperação do capital investido, também será maior a probabilidade de haver imprevistos, assim, quanto menor o tempo do *payback*, menor a exibição do risco (Gitman, 2010 *apud* Bueno. 2018).

O *payback* pode ser simples ou descontado. O *payback* simples é definido pela quantidade de períodos necessários para que se tenha retorno do investimento. Pode ser calculado a partir da soma dos valores de fluxos de caixas de cada período até a soma se igualar ao investimento inicial. O *payback* descontado (PD) é um método de cálculo de engenharia econômica muito semelhante ao *payback* simples,

difere por ter um adicional de taxa de desconto adicionado antes da soma dos fluxos de caixa. Este desconto geralmente se torna a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (Prates, 2017).

Prates (2017) define matematicamente o *payback* descontado na Equação 1.

$$VP = \frac{FC_t}{(1 + TMA)^n} \quad (1)$$

De acordo com a equação, VP equivale ao Valor Presente, FC_t o desconto de cada período em R\$, TMA corresponde à taxa de atratividade e por último o n que é o período estimado de tempo para realização do projeto.

Segundo Andrade et al. (2014) o *payback* tem como principal vantagem levar em conta o tempo total em que haverá a recuperação do dinheiro investido, avaliando sua necessidade financeira, assim mantendo o investimento até o momento que os caixas gerem fluxos positivos.

O uso do método Valor Presente Líquido (VPL) permite ver as necessidades de caixa ou ganhos de projeto, em maneiras de ganho de dinheiro ao longo do tempo. Acontece isso por essa técnica levar em conta a somatória da data zero (0) efetivos no fluxo de caixa sendo seu atual valor a uma TMA (Pilão; Hummeal, 2003 *apud* Bueno, 2018). Segundo Sousa e Franco (2018) esse valor tem que ser positivo, e quanto maior, melhor o investimento.

De acordo com Andrade et al. (2014), o valor presente líquido representa o valor do caixa projetado, que pode diminuir o custo, onde se encontra o resultado financeiro do investimento.

Brom e Balian (2007 *apud* Budel, 2017) descrevem matematicamente o VPL na equação 2.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + i)^t} - FC_0 \quad (2)$$

Onde FC_t é o fluxo de caixa, n o período estimado de tempo para análise da viabilidade econômica de projeto, t o tempo, i a taxa mínima de atratividade, FC_0 é o investimento inicial em R\$.

Essa especificação leva em consideração o tempo de investimento, investimento inicial, retorno no período e fluxo de caixa (Carvalho, 2017).

De acordo com Campos 2007 *apud* Santos e Vasan (2014), a Taxa Interna de Retorno (TIR) de qualquer investimento é nada mais que a taxa de juros no qual o presente valor do fluxo de caixa se iguala a zero (0), tendo como característica uma remuneração do capital que tenha investido. Sendo esse método importante na identificação de risco de investimento do projeto, se for considerado em que o determinado projeto sua TIR for maior do que a taxa de aplicação, será aceitável o projeto.

A fórmula da TIR é expressa na Equação 3, deduzida por Camargos (2013, *apud* Budel, 2017).

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - FC_0 = 0 \quad (3)$$

Onde n é o período estimado de tempo para análise da viabilidade econômica de projeto, t o tempo, FC_t é o fluxo de caixa, k a Taxa Interna de Retorno, e FC_0 o investimento inicial em reais.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada em uma fazenda situada na cidade de Santa Helena no Estado de Minas Gerais, através da exposição de uma situação em que é feita uma investigação, formulando hipóteses, teorias e explorando situações reais, em pontos estratégicos com os seguintes propósitos: diminuir o impacto ambiental e gerar maior economia e rentabilidade para o proprietário, ou seja, realizou-se uma pesquisa aplicada.

Segundo Gil (2010, p. 26) pesquisas aplicadas, além de serem voltadas à “aquisição de conhecimentos para serem utilizadas em uma situação específica, têm a finalidade de solucionar problemas que são identificados pelos pesquisadores”.

Neste contexto, a pesquisa foi realizada através de coleta de dados, assim sendo possível analisar o valor total do investimento, levando em conta o mercado atual, buscando valores exatos que mostrem a rentabilidade do projeto, caracterizando-se, desta forma, como uma pesquisa quantitativa.

No método quantitativo, os pesquisadores se valem de amostras amplas e de informações numéricas, enquanto no qualitativo as amostras são reduzidas, os dados são analisados em seu conteúdo psicossocial e os instrumentos de coleta não são estruturados (Lakatos, 2011, p. 269).

A seleção da metodologia aplicada em uma pesquisa vai variar de acordo com os objetivos que o pesquisador pretende alcançar para responder à questão central do trabalho.

Segundo Gil (1994) em relação aos seus objetivos gerais, as pesquisas são classificadas como exploratórias, descritivas e explicativas. Para a construção deste trabalho será utilizada a pesquisa exploratória, que, para Gil:

[...] têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (Gil, 1994, p.41).

A pesquisa ainda se classifica como um estudo de caso. “Os estudos de casos normalmente são pesquisas descritivas, cuja finalidade é compreender intensivamente um fenômeno típico, presumindo-se que, posteriormente, a partir desse estudo, novas pesquisas possam ser realizadas” (Appolinário, 2016, p. 41).

Foi realizada uma breve visita a propriedade, que possibilitou a análise de fatos direcionados ao projeto de instalação dos painéis fotovoltaico em sua propriedade, logo, a pesquisa pode ser classificada como fonte primária, sobre a qual, Marconi e Lakatos afirmam se tratar de:

Dados históricos, bibliográficos e estatísticos; informações, pesquisas e material cartográfico; arquivos oficiais e particulares; registros em geral; documentação pessoal (diários, memórias, autobiografias); correspondência pública ou privada etc (Marconi; Lakatos, 2019, p. 159).

Para o êxito total da pesquisa, também foi necessária a análise de outros projetos que englobam instalações de painéis fotovoltaicos, obtidos através de fontes como livros, artigos científicos, entre outros.

Realizou-se uma caracterização da fazenda a ser projetada que fica localizada no córrego São Sebastião, em Santa Helena de Minas/MG, cuja extensão é de 40 hectares, com aproximadamente 20 vacas leiteiras, contando, ainda, com uma sala de ordenha. Foi possível constatar, através de avaliações, que o melhor lugar para instalar as placas fotovoltaicas será no telhado da casa com aproximadamente 60 m².

Foi utilizado o método de observação direta intensiva, cujas técnicas são descritas por Marconi e Lakatos (2019, p. 222) como “utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se deseja estudar”.

Foi supervisionado minuciosamente cada detalhe da fazenda e, principalmente, os locais onde serão feitas as instalações. Assim, após serem feitas as análises de preço, mão de obra, manutenção, também foi feito um estudo acerca da durabilidade da vida útil dos equipamentos, para que possa, através de cálculos financeiros, obter o valor de investimento total, assim, conseqüentemente, constatar se tal projeto é viável e se atenderá a todos os serviços energéticos dessa fazenda.

O programa *SunData* fornece a média mensal de insolação de pontos do Brasil, facilitando o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos e as coordenadas geográficas aproximadas do local de estudo.

Utilizando talões de energia fornecidos pela empresa CEMIG Distribuidora S.A de Minas Gerais pode-se obter o consumo em kwh da fazenda. A média desse consumo é dada pela Equação 4, de acordo com Feijoo (2010, p. 15):

$$X_i = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_n}{N} \quad (4)$$

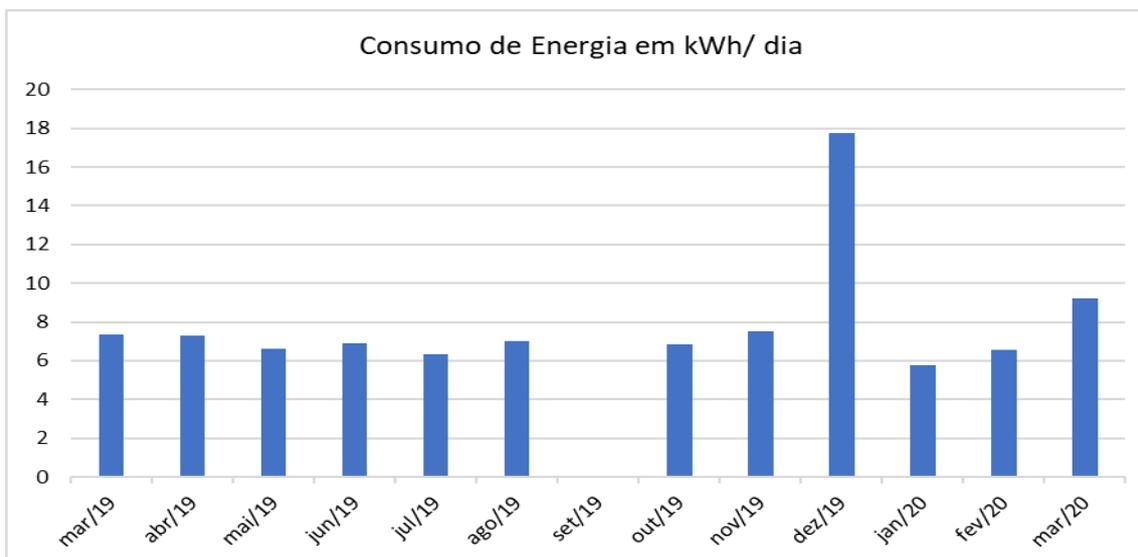
Onde, X_1, X_2 e X_n são os valores das variáveis em uma determinada série.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CÁLCULOS INICIAIS

Assim como o consumo médio mensal o consumo médio diário também é fornecido na conta de luz pela CEMIG, como pode ser observado na Imagem 1.

Imagem 1 – Consumo de Energia em kWh/dia



Fonte: Elaborado pelos autores.

A próxima etapa foi a obtenção de dados da incidência solar na fazenda através do site da CRESESB e do Programa SunData.

Aplicando-se os valores de latitude ($16,931339^{\circ}$ S) e longitude ($40,660218^{\circ}$ O), obteve-se os valores da incidência solar média na região da fazenda exposta na Tabela 3.

Tabela 3 – Irradiação Média Mensal em kWh/ m². dia

Mês	Horizontal (0°)	Latitude (17°)
Janeiro	5,94	5,46
Fevereiro	6,17	5,9
Março	5,29	5,35
Abril	4,57	4,93
Maio	3,77	4,3
Junho	3,45	4,05
Julho	3,68	4,27
Agosto	4,34	4,81
Setembro	5,06	5,26
Outubro	5,28	5,15
Novembro	5,09	4,75
Dezembro	6,03	5,47
Média	4,89	4,98

Fonte: Adaptado CRESESB, 2020.

As equações expostas a seguir foram extraídas dos autores Serrão (2010), Siqueira (2015) e Oliveira (2018). Com os dados da irradiação média e do consumo médio diário é possível calcular a potência necessária para atender a fazenda na Equação 5.

$$P = C_m/M_i \quad (5)$$

Onde, P equivale a potência em kWh, C_m o Consumo médio diário e M_i a média anual de irradiação solar por dia dada em kWh/m². dia.

O seguinte passo é determinar a quantidade de placas solares necessárias para que seja atendido o consumo elétrico da fazenda, conforme Equação (6). Para isso, também é necessário determinar o tipo de placa que será usada no projeto determinada de acordo com a potência requerida.

$$Q = P/P_p \quad (6)$$

Onde, Q é a quantidade de placas, P a potência e P_p a potência de cada uma das placas em kWh.

O passo seguinte é determinar o inversor adequado para a implantação desejada que pode ser selecionada a partir da potência total do sistema definido na Equação 7. O inversor de frequências é um dos componentes principais do sistema fotovoltaico. “Sua função é transformar a corrente contínua que é gerada pelas placas solares em corrente alternada, que pode ser usada pelos aparelhos elétricos convencionais”. (Dantas; Pompermayer, 2018, p.10).

$$P_t = P_p \times Q \quad (7)$$

Onde, P_t a potência total dada em kWh.

No site da Solar Livre é possível, tendo em mãos o valor da potência total, escolher o inversor que melhor se adeque à instalação conectada à rede elétrica, que é o presente caso.

Por último, mas não menos importante, foi obtido o custo de energia gerada com a implantação do sistema fotovoltaico. São calculados os valores de fluxos de caixa referentes às receitas e todas as despesas de investimento/ operacional

ocorrido durante a vida útil de instalação para estimar o valor da energia (R\$/ kWh) (Pinho; Galdino, 2014).

Pode ser calculado empregando a fórmula 8.

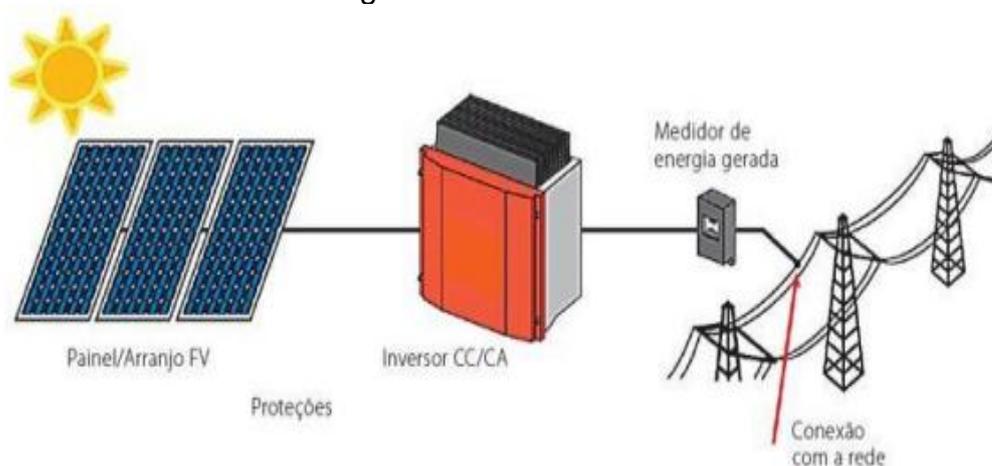
$$CE = [CAPEX + VP(OPEX)]/VP (EP) \quad (8)$$

Onde *CE* é o Custo de Geração (R\$/kWh), *CAPEX* é o Custo de Investimento (R\$), *VP(OPEX)* o Valor Presente de Custos ao longo da vida útil da instalação (R\$) e *VP (EP)* o Valor Presente da Energia Produzida no decorrer da vida útil da instalação (kWh).

Pinho e Galdino (2014, p. 230) dizem a respeito do custo de geração de energia, que a geração do custo pelo sistema deve ser levada em conta, ao avaliar, qual tecnologia atende melhor ao projeto e também suas vantagens elétricas e arquitetônicas.

As gerações de energias fotovoltaicas podem ser classificadas por meio de duas categorias: os sistemas conectados à rede (*ON-Grid*) e os sistemas que permanecem isolados da rede, ou autossuficiente (*OFF-Grid*). O sistema em questão é *on-grid* como se pode observar na Imagem 2, onde é ilustrada a geração de energia, conversão da tensão em alternada pelo inversor e frequência e tensão conectadas na rede. (Silva, 2015).

Imagem 2- Sistema Conectado à Rede



Fonte: Silva, 2015.

Os estudos viáveis e desenvolvimento desse projeto dão-se em sistemas conectados à rede. Foi analisada a viabilidade econômico-financeira do uso de energia solar fotovoltaica e, em seguida, foi feita a análise do *payback* descontado, valor presente líquido e taxa interna de retorno.

Dentro deste tópico foi realizado o dimensionamento para o sistema fotovoltaico que será ligado à rede para o suprimento elétrico total da propriedade rural de uma fazenda leiteira, na cidade de Santa Helena de Minas/MG, levando em consideração uma média da potência gasta na propriedade.

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Para iniciar o cálculo necessário para o dimensionamento de painéis fotovoltaicos é preciso conhecer os gastos em kWh da propriedade da fazenda que é alvo do estudo do projeto.

Para que o dimensionamento fosse realizado, foi feito um levantamento do quanto é consumido de energia na propriedade, nos meses de abril/2019 a março/2020 por meio da conta de luz fornecida pela empresa distribuidora Cemig distribuição S.A do estado de Minas Gerais – Belo Horizonte, inscrita no CNPJ 06.981.180/0001-16, de acordo com o que foi apresentado na Tabela 4. Para a montagem da média de consumo, utilizou-se a Equação 4 para que fosse feito o cálculo da média mensal do consumo, que tem o valor de 216,96 kWh.

Com isso é possível dizer, através da Equação 4 e pela Imagem 1, que o consumo médio diário de energia elétrica (C_{md}), é de 7,93 kWh.

Tabela 4 – Dados de consumo e custo com energia elétrica da residência

Mês/Ano	Consumo kWh/mês	Valor kWh (com imposto)	Valor Pago na conta de energia (R\$)
mar/20	221	0,6593	145,71
fev/20	219	0,6405	140,26
jan/20	219	0,6308	138,15
dez/19	200	0,6384	127,68
nov/19	203	0,6382	129,56
out/19	204	0,6425	131,06
set/19	0	0	0
ago/19	219	0,6388	139,89
jul/19	218	0,5906	128,74
jun/19	532	0,6019	320,19
mai/19	184	0,6492	119,45
abr/19	184	0,6561	120,73
Média	216,96 kWh/mês	0,6306 kWh	R\$ 136,79

Fonte: Adaptado CEMIG - Dados da conta de Luz do consumidor

Como o estudo tem como base um consumidor residencial de uma fazenda de produção leiteira, desta forma foi adotada uma taxa que é aplicada a esse tipo de cenário e com este perfil de consumidor, e que possa suprir as necessidades do mesmo em um mínimo de requisitos.

Macedo (2014, p.63) afirma isso mostrando que “a taxa de juros auferida no novo projeto deve ser no mínimo a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes, seguras e de baixo risco”. Mediante o que foi descrito pelo autor, a taxa a ser aplicada deve ser de 5,36% e essa taxa corresponde a um emprego de caderneta em uma poupança referente aos últimos 12 meses entre os anos de 2019 e 2020, período em que o cálculo foi efetuado (março/2020 à abril/19).

Na obtenção do valor da potência necessária (P) foi imprescindível saber a irradiação solar mensal média que é de 4,98 kWh/ m² dia, como visto na Tabela 4 e aplicar junto ao valor do consumo médio diário na aplicação da Equação 5. Obtém-se, assim, o valor de P=1,98KW. Logo, as placas solares suprirão essa potência.

Cada placa possui 360 W de potência. Aplicando a Equação 6, tem-se a certeza de que serão necessárias seis placas solares na implantação do projeto.

Para a seleção do inversor adequado, calcula-se a Potência total do sistema pela Equação 7. Obtém-se que a potência total será de 2160 W, portanto é necessário um inversor que supra essa potência.

4.3 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

O valor total dos equipamentos fundamentais para a instalação do sistema fotovoltaico completo (materiais, instalação, adequação à rede), foi estimado em R\$ 12.302,25 (doze mil e trezentos e dois reais e vinte e cinco centavos). O cálculo para implementação do sistema foi realizado pela empresa Solar Livre através de um simulador, cuja venda só é efetivada com os itens completos.

O dimensionamento do sistema fotovoltaico necessário para o atendimento da demanda desse projeto foi feito pela empresa Solar Livre (2020), cuja conclusão foi que, de acordo com o orçamento resumido, a demanda mensal estimada é de 217 kWh; produção anual de energia de 2.833 kwh/ ano e área necessária para os painéis de 12,60 m².

Conforme proposta comercial disponível na Tabela 5, demonstrando um custo total de implantação do sistema no valor Total de R\$ 12.302,25.

Tabela 5 - Orçamento dos materiais

Itens	Quantidades
POLICRISTALINO CANADIAN 360W HALF-CELL	6
FRONIUS PRIMO 3.0-1 3000W	1
PAR CONECTOR MACHO / FEMEA - MC4	2
STRINGBOX SOLAR LIVRE SB01 - 1E/1S	1
CABO SOLAR 6MM-1800V PRETO	12
CABO SOLAR 6MM-1800V VERMELHO	12
PERFIL DE ALUMÍNIO 3,15M	4
KIT DE EMENDAS E PARAFUSOS INOX 8X12	4
KIT TERMINAL FINAL 39/44MM – BAIXO	6
KIT TERMINAL INTERMEDIARIO 39/44MM	14
KIT SUPORTE PARA TELHADO DE FIBROCIMENTO	10
Total	R\$ 12.302,25

Fonte: Adaptado Solar Livre, 2020.

4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

Para obter a viabilidade econômica do projeto foi feito um levantamento dos valores de VPL, *payback* Descontado e TIR.

O período de 24 anos do projeto será referente à garantia dada pelo fabricante às placas fotovoltaicas. O fluxo de caixa de cada ano será o valor da média dos últimos meses gastos com o fornecimento de energia elétrica pela CEMIG em 2020, multiplicada pelos 12 meses.

Aplicando as Equações 1, 2 e 3 juntamente com os dados de custo, tempo e inflação obtém-se os seguintes resultados demonstrados nas Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 6 – Tabela de Fluxo de Caixa Para Investimento

Período (Ano)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	12302,25	-12302,25	-12302,25
1	1641,48	1557,972665	-10744,27733
2	1641,48	1478,713615	-9265,563719
3	1641,48	1403,486727	-7862,076993
4	1641,48	1332,086871	-6529,990122
5	1641,48	1264,319353	-5265,670769
6	1641,48	1199,999386	-4065,671383
7	1641,48	1138,951581	-2926,719801
8	1641,48	1081,009474	-1845,710328
9	1641,48	1026,015066	-819,6952618
10	1641,48	973,8183998	154,123138
11	1641,48	924,2771448	1078,400283
12	1641,48	877,2562119	1955,656495
13	1641,48	832,6273841	2788,283879
14	1641,48	790,2689674	3578,552846
15	1641,48	750,0654588	4328,618305
16	1641,48	711,9072313	5040,525536
17	1641,48	675,6902347	5716,215771
18	1641,48	641,3157125	6357,531483
19	1641,48	608,6899321	6966,221416
20	1641,48	577,7239295	7543,945345
21	1641,48	548,3332664	8092,278612
22	1641,48	520,4378003	8612,716412
23	1641,48	493,9614658	9106,677878
24	1641,48	468,832067	9575,509945

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

Tabela 7 - Valores do Dimensionamento das placas fotovoltaicas

VPL do Projeto	Taxa Interna de Retorno (TIR)	Tempo de Payback Descontado
R\$ 9.575,51	12,56%	9,84 anos

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

Mediante o que foi apresentado nas Tabela 6 e Tabela 7, é possível verificar que o *payback* no projeto para a instalação das placas fotovoltaicas é apresentado no ano 9, sendo assim, o retorno do investimento para implantação das placas só começará a partir do 10º ano.

Abreu Filho (2007) afirma que na maioria dos projetos de investimento em fontes renováveis tem um *payback* mais prolongado. Depois do 10º ano, todos os seguintes serão de lucratividade do investimento, tendo seu saldo positivo.

Macedo (2014) afirma que o cálculo obrigatório para a aplicação do VPL e da TIR (taxa interna de retorno) informará as condições necessárias para sustentar a definição de aceitação do projeto.

Segundo o que foi descrito anteriormente, Macedo (2014) afirma que o fluxo de caixa inicial mostra o valor do investimento aplicado no início para a realização do projeto e, por isso, ele se apresenta negativo. Em seguida, é feita a somatória dos fluxos de caixa que são esperados, deduzido pela quantidade de períodos do próprio investimento do início até o período zero.

Uma vez que o VPL, ao final dos 24 anos, atinge saldo positivo de R\$9.575,51 (nove mil e quinhentos e setenta e cinco reais e cinquenta e um centavos), analisando junto ao *payback* de 9,84 anos, concluiu-se que a implantação de painéis fotovoltaicos na fazenda é viável, visto que acaba sendo um curto prazo o tempo de *payback* já que a vida útil do sistema pode ultrapassar a garantia de 24 anos e ainda não excede o tempo máximo de retorno de 10 anos estabelecido por (Coelho; Oliveira, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar análise acerca da viabilidade econômica do projeto, em que se obteve como retorno de investimento um VPL de R\$9.575,51 (nove mil e quinhentos e setenta e cinco reais e cinquenta e um centavos), um *payback* de 9,84 anos e um TIR de 12,56%, pôde-se concluir que é viável implantar um sistema de energia solar na fazenda de Santa Helena de Minas. Todavia, vale ressaltar que essa viabilidade foi analisada segundo o fluxo de caixa, apresentado na Tabela 6, e está interligada a um investimento a longo prazo.

Assim, para o que foi proposto no projeto, a implementação é compensatória, sobretudo por se tratar de uma propriedade com o foco na agropecuária, ou seja, um local onde a energia é consumida durante todo o período. Embora haja um tempo extenso do retorno, o investimento continua sendo uma opção acessível, uma vez que, após sua implementação, o proprietário não terá qualquer custo relacionado à energia utilizada na fazenda.

De acordo com o que foi demonstrado no estudo em questão, ponderou-se primeiramente os aspectos ligados à economia do projeto. Considerando todos os benefícios relacionados ao desenvolvimento sustentável produzido pela fonte de energia natural, o risco a residência ficar desabastecida de energia por algum imprevisto é drasticamente minimizado, o que torna o projeto em questão mais lucrativo, e o seu retorno ainda que um pouco tardio, não se torna um problema.

Diante dos dados e considerações expostas, a energia solar fotovoltaica destaca-se como fonte de energia renovável comparada a fontes de energia geradas através de recursos hídricos, o que diminui gradativamente o risco de escassez desse recurso tão importante para o meio ambiente.

Para um entendimento melhor do que foi proposto, o estudo é viável para o projeto, tendo em vista que se trata de uma propriedade em que o consumo é intermitente, mesmo que seja levado em consideração o fato de ser uma propriedade de pequeno porte, somente utilizada para suprir as necessidades de produção. Para trabalhos futuros, recomenda-se analisar a maior viabilidade e o retorno financeiro mais rápido com o consumo de energia elevado em propriedades com tamanhos similares.

Em conformidade ao que foi explanado anteriormente, esse estudo serve como base para futuros dimensionamentos, tendo em vista que o investimento em

fontes de energias renováveis está se elevando, porquanto contribui diretamente para o meio ambiente e, proporcionalmente uma bem feitoria à sociedade, já que é de conhecimento que os sistemas fotovoltaicos não geram resíduos, gases ou qualquer outra forma de poluição, e mesmo em sistemas e estabelecimentos mais simples há redução no consumo e gastos financeiros com energia.

REFERÊNCIAS

ABREU FILHO, José Carlos de. **Finanças corporativas**. Reimpressão – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

ANDRADE, Debora Anderson de; SILVA, Francini; PEREIRA, Rafael da Silva. **Análise de Investimentos: um Estudo Aplicado em uma Empresa do Ramo Alimentício**, 2014. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Univale, Governador Valadares, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Revisão das Regras de Geração Distribuída Entra em Consulta**. Site. 2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/revisao-das-regras-de-geracao-distribuida-entra-em-consulta-publica/656877> Acesso em: 10 abr. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. **Relatório Brasil**. Novembro de 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/RELATORIO%20BRASIL_com%20Anexos_ASC%202008.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia Científica** [recurso eletrônico] / Fábio Appolinário; [editora de conteúdo: Sirlene M. Sales]. – São Paulo, SP: Cengage, 2016.

BESSO, Raquel. **Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede_ Estudo de Caso no Centro de Tecnologia da UFRJ**. Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola Politécnica. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) Rio de Janeiro. 2017.

BORGES, Ane Caroline, SILVA, Marcelo, ALVES, Carine, TORRES, Ednildo. Energias Renováveis: Uma Contextualização da Biomassa Como Fonte de Energia. **Revista Eletrônica do Prodepa Fortaleza**, Brasil 23-36, Jul/ Dez de 2016.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia**. Agência Internacional de Energia lança a Edição 2010 do World Energy Outlook. Publicado em 13 de dezembro de 2010. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/manchete/-/asset_publisher/neRB8QmDsbU0/content/agencia-internacional-de-energia-lanca-a-edicao-2010-do-world-energy-outlook;jsessionid=8F6EA36972F21348ECF60EE58F9E02AE.srv155. Acesso em: 10 abr. 2020.

BUDEL, Deives Antônio. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos em Residências**. Universidade Federal de Santa Maria. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção). RS, 2017.

BUENO, Ana Paula Mendes. **Viabilidade de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica para Irrigação com Pivô Central**. Universidade Federal de Uberlândia. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Minas Gerais, 2018.

CAMARGO, Lucas Tamanini. **Projeto de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Londrina- Centro de Tecnologia e Urbanismo_ Departamento de Engenharia Elétrica. Londrina, 2017.

CARVALHO, Henrique. Valor Presente Líquido: **O que é o VPL e por que isso é importante para seus Investimentos?**. Site. HC Investimentos. Publicado em 2017. Disponível em: <https://hcinvestimentos.com/2017/01/17/valor-presente-liquido/> Acesso em: 20 abr. 2020.

Companhia Energética de Minas Gerais. CEMIG. **Segunda Via**. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/Paginas/segunda_via_Cemig.aspx Acesso em: 12 maio. 2020.

COELHO, Guilherme Aguiar, OLIVEIRA, Ricardo Cardoso. Viabilidade Econômica do Uso de Painéis Solares no Condomínio Horizontal Bela Vista: Estudo de caso. **Revista Uningá Review**, Paraná, Vol 28, n.3, p 101-107, outubro de 2016.

Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB. **Brasil é responsável por cerca de 7% do leite produzido no mundo**. Publicado: Quinta, 20 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2634-brasil-e-responsavel-por-cerca-de-7-do-leite-produzido-no-mundo>. Acesso em: 18 nov. 2019.

CRESESB. Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. **Energia Solar Fotovoltaica**. Site. 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> Acesso em: 10 abr. 2020.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito: **Energia Solar Princípios e Aplicações**, 2006. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf. Acesso em: out. 2019.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico**. IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). Rio de Janeiro, maio de 2018.

EXAME. **Guia Exame 2011**. Sustentabilidade. Disponível em: <<https://issuu.com/exame/docs/guia-exame-sustentabilidade-2016>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

FEIJOO, AMLC. **Medidas de tendência central**. In: A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010, pp. 14-22. ISBN: 978-85-7982-048-9. Available from SciELO Books .

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. [S.L.]: Atlas, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração Financeira/ Lawrence J. Gitman**; tradução Allan Vidigal Hastings; revisão técnica Jean Jacques Salim. – 12. Ed. – São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. IPEA. **Consumo de energia elétrica**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7495?mode=full>>. Acesso em: 10 out. 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia científica**. 6 ed. [S.L.]: Atlas, 2011.

MACEDO, J. de J. **Análise de projeto e orçamento empresarial** [livro eletrônico]/Joel de Jesus Macedo, Ely Celia Corbari. – Curitiba: InterSaberes, 2014. (Série Gestão Financeira). 2Mb; PDF

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. [S.L.]: Atlas, 2007.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

NIEDZIALKOSKI, Rosana Krauss. **Desempenho de Painéis Solares e Policristalinos em um sistema de bombeamento de água**. Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre Cascavel – Paraná, 2013.

OLIVEIRA, Luiz Henrique. **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede de Energia Elétrica**. Universidade Federal de Uberlândia. Monografia (Engenharia Elétrica). Uberlândia, MG, 2018.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL- CRESESB Edição Revisada e Atualizada. Rio de Janeiro. Março de 2014.

PRATES, Wladimir Ribeiro. **Engenharia Econômica: Payback, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)**. Site. Publicação de 1 de janeiro de 2017. Disponível em: <https://www.wrprates.com/engenharia-economica-payback-valor-presente-liquido-vpl-e-taxa-interna-de-retorno-tir/#Metodo_1_Payback_Simples> Acesso em: 16 maio 2020.

PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia). **Resultados do PROCEL 2015**. Ano base 2014.

REIS, P. **Energia geotérmica o seu funcionamento e tecnologia**. Portal Energia, São Paulo. Publicado em 17 de maio de 2017. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/energia-geotermica-seu-funcionamento-tecnologia/>>. Acesso em: 10 out. 2019.

ROSS. **Princípios de administração financeira**: administração financeira. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 326 p. (Atlas). Bradford D.

SANTOS, Edilaine; VASAN Alexandre Hungaro. **A Importância dos Investimentos: uma análise por meio do Payback. VPL e TIR CEAD e CIESTEC (Ciclo de Estudos em Administração e Ciclo de Estudos Tecnológicos)**. 2014. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/23682117-A-importancia-dos-investimentos-uma-analise-por-meio-do-payback-vpl-e-tir-resumo.html>> Acesso em: 20 abr. 2020.

SEGET. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Energia Solar: Um Estudo Sobre a Viabilidade Econômica de Instalação do Sistema Fotovoltaico em uma Residência em Ipatinga- MG. XIII evento. 2016.

SERRÃO, Marcos Antonio dos Santos. **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico para uma casa de veraneio em Ponso da Cajaíba- Paraty**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Rio de Janeiro, agosto de 2010.

SILVA, Leandro Mendes. **Potencial de Utilização das Energias Eólica e Solar em Goiânia**. Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2016.

SIQUEIRA, Lucas Matias. **Estudo do Dimensionamento e da Viabilidade Econômica de Microgerador Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Juiz de Fora, 2015.

SOLAR LIVRE. **Simulador para projetos de energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <<https://www.solarlivre.com.br/simulador-solar>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

SOUSA, Cleberton Pereira; FRANCO, Tiago Aparecido Silveira. **Projeto e Instalação de um Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede de Distribuição**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

VETTORAZZI, Egon. **Orientação Solar Residencial: Conforto Térmico**. São Paulo, 2015.

VIEIRA, Ailton Baltazar Silva. **Avaliação da Localização dos Painéis Fotovoltaicos**. Minas Gerais. Santa Helena de Minas, 04 de abr de 2020.