



Associação Propagadora Esdeva
Centro Universitário Academia – UniAcademia
Curso de Engenharia Elétrica
Trabalho de Iniciação Científica - Artigo

TÍTULO: Estudo de Dimensionamento de Sistemas Solares Fotovoltaicos

Alunos: Ariany Alves Orosco Fernandes Vieira; Maria Mariah da Costa Sales e Oliveira; Camila do Carmo Almeida Abritta; Camile Arêdes Moraes.

Linha de pesquisa: Eficiência energética

RESUMO

Com o aumento do consumo de energia elétrica em razão do desenvolvimento econômico, populacional e tecnológico surgiu a necessidade de diversificar a matriz energética. Em busca de alternativas com menor impacto ambiental, observa-se uma procura crescente por fontes renováveis de energia. Nesse cenário, a energia solar fotovoltaica se destaca, ganhando espaço no mercado brasileiro com a aprovação da resolução normativa 282/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e as alterações da resolução 687/2015, proporcionando maior facilidade e benefícios aos consumidores.

Este estudo aborda o dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos *on-grid* (conectados à rede) e está focado em evidenciar como um dimensionamento adequado é fundamental para garantir que o sistema seja capaz de gerar energia suficiente para suprir as necessidades do local, sem gerar excessos ou *déficits* de energia.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica. Sistema on-grid. Energia limpa.

1 INTRODUÇÃO

A história da energia solar teve início em 1839, quando o físico francês Alexandre Edmond Becquerel observou acidentalmente o efeito fotoelétrico durante um experimento eletroquímico. Ao expor eletrodos de platina ou prata à luz, ele notou o surgimento desse efeito fotoelétrico (IST, 2004).

Hoje, a preocupação global com a sustentabilidade é constante. Busca-se o uso consciente dos recursos naturais para a produção de diferentes formas de energia, incluindo a eletricidade para uso residencial e industrial. A energia solar surge como uma excelente aliada para o futuro do planeta e da economia. Os painéis solares fototérmicos, que aquecem água para uso interno, representam o modelo mais simples. No entanto, os sistemas solares fotovoltaicos, que convertem a radiação solar em energia elétrica por meio de células fotovoltaicas, feitas geralmente de silício, oferecem possibilidades mais amplas. Essa energia elétrica pode alimentar dispositivos eletrônicos em residências e indústrias, sendo especialmente benéfica para esta última, que consome grandes quantidades de eletricidade (SOLARVOLT, 2020).

A adoção de sistemas solares tem crescido exponencialmente em todo o mundo nos últimos anos. Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), países com maior capacidade instalada, como China, Alemanha, Japão e Estados Unidos, podem atingir até 30% de uso de energia solar até 2022.

A China lidera eficientemente, representando 25,8% da produção mundial de instalações solares. Isso equivale a uma capacidade de até 78.100 MW, de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Outros países, como Itália, Grécia e Alemanha, também têm uma significativa parcela de procura por energia solar. No entanto, mesmo líderes como China e EUA, apesar de suas capacidades instaladas, não conseguem suprir completamente a demanda por eletricidade por meio de fontes solares.

Os países com maior potencial de crescimento no campo da energia solar fotovoltaica são aqueles que implementam políticas de incentivo a essa tecnologia. Produção, importação de equipamentos e modelos de gestão para a comercialização da energia elétrica gerada são sugestões principais para implementação. O Brasil, com uma matriz energética predominantemente renovável, destaca-se globalmente na produção. Possuindo níveis elevados de irradiação solar, superiores a países como Alemanha, França e Espanha, o país tem planos ambiciosos para a expansão da capacidade solar. O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2026) estima que a capacidade instalada solar atingirá 13 GW até 2026, com 9,6 GW de geração centralizada e 3,4 GW de geração distribuída, representando aproximadamente 5,7% da capacidade total. Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar), entre 2012 e 2022, foram investidos R\$ 93,7 bilhões no setor, gerando 540,5

mil empregos e arrecadando R\$ 25,4 bilhões em tributos públicos. O objetivo central de um dimensionamento solar é determinar o tamanho e a capacidade adequados de um sistema de energia solar fotovoltaica para atender às necessidades energéticas de um local específico. A correta execução desse dimensionamento é crucial para assegurar a eficiência e a viabilidade econômica do sistema solar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico apresenta -se a conceitualização teórica do trabalho. Na item 2.1, são destacados alguns conceitos fundamentais que serão explorados ao longo deste estudo. No item 2.2, contextualiza-se as fontes de energia. No item 2.3, os tipos de fonte de energia. No item 2.4, o contexto energético brasileiro. No item 2.5, o desenvolvimento sustentável e eficiência energética. No item 2.6, a transição Energética. Por fim, no item 2.7 será apresentado a energia solar.

2.1 - Energia

Segundo Osatchuk (2019) a palavra "Energia" possui diversos significados, porém o mais próximo de uma definição coesa é o de "recurso imprescindível", já que sem ela a vida em nosso planeta simplesmente não seria possível. Para enriquecer a fundamentação teórica do estudo sobre energia e sua aplicabilidade, Birnfeld (2014) oferece perspicazes comentários, abordando aspectos cronológicos e de desenvolvimento. A energia, palavra que abarca diversos significados, encontra sua definição mais coesa como um "recurso imprescindível". A existência de vida em nosso planeta depende fundamentalmente dela, sendo parte integrante do cotidiano humano desde tempos primórdios. Inicialmente, utilizada para produzir fogo através do atrito entre pedras e madeiras, a energia desempenhou papéis cruciais, como no preparo de alimentos e na fabricação de ferramentas por meio da fundição de metais. Ao longo dos anos, sua aplicação evoluiu para impulsionar barcos nas navegações entre continentes e, nos tempos modernos, para impulsionar a Revolução Industrial com a máquina a vapor, locomotivas, teares mecânicos e navios movidos a vapor. No século XIX, o petróleo e a eletricidade tornaram-se impulsionadores fundamentais para o desenvolvimento global (Birnfeld, 2014).

A Revolução Industrial clássica é dividida em duas fases distintas: a primeira, conhecida como "Revolução do Carvão e do Ferro", e a segunda, como "Revolução

da Eletricidade, Petróleo e Aço". Essa era marcante estabeleceu definitivamente a importância da energia na vida cotidiana da humanidade. A energia desempenha diversas funções essenciais em nossa sociedade, atuando como força motriz para máquinas industriais, motores de veículos e dando vida a uma variedade de aparelhos. Além disso, ela ilumina vários setores da sociedade, abrangendo economia, trabalho, ambiente, relações internacionais, assim como as esferas pessoais, como moradia, alimentação, saúde e transporte. A dependência moderna da energia é evidente, sendo essencial para desfrutar das comodidades da vida contemporânea, como televisão, geladeira e chuveiro com água quente.

Entender o significado da energia, suas fontes, limitações e os prejuízos do mau uso é crucial (Birnfeld, 2014). A Revolução Industrial teve impacto significativo na sociedade atual, especialmente no surgimento da revolução tecnológica. Contudo, o aumento da busca por lucro pode negligenciar a importância da sustentabilidade na geração de energia (Silva, Cavalcante, 2011). Empresas devem adotar pensamentos e ações sustentáveis para desenvolver-se sem causar danos ambientais e sociais (Pensamento Verde, 2017). Com a energia tornando-se indispensável e seu consumo crescendo incessantemente, as fontes energéticas tornam-se um dos temas de pesquisa mais importantes da atualidade.

2.2- Fontes de Energia

As fontes primárias de energia constituem os recursos naturais dos quais a energia pode ser obtida diretamente, sem passar por transformações intermediárias significativas. Estas fontes, que abrangem desde combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, até energia solar, eólica, hidrelétrica, biomassa, nuclear, geotérmica e marinha, formam a espinha dorsal de qualquer sistema energético. Elas servem como a base para diversas aplicações, desde a geração de eletricidade até o aquecimento. No entanto, é crucial reconhecer as implicações associadas ao uso dessas fontes.

Embora os combustíveis fósseis, devido à sua abundância e facilidade de extração, estejam vinculados a impactos ambientais adversos e emissões de gases de efeito estufa, as fontes renováveis representam um caminho mais sustentável e ecologicamente responsável para o futuro energético, conforme destacado por Goldemberg e Lucon em 2007. Os autores enfatizam que a escolha entre diferentes

fontes primárias de energia e a gestão eficaz desses recursos têm repercussões significativas não apenas no meio ambiente, mas também na economia, política e sociedade.

A transição para fontes mais sustentáveis exige inovação tecnológica e investimentos em infraestrutura. Em meio às crescentes preocupações sobre as mudanças climáticas, a diversificação da matriz energética com a incorporação de fontes primárias de energia renovável torna-se imperativa. Hodge (2011, p. 109) destaca que todas as fontes energéticas impactam o meio ambiente, sendo que algumas causam impactos mais intensos do que outras. Os avanços tecnológicos ao longo do último século resultaram em danos significativos ao meio ambiente e à sociedade, incluindo poluição do solo, do ar e da água, bem como efeitos adversos na saúde das populações.

As fontes primárias de energia são essenciais, fornecendo energia diretamente da Terra ou do sol antes de serem convertidas em formas utilizáveis para atender nossas necessidades diárias. Estas incluem energia solar, capturada e transformada por painéis solares fotovoltaicos ou utilizada para aquecimento solar; energia eólica, convertida em eletricidade por turbinas eólicas; energia hidráulica, transformada a partir da água em movimento em eletricidade por meio de usinas hidrelétricas ou outras tecnologias de energia das marés e ondas; biomassa, gerada a partir de matéria orgânica; geotérmica, utilizando a energia térmica do interior da Terra; combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e carvão; e energia nuclear, obtida a partir de reações nucleares em usinas nucleares para gerar eletricidade.

2.3 - Tipos de fontes de energia

As fontes de energia podem ser classificadas em várias categorias, dependendo de diferentes critérios. Uma forma comum de classificação é com base em sua origem primária ou na forma como são obtidas. Aqui estão as principais divisões dos tipos de fontes de energia:

a) Fontes de energia renováveis:

- Solar: Energia obtida a partir da luz do sol, geralmente capturada por painéis solares para gerar eletricidade ou aquecer água.

- Eólica: Energia gerada pelo vento, capturada por turbinas eólicas para produzir eletricidade.
- Hidrelétrica: Energia proveniente do movimento da água em rios ou represas, utilizada para acionar turbinas geradoras de eletricidade.
- Biomassa: Energia derivada de materiais orgânicos, como resíduos agrícolas, resíduos de alimentos ou plantas cultivadas especificamente para fins energéticos.
- Geotérmica: Energia extraída do calor do interior da Terra, geralmente usada para aquecimento ou geração de eletricidade em áreas geotermicamente ativas.

b) Fontes de energia não renováveis:

- Petróleo: Energia derivada do petróleo bruto, utilizado como combustível para veículos, na indústria e na geração de eletricidade.
- Gás natural: Energia obtida a partir do gás natural, frequentemente utilizado para geração de eletricidade e aquecimento residencial e industrial.
- Carvão: Energia proveniente do carvão mineral, usado principalmente para gerar eletricidade em usinas termelétricas.
- Gás de xisto (*shale gas*): Semelhante ao gás natural, mas extraído de depósitos de xisto por meio de técnicas de fraturamento hidráulico (*fracking*).
- Nuclear: Energia obtida a partir da fissão nuclear, onde núcleos atômicos são divididos, liberando uma quantidade significativa de energia. Usado na geração de eletricidade em usinas nucleares.

2.4 - Contexto energético brasileiro

No ano de 2020, aproximadamente 51,6% da oferta interna de energia (OIE) no Brasil originou-se de fontes não renováveis, destacando-se, principalmente, a contribuição de 33,1% proveniente de petróleo e seus derivados. No âmbito das fontes renováveis, a biomassa de cana teve uma participação expressiva, representando 19,1% da OIE, seguida pela energia hidráulica, que contribuiu com 12,6%. Houve uma redução de 2% no consumo energético em comparação ao ano anterior. Notavelmente, apenas os setores industrial, residencial e agropecuário apresentaram aumento no consumo durante esse período (EPE, 2021). No que diz respeito à oferta

interna de energia elétrica, apenas 15,8% provieram de fontes não renováveis, com destaque para o uso de carvão e seus derivados. As fontes renováveis mais relevantes foram a hidrelétrica, com uma participação de 65,2%, e a biomassa, contribuindo com 9,1%. O consumo de eletricidade diminuiu em 1%, embora os setores agropecuário, industrial, residencial e de transportes tenham experimentado um aumento no consumo durante o mesmo período (EPE, 2021). A expressiva dependência do Brasil em relação à fonte hidrelétrica pode acarretar consequências substanciais para a segurança energética, especialmente em períodos de seca que representam uma ameaça ao abastecimento nacional de eletricidade. Um exemplo emblemático dessa dependência manifesta-se na implementação da bandeira tarifária "escassez hídrica", impondo um custo adicional de R\$ 14,20 para cada 100 kWh consumido. Esta medida torna-se ainda mais preocupante diante do contexto do pior período de escassez de recursos hídricos dos últimos 91 anos, agravando os desafios enfrentados pelo setor elétrico brasileiro (ANEEL, 2021a).

Em termos ambientais, a matriz energética brasileira gerou um total de 398,3 milhões de toneladas de emissões de CO₂ equivalentes (CO₂eq), enquanto a matriz elétrica contribuiu com 48,95 milhões de toneladas, representando aproximadamente 12% das emissões totais da matriz energética nacional (EPE, 2021).

2.5 - Desenvolvimento sustentável, Eficiência Energética

O desenvolvimento sustentável, conforme definido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Relatório Brundtland da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1987), busca atender às necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades. O conceito apresentado, tem como ponto central a integração harmônica de práticas econômicas, sociais e ambientais. Ao trazer para o contexto energético, o desenvolvimento sustentável exige uma transição de fontes de energia não renováveis e poluentes para alternativas mais limpas e renováveis, como a energia solar fotovoltaica.

Eficiência energética, por sua vez, refere-se à otimização do consumo de energia, garantindo que se obtenha o máximo de benefícios energéticos com o mínimo de insumo. Em sistemas solares fotovoltaicos, a eficiência energética se manifesta tanto na conversão da luz solar em eletricidade quanto na utilização efetiva

dessa energia gerada. Eficiência aprimorada resulta em menos desperdício, maior retorno sobre o investimento e menor impacto ambiental, assim como abordado por Farias e Sellitto, 2011. Oliveira, 2018 disserta em seu trabalho sobre a importância do dimensionamento correto de sistemas solares fotovoltaicos não apenas para maximizar a geração de energia limpa, mas também como forma de contribuir para um uso mais racional e consciente dessa energia. Dada a natureza intermitente da energia solar - com variações diárias e sazonais na produção - o dimensionamento adequado e a integração de soluções de armazenamento de energia e eficiência energética são imperativos.

Assim, ao abordar o dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos, não se trata apenas de garantir energia suficiente, mas de alinhar essa energia à visão mais ampla do desenvolvimento sustentável. A combinação de tecnologias fotovoltaicas eficientes, práticas de dimensionamento otimizadas e estratégias de gerenciamento de energia pode acelerar a para uma matriz energética mais sustentável.

2.6 - Transição Energética

A transição energética representa a transformação gradual dos sistemas globais de produção e consumo de energia, migrando de fontes convencionais, predominantemente fósseis, para alternativas mais sustentáveis e renováveis. Esse processo é impulsionado por diversos fatores, como a crescente conscientização sobre as mudanças climáticas, a necessidade de garantir a segurança energética, a redução dos custos das tecnologias renováveis e pressões socioeconômicas. Nesse cenário, a energia solar desempenha um papel cada vez mais central.

Beigelman (2013) destaca que as fontes renováveis têm o potencial de ganhar uma significativa participação na matriz energética global devido ao seu menor impacto ambiental, contribuindo para um futuro de geração sustentável. Essa afirmação reforça a importância das fontes limpas e renováveis na busca por um futuro mais ecologicamente equilibrado, evidenciando a necessidade da transição energética para reduzir impactos ambientais.

Historicamente, a humanidade baseou-se fortemente em combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás natural, impulsionando a revolução industrial e o crescimento econômico. Contudo, essas fontes também acarretaram sérios

problemas ambientais e sociais, como emissões de gases de efeito estufa, poluição atmosférica e desequilíbrios geopolíticos. Nesse contexto, a transição energética emerge como resposta imperativa, colocando as energias renováveis, como solar, eólica, hidrelétrica e geotérmica, no cerne desse movimento (Goldemberg e Lucon, 2007). A transição energética, também conhecida como transição para a energia limpa ou descarbonização, refere-se à mudança gradual do sistema energético de uma sociedade, afastando-se progressivamente dos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) em direção a fontes de energia renovável e sustentável, com menor impacto ambiental. A necessidade dessa transição é motivada por diversos fatores, incluindo as mudanças climáticas decorrentes da queima de combustíveis fósseis, que liberam grandes quantidades de gases de efeito estufa na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global. Além disso, os combustíveis fósseis são recursos não renováveis, e sua exploração gera poluição ambiental, afetando a saúde humana e os ecossistemas, além de criar dependência de importações, sujeitando países a questões geopolíticas e volatilidade nos preços do petróleo.

A transição energética envolve a promoção e adoção de fontes de energia limpa e renovável, como energia solar, eólica, hidrelétrica, biomassa, geotérmica e outras tecnologias sustentáveis. Essas fontes geralmente emitem menos gases de efeito estufa, reduzindo o impacto ambiental e mitigando as mudanças climáticas. Além disso, melhorias na eficiência energética, avanços tecnológicos, políticas públicas favoráveis, incentivos fiscais e investimentos em pesquisa e desenvolvimento são elementos essenciais que impulsionam a transição. Embora a transição energética seja um desafio complexo, muitos países e organizações em todo o mundo reconhecem sua importância. Trabalham para estabelecer metas e planos concretos, acelerando o processo em busca de um futuro mais sustentável e resiliente do ponto de vista energético.

2.7 - Energia Solar

A energia solar é uma fonte abundante e potencialmente poderosa que chega à Terra nas formas térmica e luminosa. Conforme apontado pelo estudo do Plano Nacional de Energia 2030, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética, a irradiação solar anual na superfície terrestre é mais do que suficiente para satisfazer milhares de vezes o consumo global de energia. No entanto, a distribuição não

uniforme dessa radiação, influenciada por fatores como latitude, estações do ano e condições atmosféricas, apresenta desafios regionais. A radiação solar assume diversas formas, incluindo luz visível, raios infravermelhos e ultravioleta, ao atravessar a atmosfera terrestre. Essa luz pode ser convertida em diferentes formas de energia, como térmica ou elétrica, dependendo dos equipamentos e tecnologias utilizados, como destacado por Atlas (2005). Sistemas de aquecimento solar e painéis fotovoltaicos exemplificam o aproveitamento dessa energia para aquecimento de água e geração elétrica, respectivamente.

Apesar da abundância, a captação eficiente da energia solar enfrenta desafios relacionados à eficiência e aos custos das tecnologias de conversão. No entanto, o constante desenvolvimento dessas tecnologias tem tornado a energia solar mais acessível, emergindo como uma alternativa sustentável e renovável. Investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento são cruciais para fortalecer o papel da energia solar na matriz energética futura.

O estudo específico da energia solar fotovoltaica destaca-se pela obtenção direta de eletricidade a partir da luz solar, utilizando painéis solares fotovoltaicos com semicondutores, como o silício. Essa forma de energia, inesgotável e limpa, apresenta amplas aplicações práticas, podendo ser aproveitada tanto na forma de calor, aquecendo água, quanto na forma de luz, gerando eletricidade. Os sistemas fotovoltaicos convertem a luz solar em eletricidade por meio da interação com o material semicondutor, gerando corrente elétrica. No entanto, a intermitência da luz solar durante a noite requer o uso de sistemas de armazenamento, como baterias. Além disso, a geração de eletricidade solar pode ser complementada por tecnologias como usinas heliotérmicas, que utilizam o calor do sol. É importante destacar a necessidade de selecionar áreas sem cobertura vegetal para instalar usinas solares, minimizando o impacto ambiental. Além disso, os painéis solares podem ser instalados em diversas estruturas, promovendo o conceito de Geração Distribuída ou microgeração.

Para aprofundar o estudo, dados específicos de geração e carga de energia solar podem ser obtidos no site do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Essas informações são valiosas para pesquisas e análises do desempenho e impacto da energia solar na matriz elétrica. A energia solar fotovoltaica é destacada como uma das fontes renováveis mais abundantes e inesgotáveis. Por esse motivo, representa uma das alternativas mais promissoras para integrar a matriz energética global

(VERMA; MIDTGARD; SATRE, 2011). Projeções indicam que até o ano de 2040, ela se tornará a fonte renovável mais relevante e significativa para o planeta (BRITO et al., 2011).

Investir na expansão da energia solar fotovoltaica pode conduzir a uma economia de energia mais resiliente, com menor impacto ambiental e maior segurança energética. A combinação de políticas públicas favoráveis, incentivos econômicos e tecnologias avançadas impulsionará o crescimento dessa fonte limpa, contribuindo para um futuro mais sustentável globalmente. A energia solar, proveniente da radiação solar, desponta como solução para demandas energéticas globais, apresentando-se como uma alternativa limpa e sustentável. No contexto dos sistemas solares fotovoltaicos, a energia solar fotovoltaica desempenha papel central ao converter luz solar em eletricidade, evidenciando seu potencial revolucionário na geração de energia.

A tecnologia fotovoltaica baseia-se na capacidade das células fotovoltaicas, geralmente de silício, de absorver luz solar e gerar corrente elétrica pelo efeito fotovoltaico. Agrupadas em painéis solares, essas células alimentam desde aplicações residenciais até usinas de grande escala. O dimensionamento adequado desses sistemas é crucial para otimizar eficiência e retorno do investimento, considerando variáveis como irradiação solar, necessidades de consumo e condições ambientais. O progresso na tecnologia fotovoltaica e a crescente conscientização sobre os benefícios da energia solar impulsionam sua adoção global. Assim, o dimensionamento preciso desses sistemas não apenas representa um desafio técnico, mas uma contribuição substancial para a transição global a uma matriz energética mais sustentável e resiliente.

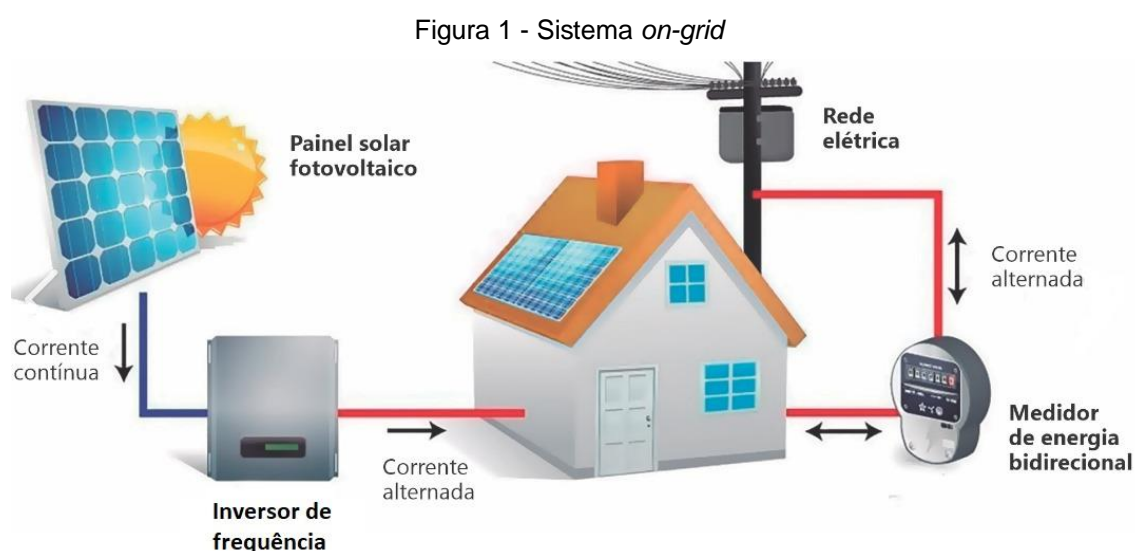
METODOLOGIA

A utilização de energia solar fotovoltaica pode ser efetuada a partir de dois principais tipos de sistemas: o sistema *on-grid* e o sistema *off-grid*. O sistema *on-grid*, também conhecido como conectado à rede, envolve a instalação de painéis solares em edifícios ou áreas que estão conectados à rede elétrica convencional. Já o sistema *off-grid* é autônomo e não está conectado à rede elétrica. Será apresentado nesta seção o dimensionamento de um sistema solar o sistema fotovoltaico *on-grid*. Para o

desenvolvimento deste estudo de caso foram realizadas pesquisas bibliográficas em artigos, teses, normas e utilizou-se do software Matlab.

3.1 Sistema fotovoltaico *on-grid*

O sistema solar *on-grid* foi projetado para priorizar o consumo interno de eletricidade na residência. Qualquer excesso de eletricidade não utilizada será automaticamente injetado na rede elétrica local, gerando créditos de energia para o consumidor (MARTINS,2018). Por não possuir meios de armazenamento da energia gerada, em períodos que a geração solar não é suficiente, como à noite, a eletricidade será fornecida pela rede elétrica convencional, garantindo um fornecimento contínuo de energia. A utilização deste modelo de geração é regulamentada pela Resolução Normativa da ANEEL 482/2012.



Fonte: SISTEMA Fotovoltaico – Construsolares. Disponível em: <https://www.construsolares.com.br/fotovoltaico/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

3.2 Funcionamento e componentes do sistema *on-grid*

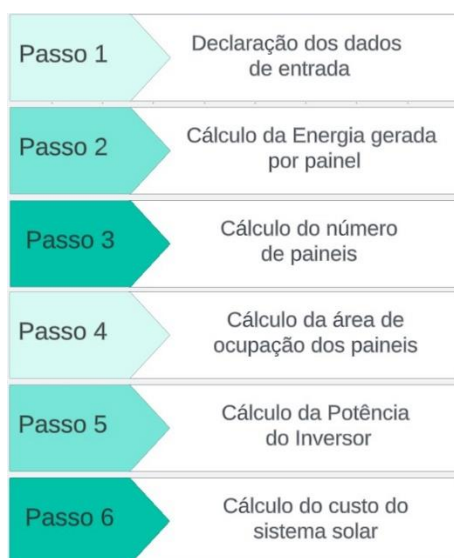
Conforme a figura 1, o funcionamento do sistema em foco neste estudo se dá inicialmente através da instalação de painéis solares em locais estratégicos, como telhados, para capturar a luz solar e converter essa energia em eletricidade contínua (CC) (PARIDA; INIYAN; GOIC, 2011). A eletricidade gerada pelos painéis é então encaminhada para o inversor, um componente essencial que desempenha a função de converter a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA) pronta para uso em residências ou edifícios (JUNIOR, 2010). Além disso, o inversor permite a conexão do

sistema à rede pública, possibilitando a injeção de qualquer excesso de eletricidade na rede (CAAMANO et al., 2007). O medidor bidirecional é instalado para monitorar o fluxo de eletricidade em ambas as direções. Ele mede tanto a energia consumida da rede elétrica convencional quanto a energia excedente gerada pelos painéis solares e devolvida à rede pública. Por fim, o quadro de distribuição e as conexões elétricas desempenham um papel crucial na distribuição eficiente da eletricidade gerada pelos painéis solares para os dispositivos e eletrodomésticos na residência. (ALVES, 2019).

3.3 Cálculos e dimensionamentos

A figura 2 ilustra o passo a passo efetuado para obtenção do dimensionamento do sistema solar proposto neste estudo. Para realização dos passos foi empregado o software MATLAB como ferramenta computacional para a implementação dos cálculos necessários. O código do cálculo realizado com base no fluxograma da figura 2 através do MATLAB está disponibilizado no anexo A deste artigo.

Figura 2 – Fluxograma MATLAB



Fonte: As Autoras.

Inicialmente, declaramos os dados de entrada essenciais para o dimensionamento do sistema, considerando parâmetros como a potência dos painéis solares, características do inversor, dados meteorológicos e demanda energética do local. Sobretudo, o site GLOBAL SOLAR ATLAS nos fornece o valor de irradiação global com essencial precisão da área de Juiz de Fora, conforme figura 3.

Figura 3 – Dado da irradiação solar em Juiz de Fora - MG



Fonte: GLOBAL Solar Atlas. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map?s=-21.760953,43.350113&m=site&c=-14.845917,-56.950149,4>. Acesso em: 27 nov. 2023.

Em seguida, procedemos ao cálculo da energia gerada por painel, estabelecendo a base para a determinação do número necessário de painéis. A área de ocupação dos painéis é então calculada, fornecendo *insights* sobre os requisitos espaciais do sistema. A potência do inversor é dimensionada para acomodar a produção total de energia, considerando também uma margem de sobrecarga.

Ao final deste processo analítico, apresentamos um relatório detalhado, incluindo a energia mensal gerada por painel, o número de painéis requeridos, a área necessária para a disposição dos painéis e a potência total gerada. Essas métricas são essenciais para uma implementação eficiente e otimizada de sistemas fotovoltaicos *on-grid*.

Ao levar em conta a localização geográfica e a fatura de energia do Centro Universitário Academia - UniAcademia, os cálculos revelaram-se essenciais para determinar a viabilidade e eficiência do sistema solar fotovoltaico proposto. O sistema, composto por 9 painéis solares, cada um com potência de 0,410 kWp e ocupando uma área total de 23,36 m², atende à demanda energética da instituição. A seleção estratégica de um inversor com potência de 5,00 kW garante compatibilidade e desempenho ideal com os painéis solares selecionados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para alcançar os resultados desejados, efetuamos cálculos com base na localização geográfica e na fatura de energia do Centro Universitário Academia - UniAcademia. O sistema proposto para atender à demanda energética analisada é composto por 9 módulos solares, cada um com uma potência de 0,410 kWp, ocupando uma área total de 23,36 m². O inversor avaliado possui uma potência de 5,00 kW, e os custos associados aos painéis solares e ao inversor foram de R\$ 25.000,00 e R\$ 15.000,00, respectivamente.

Considerando a localização específica e as características do UniAcademia, os cálculos foram cruciais para determinar a viabilidade e eficiência do sistema solar fotovoltaico proposto. Os 9 módulos solares, totalizando 3,69 kWp, foram dimensionados para atender às necessidades de consumo energético da instituição. A área ocupada pelos painéis solares, 23,36 m², foi otimizada para garantir a máxima eficiência na captação da radiação solar disponível. A escolha do inversor com uma potência de 5,00 kW foi estratégica para compatibilidade e desempenho ideal com os módulos solares selecionados.

Os custos envolvidos na implementação desse sistema solar fotovoltaico foram detalhadamente considerados. O investimento total de R\$ 40.000,00 (R\$ 25.000,00 para os painéis solares e R\$ 15.000,00 para o inversor) representa uma avaliação financeira crucial para determinar a viabilidade econômica do projeto.

Essa abordagem analítica, baseada em dados concretos e características específicas do UniAcademia, proporcionou uma visão abrangente sobre a implementação do sistema solar proposto. Além disso, destaca a importância de considerar fatores como custos, potência do sistema e área ocupada para tomar decisões informadas e eficientes na transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis. Investir em energia solar é uma opção cada vez mais atrativa, impulsionada por diversos fatores favoráveis. A energia solar, sendo uma fonte renovável e sustentável, contribui para a redução da dependência de combustíveis fósseis e a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, os avanços tecnológicos resultaram em uma queda nos custos de instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos, tornando a energia solar uma alternativa economicamente viável com retorno sobre o investimento ao longo do tempo.

A autonomia energética proporcionada pela energia solar é notável. Ao investir em um sistema solar, os proprietários podem gerar parte ou a totalidade da eletricidade consumida em suas residências ou empresas, reduzindo significativamente as contas de energia a longo prazo. Adicionalmente, em muitas regiões, governos e órgãos reguladores oferecem incentivos fiscais e tarifas favoráveis para quem adota sistemas de energia solar, intensificando a atratividade do investimento. A resiliência do sistema solar em situações de cortes de energia é um fator relevante. Sistemas fotovoltaicos autônomos podem fornecer eletricidade independente da rede elétrica, garantindo um suprimento contínuo durante interrupções. Assim, ao ponderar todos esses benefícios, o investimento em energia solar se destaca como uma escolha estratégica e sustentável para aqueles que buscam eficiência, economia e responsabilidade ambiental.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ascensão da energia solar fotovoltaica no Brasil é, sem dúvida, um motivo de celebração. Este país, com suas vastas extensões de terras ensolaradas, tem aproveitado de maneira proativa essas condições propícias para consolidar a presença dessa fonte renovável em seu panorama energético. Além dos benefícios ambientais evidentes, a transição para a energia solar fotovoltaica representa uma estratégia economicamente inteligente. A abundância de radiação solar disponível possibilita a geração de eletricidade de maneira sustentável, reduzindo a dependência de fontes não renováveis e mitigando os impactos ambientais associados.

A transformação dos consumidores em produtores de energia é um dos aspectos mais notáveis dessa transição. Ao adotar sistemas fotovoltaicos em residências, empresas e indústrias, os brasileiros não apenas contribuem para a sustentabilidade, mas também colhem vantagens econômicas tangíveis. A geração de energia própria resulta em uma redução significativa nos custos da conta de luz, aliviando o peso financeiro dos consumidores e promovendo a autonomia energética. A implementação em larga escala de projetos solares não apenas cria oportunidades de emprego, mas também impulsiona a cadeia produtiva relacionada à indústria fotovoltaica. O investimento em pesquisa e desenvolvimento nesse setor destaca-se, promovendo inovações tecnológicas e fomentando o crescimento

sustentável da economia. A diversificação da matriz energética brasileira com a inclusão massiva da energia solar fotovoltaica não só contribui para a mitigação das mudanças climáticas, mas também fortalece a segurança energética do país. A dependência de fontes variadas reduz os riscos associados a choques nos preços de combustíveis fósseis, promovendo uma estabilidade no fornecimento de eletricidade.

A evolução tecnológica rápida nesse campo é evidente, com os custos da energia solar fotovoltaica declinando ao longo dos anos. Esse declínio torna a energia solar cada vez mais acessível e competitiva em comparação com fontes tradicionais de energia. As perspectivas promissoras indicam futuras reduções de custos, incentivando ainda mais a instalação de sistemas fotovoltaicos em diversas escalas. O Brasil, com sua vasta extensão territorial e variados perfis climáticos, é um candidato ideal para aproveitar a energia solar fotovoltaica. A diversidade geográfica do país permite que diferentes regiões otimizem a captação da radiação solar de acordo com suas características específicas, contribuindo para a eficiência e eficácia dos sistemas fotovoltaicos em todo o território nacional. A questão econômica é crucial. A redução nos custos da conta de luz para os consumidores que adotam a energia solar fotovoltaica é um fator motivador essencial. Além disso, a instalação em grande escala desses sistemas pode contribuir para a estabilidade do sistema elétrico, reduzindo a necessidade de investimentos em infraestrutura de geração.

À medida que a tecnologia solar fotovoltaica se consolida como uma alternativa viável e econômica, espera-se uma maior adesão, tanto por parte de consumidores residenciais quanto de empresas e indústrias. O setor público desempenha um papel fundamental na promoção da energia solar, por meio de políticas de incentivo, regulações claras e investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Os avanços contínuos na eficiência dos painéis solares e no armazenamento de energia proporcionam um impulso adicional à expansão da energia solar fotovoltaica. O armazenamento eficiente permite uma maior autonomia e confiabilidade, reduzindo a dependência da rede elétrica convencional.

Em um mundo cada vez mais consciente das questões ambientais e das mudanças climáticas, a energia solar fotovoltaica destaca-se como uma solução sustentável e promissora. A transição para uma matriz energética mais limpa e renovável é crucial para enfrentar os desafios globais, e a energia solar desempenha um papel central nesse cenário, impulsionando o Brasil em direção a um futuro mais sustentável e resiliente do ponto de vista energético.

Nesse estudo de dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos, absorvemos uma riqueza de conhecimento fundamental. A jornada nos levou a desvendar a complexidade desses sistemas, entendendo minuciosamente as funções de cada componente, desde os painéis solares e inversores até os controladores de carga e baterias, quando aplicáveis. A análise do consumo de energia emergiu como ponto crucial no processo de dimensionamento, onde a capacidade do sistema foi meticulosamente ajustada para atender às demandas energéticas da instalação, considerando variações sazonais e diárias. A localização geográfica provou ser um fator determinante para a eficiência do sistema, com a compreensão da radiação solar incidente na região desempenhando um papel crucial na determinação da capacidade de geração dos painéis.

Os diferentes tipos de sistemas, seja conectado à rede ou isolados (off-grid), apresentaram peculiaridades e desafios únicos. A escolha entre eles tornou-se uma decisão estratégica, dependendo das necessidades específicas e da disponibilidade da rede elétrica. A imersão nas normas e regulações que regem o mundo da energia solar destacou a importância de compreender esses parâmetros para garantir a conformidade e segurança dos sistemas. Além disso, aprendemos que o dimensionamento vai além da capacidade, envolvendo uma cuidadosa consideração do orçamento. O cálculo do custo do sistema e a análise do retorno sobre o investimento (ROI) surgiram como habilidades essenciais nesse contexto.

A durabilidade dos componentes e a necessidade de manutenção foram fatores críticos explorados no estudo. Compreender a longevidade dos painéis solares, inversores e outras partes do sistema revelou-se vital para assegurar um desempenho consistente ao longo do tempo.

A influência das condições climáticas, como chuva, vento e temperatura, foi reconhecida como um elemento significativo que requer adaptações para garantir a robustez do sistema em diferentes cenários climáticos.

A sustentabilidade e o impacto ambiental positivo da energia solar emergiram como lições fundamentais, destacando a importância de buscar fontes de energia sustentáveis para um futuro mais equilibrado.

Finalmente, presenciamos a empolgante dinâmica das inovações tecnológicas na esfera da energia solar. A contínua evolução, seja por meio da introdução de novos materiais para painéis solares ou avanços no armazenamento de energia, proporciona

uma dimensão cativante a esta pesquisa. Essas lições, entrelaçadas, constroem um panorama abrangente do fascinante universo do dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos.

Investir em energia solar na faculdade pode ser uma decisão inteligente e vantajosa por várias razões. Primeiro, a instalação de sistemas solares pode resultar em economias significativas a longo prazo, reduzindo os custos de eletricidade para a instituição. Isso pode liberar recursos financeiros para outras áreas acadêmicas ou melhorias na infraestrutura.

Além disso, a implementação de energia solar reforça o compromisso com a sustentabilidade ambiental, o que pode ser uma consideração importante para a reputação da faculdade e sua atratividade para estudantes e colaboradores. Em um mundo cada vez mais consciente das questões ambientais, investir em fontes de energia renovável demonstra responsabilidade social e ambiental. A instalação de sistemas solares também pode ser uma oportunidade educacional valiosa. Os estudantes podem se envolver no processo de implementação, monitoramento e manutenção dos sistemas, adquirindo conhecimento prático em tecnologias sustentáveis. Isso contribui para uma experiência educacional mais prática e alinha a instituição com as demandas crescentes por habilidades relacionadas à sustentabilidade. Além disso, dependendo das políticas locais e incentivos fiscais, a faculdade pode se beneficiar de incentivos financeiros ao investir em energia solar. Isso pode incluir descontos, créditos fiscais ou outros benefícios que reduzem o custo inicial do investimento.

No entanto, é importante realizar uma análise completa dos custos, benefícios e regulamentações locais antes de tomar uma decisão. O retorno sobre o investimento, o ambiente local e as políticas energéticas são fatores cruciais a serem considerados. Em muitos casos, investir em energia solar pode ser uma escolha sustentável e financeiramente viável para uma instituição acadêmica.

Os estudos futuros sobre dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos prometem uma jornada empolgante e repleta de descobertas. Dentre as diversas áreas que podem ser exploradas, destacam-se:

A tecnologia solar, em constante evolução, oferece um campo vasto para investigar avanços em materiais de painéis solares, eficiência de conversão e armazenamento de energia, proporcionando insights para otimizar ainda mais os sistemas. A integração de sistemas solares com outras fontes de energia renovável

ou a rede elétrica é um caminho a ser explorado. Estudos sobre micro-redes, hibridização e estratégias para maximizar a eficiência abrem novas possibilidades.

A pesquisa em técnicas avançadas de design visa maximizar a produção de energia, considerando fatores como inclinação e orientação dos painéis, sombreamento, e a utilização de ferramentas de simulação para prever o desempenho. O armazenamento de energia ganha destaque, e estudar a integração de baterias e outras tecnologias para melhorar a autonomia e confiabilidade dos sistemas solares é uma área promissora. A aplicação de técnicas avançadas de análise de dados, incluindo inteligência artificial e aprendizado de máquina, oferece oportunidades para monitorar e otimizar o desempenho dos sistemas ao longo do tempo.

Explorar os impactos socioeconômicos da implementação em larga escala de sistemas solares é crucial. Isso envolve estudos sobre criação de empregos, redução de custos para consumidores e benefícios para comunidades locais. Investigar as regulamentações e políticas relacionadas à energia solar em diferentes regiões é essencial para compreender o ambiente legal e como as políticas podem influenciar a adoção dos sistemas. Estudar estratégias eficazes para educar e conscientizar a comunidade sobre os benefícios da energia solar, incluindo programas de treinamento, campanhas de conscientização e parcerias com instituições educacionais. Avaliar a resiliência dos sistemas solares em face de eventos climáticos extremos e questões de segurança é uma consideração importante, e o desenvolvimento de estratégias para garantir a confiabilidade contínua é fundamental.

A exploração de aplicações inovadoras da energia solar, como a integração em edifícios inteligentes, estradas solares e outras soluções criativas, destaca o potencial máximo da energia solar. Essas áreas representam apenas uma pequena amostra do vasto campo de estudos futuros em dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos. À medida que a tecnologia avança e os desafios evoluem, as oportunidades de pesquisa também crescem.

ABSTRACT

With the increase in electricity consumption due to economic, population, and technological development, there has arisen a need to diversify the energy matrix. In

the quest for alternatives with less environmental impact, there is a growing demand for renewable energy sources. In this context, photovoltaic solar energy stands out, gaining traction in the Brazilian market with the approval of regulatory resolution 282/2012 by ANEEL (National Electric Energy Agency) and the amendments of resolution 687/2015, providing greater ease and benefits to consumers.

This study focuses on the sizing of on-grid photovoltaic solar systems (connected to the grid) and aims to highlight how appropriate sizing is crucial to ensure that the system can generate sufficient energy to meet the needs of the location without generating excesses or deficits of energy.

Key words: Solar Energy. On-grid System. Clean Energy.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Disponível em: <[ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica](#)>. Acesso em: 28 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Atlas de energia elétrica do Brasil. 2. ed. Brasília: ANNEEL, 2005. p. 29-42. Disponível em:< [03energia_solar\(3\).pdf \(aneel.gov.br\)](#)>. Acesso em 28 de jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Disponível em: <[ANEEL — Agência Nacional de Energia Elétrica \(www.gov.br\)](#)>. Acesso em: 30 jun. 2023

ANEEL. Caderno temático Micro e Minigeração distribuída 2ed. 2016.

ALVES, M. O. L. **Geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. 56 f. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia Solar**. Caderno Setorial ETENE, Banco do Nordeste, ano 6, nº 174, julho 2021. Disponível em: <[2021_CDS_174.pdf \(bnb.gov.br\)](#)>. Acesso em: 28 jun. 2023.

BIRNFELD, A. **Estudo sobre as opções tecnológicas em energia renovável para aplicação da região Oeste de Santa Catarina**. UNOESC, MBA EM GESTÃO ESTRATÉGICA DE NEGÓCIOS, Videira, 2014.

BRITO, M. A. G et al. **Research on photovoltaics: review, trends and perspectives**. In: Brazilian Power Electronics Conference (COBEP), 2011.

CAAMANO, J. A. et al. **Photovoltaic systems: a review of the main components**. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 11, n. 3, p. 401-421, 2007.: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.032>

CARNEIRO, J., **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos**. Universidade do Minho: 2009.

COSTA, Heloísa Borges da. **Fontes de Energia no Brasil**. São Paulo: Editora Intersaberes, 2015.

Enel Green Power. Disponível em: <[O que significa transição energética | Enel Green Power](#)>. Acesso em: 27 jul.2023

FARIAS, L. M.; SELLITTO, M. A. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, [S. l.], v. 12, n. 17, p. 07–16, 2013. Disponível em: <[Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras | Revista Liberato](#)>. Acesso em: 10 set. 2023.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, abr. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40142007000100003>>. Acesso em: 10 set. 2023.

HINRICHS, Roger A. e KLEINBACH, Merlin H. **Energy: Its Use and the Environmen**, Cengage Learning, 2017.

HODGE, B. K. **Sistemas e Aplicações de Energia Alternativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 106.

IST, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. **Breve história da energia solar**. 2004.

JUNIOR, J. A. S. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. 2018. 66P. (Monografia de conclusão de curso) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/7372>

MARTINS, M. A. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico on-grid com energia de reserva**. 2018. 69 p. (Monografia de conclusão de curso) — UNISUL, Pedra Branca, 2018. Disponível em: <[Dimensionamento de um sistema fotovoltaico on-grid com energia de reserva \(animaeducacao.com.br\)](http://animaeducacao.com.br)>. Acesso em: 22 out. 2023.

OLIVEIRA, L. H. **Dimensionamento De Um Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado À Rede De Energia Elétrica**. 2018. 62 p. (Monografia de conclusão de curso) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

OSATCHUK, Tiago, **Fontes de geração de energia: o estado da técnica das principais fontes no Brasil**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

PARIDA, B.; INIYAN, S.; GOIC, R. **A review of solar photovoltaic technologies**. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 3, p. 1625-1636, abr. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.032>. Acesso em: 14 nov. 2023.

RELLA, Ricardo. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL (REVISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Criciúma, v. 15, n. 1, 2017, p. 3)**.

SILVA, S.L.M, CAVALCANTE, V.Z. **IMPORTÂNCIA DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NO MUNDO DA TECNOLOGIA**. Encontro Internacional de Produção Científica. 2011.

SOLARVOLT. A energia solar é sustentável? 2020. Disponível em: <[A energia solar é sustentável? Entenda » SolarVolt Energia](#)> . Acesso em: 26 ago. 2023.

VERMA, D.; MIDTGARD, O.-M.; SATRE, T. O. Review of photovoltaic status in a European (EU) perspective. In: 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2011.

ANEXO A

```

clear all
format bank
%%
% ===== PASSO 1: DECLARAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA
=====
flag = 1; % Caso base
%flag = 0; % Usuário entra com os valores. Obs: estão em default nulo

if flag == 1
%% DADOS DO PAINEL:
pot_painel = 0.410; % potência de cada painel a ser instalado (kWp)
altura_painel = 2.015; % altura do painel dada em metros
largura_painel = 0.996; % largura do painel dada em metros
perda_ir = 0.2; % perda na conversão em percentual.
%A eficiência do painel é de 80%;
%% DADO DO INVERSOR
overload_inv = 0.13; % O termo overload é utilizado para definir o máximo
%de potência de entrada que o inversor suporta acima de sua potência
%nominal. Esse valor aqui é percentual.

%% DADOS GERAIS
ir_media = 4.5; % irradiação solar média (kWh/m²)
carga = 500; % consumo mensal a ser atendido (kWh/mês)

else % USUÁRIO ENTRA COM OS VALORES AQUI ABAIXO:

%% DADOS DO PAINEL:
pot_painel = 0; % potência de cada painel a ser instalado (kWp)
altura_painel = 0; % altura do painel dada em metros
largura_painel = 0; % largura do painel dada em metros
perda_ir = 0; % perda na conversão em percentual.
%% DADO DO INVERSOR
overload_inv = 0; % O termo overload é utilizado para definir o máximo
%de potência de entrada que o inversor suporta acima de sua potência
%nominal. Esse valor aqui é percentual.

%% DADOS GERAIS
ir_media = 0; % irradiação solar média (kWh/m²)
carga = 0; % consumo mensal a ser atendido (kWh/mês)
end

%%
% ===== PASSO 2: Cálculo da energia
=====
%Energia gerada por painel, por dia em kWh/dia:
Energia_painel_dia = pot_painel*ir_media*(1-perda_ir);
%Energia gerada por painel, por mês em kWh/mês:
Energia_painel_mes = Energia_painel_dia*30;

```



```

% ===== PASSO 3 Cálculo do número de Paineis
=====
contador = 0;
numero = 2;
while numero > 1
contador = contador + 1;
numero = carga/(contador*Energia_painel_mes);
salva_numero(1,contador) = numero;
end

% ===== PASSO 4: Área de ocupação dos Paineis
=====
area_painel = contador*altura_painel*largura_painel;

% ===== PASSO 5: Cálculo da Potência do Inversor
=====
pot_painel = contador*pot_painel;
pot_int = floor(pot_painel);
inv = pot_int + (overload_inv*pot_int);
if pot_painel > inv
inv = ceil(pot_painel);
end

% ===== Fim dos Cálculos
=====

disp('#####')
disp(' ')
disp('          RELATÓRIO DAS PLACAS SOLARES')
disp(' ')
fprintf('Energia mensal gerada por painel: %1.2f kWh/mês', Energia_painel_mes)
disp(' ')
fprintf('Número de paineis necessários: %d', contador)
disp(' ')
fprintf('Área necessária para disposição dos paineis: %1.2f m^2', area_painel)
disp(' ')
fprintf('Potência total gerada pelos paineis: %1.2f kW', pot_painel)
disp(' ')

disp('#####')
disp(' ')
disp('          RELATÓRIO DO INVERSOR')
disp(' ')
fprintf('Potência do inversor: %1.2f kW', inv)
disp(' ')

```