

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
ENGENHARIA ELÉTRICA
Trabalho Final de Curso II

João Victor Freitas Velasco

Vinicius Silva Carvalho

Análise de Sistema Fotovoltaico Através do Software HOMER PRO

Trabalho Final de Curso II como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cassio Hideki Fujisawa – POLI-PUC Goiás.

Prof. Me. Luis Fernando Pagotti – POLI-PUC Goiás.

Prof. Dr. Antônio Marcos de Melo Medeiros - POLI-PUC Goiás.

Goiânia, **12** de Dezembro de 2024.

Software HOMER

*João Victor Freitas Velasco
Vinicius Silva Carvalho*

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cassio Hideki Fujisawa – POLI-PUC Goiás.

Prof. Me. Luis Fernando Pagotti – POLI-PUC Goiás.

Prof. Dr. Antônio Marcos de Melo Medeiros - POLI-PUC Goiás.

Abstract - This course conclusion work presents the development of all the necessary knowledge steps for the analysis of a photovoltaic system through the use of the HOMER software. This software allows the dimensioning and analysis of a distributed generation system using various components such as generators, inverters and energy storage systems. In this initial stage, a case study was prepared based on a standard model, already available by the software, to understand initial analyzes of the program's operation. To this end, this work aims to evaluate and dissect its implementation results and performance in energy generation.

Keywords – Distributed generation, photovoltaic, reverse flow, Homer Pro.

Resumo – Este trabalho de conclusão de curso apresenta o desenvolvimento de todas as etapas necessárias de conhecimento para a análise de sistema fotovoltaico através da utilização do software HOMER. Este software permite o dimensionamento e análise de um sistema de geração distribuída com a utilização de diversos componentes como geradores, inversores e armazenadores. Nesta etapa inicial, foi elaborado um estudo de caso a partir de um modelo padrão, já disponibilizado pelo software, para entendimento de análises iniciais do funcionamento do programa. Para tanto este trabalho tem como seu objetivo a avaliação e dissertação acerca de seus resultados de implantação e desempenhos na geração de energia.

Palavras-chave – Geração distribuída, fotovoltaica, fluxo reverso, Homer Pro.

I. INTRODUÇÃO

No Brasil, as principais fontes de geração de energia elétrica são a hidroelétrica e a termoelétrica (Aneel, 13-07-2019), ambas respondem respectivamente por 60% e 24% de toda a potência disponível.

Atualmente, há uma preocupação em atender ao crescimento da demanda por energia elétrica, mas de forma sustentável e que não tenha um grande impacto ambiental. Assim, o desenvolvimento de tecnologia de fontes de energia renováveis como a solar, eólica, biomassa etc., tem crescido gradualmente nas últimas décadas. Essas fontes de energia são conhecidas como Geração Distribuída (GD) (Paludo, 2014).

Os sistemas de Geração Fotovoltaica (FV) têm se destacado no cenário nacional, se comparado com outras fontes de energia renováveis. A diminuição dos custos de implantação, o desenvolvimento de novas tecnologias de inversores, baixo impacto ambiental e o crescimento da política de incentivo desse tipo de energia são alguns dos motivos por esse crescimento (Carvalho, 2012).

No país, a capacidade instalada de unidades de geração

distribuída fotovoltaica continua a crescer a uma taxa média de 230% ao ano. Goiás é o sétimo estado brasileiro a atingir o marco de 1 GW de capacidade instalada de geração de energia solar distribuída. Aproximadamente 110 mil consumidores no estado já se beneficiam de 86 mil sistemas fotovoltaicos [ABSOLAR, 2019].

No último ano, a potência da geração distribuída solar em Goiás cresceu 78%, passando de 560 MW em junho de 2022. Somente ao longo de 2023, a capacidade instalada aumentou em 215 MW. O perfil de consumo no estado é predominantemente residencial, superando as instalações de sistemas comerciais, rurais e industriais [PORTAL SOLAR, 2023].

Diante do crescente interesse por soluções energéticas mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis, este trabalho busca avaliar, por meio do software HOMER PRO, as melhores configurações de sistemas de energia para atender essas demandas. A análise dos quatro cenários propostos, que variam do uso exclusivo da rede elétrica à integração de fontes renováveis e armazenamento em baterias, permite compreender as vantagens e limitações de cada modelo. Assim, este estudo justifica-se pela necessidade de identificar soluções que conciliem redução de custos, menor impacto ambiental e alta eficiência energética, contribuindo para o avanço de sistemas sustentáveis e alinhados às condições econômicas e ambientais atuais.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sistema fotovoltaico é uma tecnologia usada para converter a luz solar em energia elétrica. Ele é composto por módulos fotovoltaicos e um inversor para a conversão da energia de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). Após essa transformação, a energia já pode ser utilizada ou injetada na rede da concessionária.

O sistema de GDFV é classificado em três tipos principais, sendo on-grid, off-grid e híbridos. No sistema on-grid, que é o mais comum entre os sistemas fotovoltaicos, está conectado diretamente a rede elétrica pública. A energia gerada pelos painéis solares, após ser convertida em CA, é usada para alimentar os equipamentos do local de forma instantânea, e o excedente é enviado para a rede elétrica. O sistema off-grid é projetado para operar sem conexão com a rede elétrica, portanto requer o uso de baterias para armazenar a energia durante a geração e utilizá-la quando não há luz solar. O último sistema é o híbrido, sendo uma combinação do on-grid e off-grid. Esse sistema proporciona backup durante a falta de energia da concessionária, está conectado à rede elétrica e também inclui as baterias para um melhor conforto e independência.

Os painéis fotovoltaicos são compostos por células solares, feitas de silício que tem a capacidade de converter a luz solar em eletricidade. Com a eficiência e tecnologia do mercado os painéis variam a potência com modelos disponíveis de 305 a 590Wp (watt-pico) com tensões entre 30 e 54V. No entanto, para um melhor aproveitamento de geração os painéis podem ser ligados em série formando os arranjos que podem chegar na ordem de MWp (megawatt-pico) de geração.

Os inversores que compõe a GD são de extrema importância

para a conversão da energia CC em CA, sendo o equipamento intermediário entre os painéis solares e a rede da concessionária.

Atualmente há três tipos de inversores disponíveis no mercado: inversor de string, microinversores e inversor híbrido. Os inversores de string são utilizados em instalações de grande porte, com a capacidade de gerenciar grandes volumes de energia de maneira eficiente. Já os microinversores são instalados em pequenas GDFV, tendo cada entrada disponível para um painel solar, podendo ser mais eficiente devido as placas estarem conectadas em paralelo com o microinversor. Por fim, os inversores híbridos são dispositivos avançados que combinam funcionalidades de inversores on-grid e off-grid, permitindo maior eficiência e flexibilidade na gestão da energia solar.

Diante de maior eficiência e aplicação os inversores híbridos gerencia a energia produzida pelos painéis solares, da rede elétrica e o armazenamento em baterias.

Com funcionalidades avançadas os inversores possuem monitoramento de desempenho da GD podendo enviar dados diários de tensões (V), correntes (A) e produção (KWh) através de aplicativos.

Considerando a bateria como um dos componentes principais em um sistema autônomo ou híbrido, ela proporciona segurança e conforto para o cliente, garantindo a continuidade do fornecimento de energia em caso de falhas por parte da concessionária

Neste sentido, para mitigar alguns dos desafios com relação ao fluxo reverso inerentes, as GDFV têm-se apostado no armazenamento de energia. O uso de banco de baterias, também conhecido como Energy Storage System (ESS) é há algum tempo um recurso bem consolidado para a redução dos picos de carga. Armazenando energia nos períodos de baixa demanda, o ESS pode suprir a demanda de forma descentralizada durante momentos de consumo elevado, reduzindo assim o fluxo de potência proveniente da subestação.

Nos sistemas pode ser dimensionado baterias de lítio com tensão de 48V ou de chumbo – ácido com tensão de 12V. No entanto, as baterias de chumbo – ácido têm um custo inicial mais baixo, o que se torna mais atraentes no mercado. Já as baterias de lítio possui um custo maior, porém o ciclo de vida ultrapassa significativamente o das baterias de chumbo – ácido. Enquanto as de chumbo podem variar de 500 a 1000 ciclos, as de lítio estão entre 4000 e 6000 ciclos de descarga total.

Com relação a eficiência de carga e descarga, as bateria de chumbo – ácido variam entre 70% a 80%, enquanto as de lítio podem chegar a 95%.

III. SOFTWARE HOMER

O HOMER Pro é um software de simulação e otimização de sistemas de energia híbrida, amplamente utilizado no planejamento e análise de projetos de energia renovável e micro-redes. Desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Energia Renovável (NREL) dos Estados Unidos, o software é uma ferramenta robusta e eficiente. Embora seja um programa pago, ele oferece uma versão específica para estudantes, com custo reduzido, atendendo às necessidades acadêmicas de forma mais acessível.

Além do HOMER Pro, existem outros softwares similares utilizados para simulação e análise de sistemas de energia, como o PV*SOL, PVSyst, RETScreen e SAM (System Advisor Model). Cada um desses programas possui características específicas que podem atender diferentes tipos de projetos e necessidades, desde análises simples de viabilidade até estudos mais complexos de sistemas híbridos e micro-redes.

O software oferece uma plataforma robusta para modelar,

otimizar e analisar sistemas de energia que combinam diversas fontes, como solar, eólica, biomassa, hidráulica e diesel conforme a figura 1.



Figura 1: Componentes do Software Homer

Um dos principais pontos fortes do HOMER Pro é sua capacidade de realizar análises de sensibilidade e incerteza, permitindo aos engenheiros testar como diferentes variáveis e condições o desempenho e a previsão econômica de um sistema de energia. Além disso, o software gera relatórios detalhados e gráficos que facilitam a interpretação dos resultados

Com a inserção da localização exata do projeto no HOMER, o software utiliza dados climáticos precisos de temperatura e radiação solar fornecidos pela NASA. Essa funcionalidade é crucial para simulações e otimizações realistas de sistemas de energia renovável, garantindo correções precisas sobre o desempenho dos sistemas. Isso resulta em soluções energéticas mais eficientes, confiáveis e adaptadas às condições específicas de cada região. Na figura 2, é possível visualizar com precisão a localização inserida, apresentando as coordenadas de latitude e longitude.



Figura 2: Localização

O software permite a inserção de um modelo de carga específico, oferecendo quatro perfis distintos: residencial, comercial, industrial e comunitário. Ao selecionar um desses perfis, é possível identificar e detalhar diversos fatores, como o consumo diário de energia em kWh, identificar o mês de pico e quando o consumo de energia é mais elevado. Essa funcionalidade permite uma análise detalhada e personalizada do consumo energético, facilitando a otimização e escolha dos sistemas de energia para atender às necessidades específicas de cada tipo de usuário e localidade.



Figura 3: Perfil de Carga e Consumo

Dando prosseguimento a apresentação, é necessário realizar a escolha de um perfil de carga, sendo possível adicionar o armazenamento de energia com o uso de baterias, além dos equipamentos de geração que compõem o sistema. A combinação de diferentes fontes de geração, como solar, eólica, biomassa, hidráulica e diesel, assegura que o sistema seja robusto e resiliente.

Com o perfil de carga já definido, o software oferece a opção de adicionar componentes como geradores, inversores e armazenadores, selecionando marca e modelo de uma biblioteca já existente. Além disso, é possível incluir informações detalhadas como preço de custo, valor de manutenção e vida útil dos equipamentos. Através desses dados, o HOMER calcula e sugere a melhor opção em termos de custo e soluções para o sistema a ser instalado.

Em complemento a possibilidade de inserção de equipamentos, é possível selecionar a marca e modelo a partir de uma extensa biblioteca, com variedade de equipamentos modernos e eficientes, refletindo as inovações e tecnologias novas e disponíveis no mercado. É de extrema importância que os equipamentos selecionados sejam propriamente dimensionados visando o melhor usufruto do software, uma vez que seus resultados são diretamente relacionados aos equipamentos inseridos, gerando resultados não apenas eficientes como previamente descrito, mas também alinhados com as melhores práticas e padrões da indústria.

Cada componente disponível no sistema de Geração Distribuída oferece a opção de adicionar informações detalhadas, como o preço de custo, os custos de Operação e Manutenção (O&M) e os custos de substituição. Além disso, é possível definir a vida útil de cada aparelho. Esses parâmetros são fundamentais para a análise econômica e técnica do sistema, permitindo a escolha da melhor opção com base em uma avaliação abrangente dos custos ao longo do ciclo de vida dos componentes.

Posteriormente a adição dos componentes, é possível ajustar a distribuição ao longo do dia, permitindo variações nos horários de pico de consumo de energia elétrica, bem como no valor do kWh oferecido pela concessionária local. Essa flexibilidade na configuração do sistema possibilita uma análise mais precisa e realista do comportamento da demanda energética e dos custos associados, levando em consideração as flutuações tarifárias e os padrões de consumo. Assim, o estudo pode otimizar o uso da energia gerada e armazenada, garantindo uma operação mais eficiente e econômica.

O gráfico da figura 4 apresenta um perfil de carga durante um ano, no qual permite inserir o consumo de acordo com o horário dentro de um período de 24 horas. Sendo assim, podendo ocorrer variações durante os meses de acordo com o perfil definido.

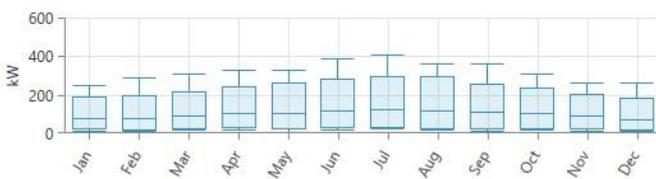


Figura 4: Gráfico Perfil de carga e Consumo.

Como um dos principais fatores para otimizar a geração por meio da energia fotovoltaica é essencial ter em mãos a radiação solar mensal estimada para a localização desejada. Este dado é referente a localização inserida para dimensionar corretamente o sistema da GD e prever a quantidade de energia que será gerada ao longo do ano de acordo com o consumo da carga. Além disso, esta informação permite realizar uma análise detalhada do potencial de geração, garantindo que o sistema seja eficiente e adequado às condições específicas do local desejado.

Na figura 5, é possível observar a variação mensal da radiação solar, medida em kWh/m², causada pelas variações climáticas da região especificada. Esses dados foram extraídos do banco de dados do software fornecido pela NASA, refletindo as condições meteorológicas locais que impactam a disponibilidade de radiação solar.

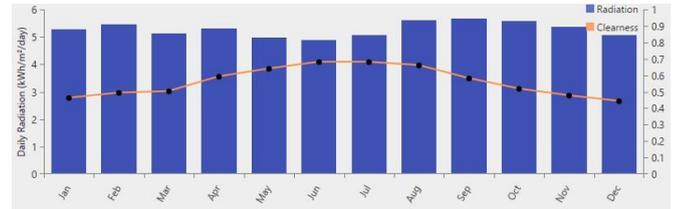


Figura 5: Radiação Mensal

Dando enfoque a energia fotovoltaica, ao selecionar a inserção de um gerador do tipo painel fotovoltaico, é disponibilizado diversas informações detalhadas sobre o modelo da placa escolhida como, capacidade em kW, vida útil e eficiência de cada módulo, conforme figura 6. Estes dados são fundamentais para avaliar o desempenho e a viabilidade do sistema fotovoltaico, garantindo escolhas com maiores viabilidades técnicas e otimizadas para cada situação.

Name	Library	Manufacturer	Capacity (kW)	CPV	Serialing factor (%)	Lifetime (years)	Consider temperature effect	Temperature effect on power (1/C)	NOCT (C)	Efficiency (%)
CanadianSolar	Pro Default	Canadian Solar	0.29	no	88	25	yes	-0.39	45	17.7
CanadianSolar	Pro Default	Canadian Solar	0.285	no	88	25	yes	-0.41	45	17.3
CanadianSolar	Pro Default	Canadian Solar	0.33	no	88	25	yes	-0.41	45	17
CanadianSolar	Pro Default	Canadian Solar	0.34	no	88	25	yes	-0.41	45	17.5
CanadianSolar	Pro Default	Canadian Solar	0.325	no	88	25	yes	-0.41	45	16.9
CanadianSolar	Pro Default	Canadian Solar	0.285	no	88	25	yes	-0.41	45	17.4
CanadianSolar	Pro Default	Canadian Solar	0.295	no	88	25	yes	-0.39	45	18
Concentrating	Pro Default	Generic	1	yes	80	20	no			
Enphase S280	Pro Default	Enphase	0.275	no	96	25	yes	-0.41	45	17.3

Figura 6: Biblioteca do Módulo Solar.

Para estimar a geração de energia a partir da potência instalada (P inst), consideramos três fatores principais que compõem o fator de captação de energia (FCE): a incidência de irradiação solar (IIR), os dias de exposição ao sol (DES) e o rendimento do sistema fotovoltaico (RSF). A irradiação é um fator crucial, pois representa a quantidade de energia solar disponível para ser convertida em eletricidade. Os dias de exposição ao sol reflete o período de tempo em que os módulos estão ativos na captação de energia solar, enquanto o rendimento do sistema indica a eficiência com que a instalação fotovoltaica converte energia solar em energia elétrica.

$$FCE = IIR \times DES \times RSF \quad (1)$$

$$GERAÇÃO = P_{inst} \times FCE \quad (2)$$

Esses parâmetros permitem uma estimativa mais precisa da geração de energia, proporcionando uma análise comparativa sobre o desempenho esperado de cada sistema fotovoltaico.

O software HOMER será utilizado para a realização de um estudo de caso baseado em um template disponível no próprio software. Durante este estudo, serão apresentados e analisados todos os componentes da GD, com o objetivo de selecionar a melhor opção recomendada pelo HOMER. A análise incluirá uma avaliação detalhada dos diferentes cenários e parâmetros, garantindo que a solução escolhida seja a mais eficiente e adequada às necessidades específicas do caso em questão.

IV. ESTUDO DE CASO

Serão apresentados os dados de duas usinas fotovoltaicas, cujas informações foram coletadas para análise e escolha do melhor caso para ser representado no software HOMER.

A UC 01 está localizada na zona rural de Itaberaí, Goiás, em uma fazenda. A instalação foi realizada em uma estrutura de solo, estratégia que permite um melhor aproveitamento da irradiação solar, além de facilitar os processos de manutenção e limpeza dos módulos fotovoltaicos. O objetivo da instalação é otimizar a geração de energia fotovoltaica, atendendo às demandas energéticas da propriedade e de outras UC's do proprietário.

A usina possui uma potência instalada de 49,28 kWp, composta por 88 módulos fotovoltaicos do modelo OSDA ODA560-360V-MH, com uma potência nominal de 560 Wp cada. Os módulos estão distribuídos entre dois inversores do modelo DEYE – SUN-20k-G04, com uma capacidade de 20 kW cada. Essa configuração foi projetada para garantir que a energia gerada seja suficiente para suprir as necessidades energéticas do proprietário.

A usina não possui sistemas de backup, como baterias, sendo completamente dependente da rede elétrica fornecida pela concessionária de energia.

Na Tab. II, são apresentados os dados de geração e consumo de energia das UC 01. Esses valores refletem a variação sazonal na geração de energia, impactada por fatores como a disponibilidade de luz solar, irradiação e condições climáticas do região.

A usina está orientada para o Norte, seguindo as melhores práticas recomendadas para sistemas fotovoltaicos no hemisfério sul. Com uma estrutura planejada para a otimizar a geração e facilitar a manutenção, a UC 01 demonstra um desempenho estável e consistente.

A segunda unidade consumidora UC 02 está localizada na zona urbana de Aparecida de Goiânia, Goiás, e está instalada no telhado de um galpão, com orientação norte e sul. Esse tipo de instalação permite um melhor aproveitamento do espaço urbano, ao mesmo tempo em que otimiza a captação de luz solar para a geração de energia e atividades comerciais. O sistema foi projetado para fornecer energia elétrica tanto para o consumo local quanto para suplementar a rede elétrica em caso de falhas no fornecimento. Com a inclinação para o sul calculamos uma perda de geração de aproximadamente 15%.

A usina possui uma potência instalada de 35,1 kWp, composta por 78 módulos fotovoltaicos do modelo OSDA ODA450-36-MH, com uma potência nominal de 450 WP cada. O sistema é equipado com um inversor on-grid, modelo DEYE - SUN-25k-G e um inversor híbrido, modelo DEYE - SUN-12k-SG04PL-EU, que permite a integração com o sistema de backup. Este backup é composto por cinco baterias de lítio, modelo DEYE-5.12 kW 100 ah, proporcionando uma capacidade adicional de armazenamento para o caso de interrupção no fornecimento de energia pela concessionária.

Essa configuração permite que a usina opere de forma autônoma por um período de 5 a 6 horas, mesmo em condições adversas de fornecimento externo, aumento a resiliência e confiabilidade do sistema.

Com base nas informações obtidas das duas unidades geradoras, a Tab. I apresenta os dados dos sistemas instalados, abrangendo informações planejadas sobre o modelo, a quantidade e a potência dos inversores e dos módulos fotovoltaicos. Esses dados são essenciais para entender a configuração e capacidade de cada sistema.

Tabela I: Sistema Fotovoltaico

		MODELO	QUANTIDADE	POTÊNCIA	GERAÇÃO *
UC 01	INVERSOR	DEYE - SUN-20K-G04	2 unid	20 kW	6209,28 kWh
	MÓDULO	OSDA - ODA560-360V-MH	88 unid	560 W	
UC 02	INVERSOR	SUN-25k-G	1 unid	25kW	3759,21 kWh
		SUN-12K-SG04LP3-EU	1 unid	12 kW	
	MÓDULO	OSDA - ODA450-36-MH	78 unid	560 W	

Na Tab. II, apresentamos o custos unitário de alguns dos principais equipamentos utilizados em sistemas fotovoltaicos. Esses valores são fundamentais para o planejamento financeiro e análise de viabilidade de projetos de energia solar. Os preços podem variar dependendo da marca, modelo e fornecedor, por isso é importante realizar uma pesquisa detalhada antes da aquisição.

Tabela II: Custo Unitário

Equipamento	Custo Unitário
Módulo Fotovoltaico	R\$ 994,32
Bateria de Lítio 48V	R\$ 15.000,00
Inversor 12k Híbrido	R\$ 16.946,00
Inversor 20k On-grid	R\$ 8.000,00
Inversor 25k On-grid	R\$ 10.500,00

Esses valores fornecem uma base para a estimativa de custos em projetos de sistemas fotovoltaicos, auxiliando na definição da melhor combinação de equipamentos conforme as necessidades específicas de cada instalação.

A geração registrada para a UC 02 nos meses de Julho, Agosto e Setembro de 2024 está indicada na Tab. III. Esses dados indicam uma leve variação na geração o que pode ser causado por sugeira nos módulos.

A usina está orientada para o noroeste, o que pode impactar na captação e produção de energia, resultando em possíveis perdas na eficiência. No entanto, a usina UC 02, com sua estrutura compacta e projetada para o ambiente urbano, conta com um sistema híbrido que aumenta a flexibilidade e a confiabilidade frente a imprevistos.

A Tab. III apresenta os dados de geração e consumo de energia das UC's 01 e 02. Esses dados mostram a quantidade de energia que cada unidade gerou e consumiu, permitindo uma comparação direta entre ambas.

Tabela III: Consumo e Geração UC's 01 e 02

		MÊS JULHO	MÊS AGOSTO	MÊS SETEMBRO
UC 01	GERAÇÃO	7767,3 kWh	7494,8 kWh	7381,8 kWh
	CONSUMO	4205,3 kWh	1645,8 kWh	2701,8 kWh
UC 02	GERAÇÃO	2582,6 kWh	2274,3 kWh	2417,9 kWh
	CONSUMO	2929,6 kWh	2518,3 kWh	2694,9 kWh

Com os dados coletados da UC 01, foi realizada uma análise detalhada de consumo e geração de energia, para fins de apresentação e estudo. Para realizar o cálculo de geração, é necessário contar com os dados registrados no aplicativo de monitoramento da usina fotovoltaica, bem como com a fatura de energia do cliente. Desta forma, foi possível exportar os dados de geração, ajustando-os conforme os dias de leitura indicados.

Na fatura de energia, encontramos os dados essenciais para a análise: a energia fornecida (EF) pela concessionária de energia e a geração do último ciclo (GUC). A geração do último ciclo é o montante de energia excedente gerada pelo sistema fotovoltaico durante o ciclo de faturamento anterior, que foi injetada na rede elétrica. Esse valor representa a energia produzida além do que foi consumido no momento da geração e que, portanto, foi registrada como crédito no sistema de compensação de energia e a energia fornecida pela rede refere-se à quantidade de energia elétrica consumida que foi fornecida diretamente pela concessionária de energia. Esse dado indica a energia que a instalação precisou da rede elétrica para atender ao seu consumo total, além daquela que não foi suprida pelo sistema fotovoltaico. Para determinar o consumo instantâneo (CI) – ou seja, o consumo ocorrido simultaneamente à produção de energia – subtrai-se a geração Total (GT) pela geração do último ciclo, conforme equação 3:

$$CI = GT - GUC \quad (3)$$

$$CI = 7381,8 \text{ kWh} - 6580 \text{ kWh} \quad (4)$$

$$CI = 801,8 \text{ kWh} \quad (5)$$

Por fim, ao somar o consumo instantâneo com a energia fornecida pela concessionária, obtém-se o consumo total (CT) da UC 01. Essa análise permite um entendimento mais preciso da

relação entre o consumo e a geração de energia, facilitando uma avaliação do desempenho.

$$CT = CI + EF \quad (6)$$

$$CT = 801,8 \text{ kWh} + 1900 \text{ kWh} \quad (7)$$

$$CT = 2701,8 \text{ kWh} \quad (8)$$

A Tab. IV apresenta e ilustra os dados de consumo e geração de energia referentes ao mês de setembro da UC 01

Tabela IV: Análise de Fatura UC 01

UC 01	PARÂMETROS	SETEMBRO
	GERAÇÃO TOTAL (GT)	7381,8 kWh
	GERAÇÃO ÚLTIMO CICLO (GUC)	6580 kWh
	ENERGIA FORNECIDA (EF)	1900 kWh
	CONSUMO INSTANTÂNEO (CI)	801,8 kWh
	CONSUMO TOTAL (CT)	2701,8 kWh

A variação na geração de energia entre o valor esperado (6209,28 kWh) e o valor gerado em setembro (7381,8 kWh) pode ser explicada por uma combinação dos três fatores principais que influenciam a produção de energia fotovoltaica: a incidência de irradiação solar (IIR), os dias de exposição ao sol (DES) e o rendimento do sistema fotovoltaico (RSF).

Em setembro, a geração superou as expectativas devido a uma combinação possível desses fatores. A irradiação solar (IIR) pode ter sido maior do que o esperado, resultando em mais energia solar disponível para conversão.

Seguindo a mesma lógica de cálculo utilizada para o Consumo Instantâneo e Consumo Total, aplicamos o método à UC 02. A Tab. V apresenta esses dados.

Tabela V: Análise de Fatura UC 02

UC 02	PARÂMETROS	SETEMBRO
	GERAÇÃO TOTAL (GT)	2417,9 kWh
	GERAÇÃO ÚLTIMO CICLO (GUC)	1190 kWh
	ENERGIA FORNECIDA (EF)	1467 kWh
	CONSUMO INSTANTÂNEO (CI)	1227,9 kWh
	CONSUMO TOTAL (CT)	2694,9 kWh

A análise detalhada de consumo e geração, realizada com base nos dados registrados pelo sistema de monitoramento e nas faturas de energia, reforça a robustez e o potencial da UC 01 como um modelo representativo para a simulação. Assim, a UC 01 será utilizada no HOMER para avaliar seu desempenho, explorar cenários e propor otimizações que possam beneficiar sistemas semelhantes em locais com condições parecidas.

V. RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos neste trabalho foi realizada a partir das simulações feitas no software HOMER PRO, com o objetivo de avaliar a previsão técnica e econômica de diferentes configurações de sistemas de energia. O estudo analisa quatro cenários diferentes, que variam desde o uso exclusivo da rede elétrica até sistemas híbridos que integram geração fotovoltaica e armazenamento de energia por baterias.

Esses cenários foram pensados para refletir a evolução de sistemas de energia no que diz respeito à sustentabilidade,

eficiência e custo-benefício. Para cada configuração, foram analisados indicadores como: consumo de energia, custo total anual, emissões de dióxido de carbono (CO₂), e carga máxima registrada.

A seguir, os planos são apresentados e planejados individualmente, com base nos resultados gerados. Por fim, uma comparação consolidada entre eles permite identificar a melhor solução, considerando as condições econômicas e ambientais.

A. CENÁRIO 1: GRID

O cenário Somente GRID representa a configuração tradicional de fornecimento de energia, onde toda a demanda da unidade consumidora é atendida exclusivamente pela rede elétrica. Nesse modelo, não há geração de energia local, como em sistemas fotovoltaicos, nem armazenado por meio de baterias.

A principal característica desse sistema é sua simplicidade, sendo amplamente utilizado em ambientes urbanos e rurais que possuem acesso à rede elétrica. No entanto, esta configuração apresenta total dependência das condições de fornecimento da entrega local, sujeitando o consumidor a variações tarifárias, atmosféricas não adequadas e emissões de carbono associadas à matriz energética predominantemente.

No contexto deste trabalho, o cenário exclusivamente GRID foi modelado como base comparativa para os demais sistemas, de forma a avaliar as vantagens específicas da incorporação de tecnologias mais avançadas, como a energia fotovoltaica e o armazenamento por baterias.

De acordo com os resultados da simulação, o consumo total de energia adquirida da rede elétrica foi de 36.500 kWh/ano, com um custo anual associado de R\$ 33.580,02.

A Tab. VI resume os dados mensais de custo e consumo da compra de energia da rede elétrica.

Tabela VI: Custos e Consumo - GRID

MÊS	ENERGIA (GRID)				CUSTO ENERGIA
	ENERGIA COMPRADA (GRID)	ENERGIA VENDIDA	ENERGIA LÍQUIDA COMPRADA	CARGA MÁXIMA (Kw)	
JANEIRO	3851 kWh	0	3851 kWh	18	R\$ 3.542,92
FEVEREIRO	3392 kWh	0	3392 kWh	19	R\$ 3.120,64
MARÇO	3615 kWh	0	3615 kWh	17	R\$ 3.325,80
ABRIL	3063 kWh	0	3063 kWh	16	R\$ 2.817,96
MAIO	2786 kWh	0	2786 kWh	15	R\$ 2.563,12
JUNHO	2480 kWh	0	2480 kWh	11	R\$ 2.281,60
JULHO	2459 kWh	0	2459 kWh	14	R\$ 2.262,28
AGOSTO	2745 kWh	0	2745 kWh	14	R\$ 2.525,40
SETEMBRO	2948 kWh	0	2948 kWh	16	R\$ 2.712,16
OUTUBRO	3088 kWh	0	3088 kWh	16	R\$ 2.840,96
NOVEMBRO	2963 kWh	0	2963 kWh	16	R\$ 2.725,96
DEZEMBRO	3110 kWh	0	3110 kWh	16	R\$ 2.861,20
ANUAL	36500 kWh	0	36500 kWh	19	R\$ 33.580,00

Esse cenário apresenta uma dependência completa da rede elétrica (GRID), com toda a energia consumida pela unidade sendo fornecida exclusivamente pela rede elétrica. Essa configuração torna o sistema altamente suscetível a oscilações tarifárias e pode ocorrer interrupções no fornecimento. O custo anual elevado reflete a ausência de estratégias de eficiência energética ou de geração própria, acarretando em uma despesa significativa para o consumidor. Além disso, o consumo de energia demonstra variações sazonais ao longo do ano, com picos registrados em meses como janeiro.

O cenário exclusivamente GRID reflete impactos ambientais, pois a geração e distribuição de energia envolvem tanto fontes renováveis, como hidrelétricas, quanto fontes não renováveis, como combustíveis fósseis. Embora as hidrelétricas apresentem uma menor emissão de CO₂ em comparação com as termelétricas, elas ainda têm um impacto ambiental específico, como a alteração de ecossistemas e a emissão de gases de efeito estufa.

É importante ressaltar que os dados relacionados à poluição e às emissões de gases de efeito estufa são parametrizados no software HOMER PRO. No entanto, essas configurações não podem refletir

com precisão a realidade das configurações energéticas do Brasil, onde a matriz elétrica é majoritariamente composta por fontes renováveis, especialmente a hídrica. Ajustes e análises complementares podem ser necessários para melhor adequação dos resultados ao contexto nacional.

Os dados calculados pelo HOMER PRO revelam os seguintes níveis de emissão na Tab. VII para o consumo total de 36.500 kWh por ano.

Tabela VII: Emissões de Poluentes - Grid

POLUENTES: GRID	
PRINCIPAIS POLUENTES	QUANTIDADE
DIÓXIDO DE CARBONO	23,068 kg/ano
MONÓXIDO DE CARBONO	0 kg/ano
HIDROCARBONETOS NÃO QUEIMADOS	0 kg/ano
MATERIAL PARTICULADO	0 kg/ano
DIÓXIDO DE ENXOFRE	100 kg/ano
ÓXIDOS DE NITROGÊNIO	48,9 kg/ano

O dióxido de carbono (CO₂) permanece como o principal poluente responsável pelo efeito estufa, refletindo o impacto da geração de energia, que, embora em grande parte provenha de fontes hidrelétricas, também depende das usinas termelétricas, especialmente em períodos de alta demanda. Já o dióxido de enxofre (SO₂) é associado principalmente às usinas termoelétricas, com emissões atmosféricas para a formação de chuva ácida e alterações nos ecossistemas locais. Por sua vez, os óxidos de nitrogênio (NO_x), predominantemente emitidos por essas mesmas usinas, têm efeitos relevantes tanto à qualidade quanto à saúde humana.

Embora a energia hidrelétrica seja renovável, ela não está isenta de impactos ambientais, como alterações nos ecossistemas aquáticos e emissões indiretas de gases de efeito estufa. Portanto, a dependência da rede elétrica, mesmo com fontes renováveis, ainda resulta em uma pegada de carbono relevante.

B. CENÁRIO 2: GRID + FOTOVOLTAICO

Neste cenário, a energia elétrica consumida pela unidade é fornecida tanto pela rede elétrica (GRID) quanto por um sistema de geração fotovoltaica. A adição da energia solar permite que parte da demanda seja atendida de forma sustentável e descentralizada, reduzindo a dependência exclusiva da concessionária de energia.

Essa configuração é amplamente utilizada em locais com boa incidência solar, devido ao seu potencial de economia financeira e redução de emissões de poluentes.

Com a integração do sistema fotovoltaico, houve uma redução significativa na quantidade de energia comprada da rede elétrica, evidenciando o impacto positivo da geração própria no atendimento à demanda energética da unidade. Nesse cenário, 80,6% da energia consumida foi gerada pelo sistema fotovoltaico, enquanto apenas 19,4% foi suprida pela rede elétrica, destacando a eficiência e a relevância do sistema.

Com base na Tab. VIII, a energia comprada da rede elétrica foi de 19.001 kWh/ano, uma redução significativa em relação ao cenário anterior (36.500 kWh/ano). Por outro lado, a energia gerada e vendida totalizou 57.344 kWh/ano, representando o excedente de energia produzida pelo sistema fotovoltaico.

A energia líquida comprada resultou em - 38.343

kWh/ano, um valor negativo que reflete o saldo de créditos acumulados pela unidade consumidora. Isso significa que a energia excedente gerada foi injetada na rede elétrica e poderá ser utilizada para compensação em outras UC's vinculadas, em conformidade com as regulamentações vigentes.

Tabela VIII: Custos e Consumo – GRID + FV

ENERGIA COMPRADA (GRID + FV)					
MÊS	ENERGIA COMPRADA (GRID)	ENERGIA VENDIDA	ENERGIA LÍQUIDA COMPRADA	CARGA MÁXIMA (Kw)	CUSTO ENERGIA
JANEIRO	1.944 kWh	3.775 kWh	- 1.831 kWh	17	- R\$1.684,52
FEVEREIRO	1.820 kWh	3.903 kWh	- 2.083 kWh	19	- R\$1.916,36
MARÇO	1.964 kWh	4.316 kWh	- 2.352 kWh	17	- R\$2.163,84
ABRIL	1.578 kWh	4.905 kWh	- 3.327 kWh	16	- R\$3.060,84
MAIO	1.454 kWh	5.287 kWh	- 3.833 kWh	15	- R\$3.526,36
JUNHO	1.277 kWh	5.385 kWh	- 4.108 kWh	11	- R\$3.779,36
JULHO	1.269 kWh	5.828 kWh	- 4.559 kWh	14	- R\$4.194,28
AGOSTO	1.405 kWh	5.915 kWh	- 4.510 kWh	14	- R\$4.149,20
SETEMBRO	1.546 kWh	5.150 kWh	- 3.604 kWh	16	- R\$3.315,68
OUTUBRO	1.593 kWh	4.792 kWh	- 3.199 kWh	16	- R\$2.943,08
NOVEMBRO	1.526 kWh	4.182 kWh	- 2.656 kWh	16	- R\$2.443,52
DEZEMBRO	1.625 kWh	3.906 kWh	- 2.281 kWh	16	- R\$2.098,52
ANUAL	19.001 kWh	57.344 kWh	- 38.343 kWh	19	- R\$35.275,56

Os meses de junho e julho apresentaram os menores valores de energia comprada (1.277 kWh e 1.269 kWh, respectivamente). Isso se deve à alta geração fotovoltaica nesse período, que conseguiu atender a maior parte da demanda energética da unidade.

O cenário GRID + Fotovoltaico apresenta uma mudança significativa nos impactos ambientais, devido à integração da geração de energia solar, uma fonte limpa e renovável. A substituição parcial da energia fornecida pela rede elétrica por energia fotovoltaica não apenas reduz a dependência de fontes não renováveis, como também contribui para a mitigação de emissões de poluentes.

Ao contrário do cenário exclusivamente GRID, onde as emissões foram elevadas, este cenário resultou em um balanço negativo de emissões. Isso ocorre porque a energia excedente gerada pelo sistema fotovoltaico foi injetada na rede, compensando a geração de energia proveniente de fontes mais poluentes.

Diante desse cenário, os resultados com valores negativos, como os registrados para dióxido de carbono (CO₂) dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), evidenciam que o sistema fotovoltaico contribuiu diretamente para a redução dessas emissões.

Este cenário destaca a relevância da geração fotovoltaica como uma solução sustentável, não apenas reduzindo o consumo de energia da rede elétrica, mas também revertendo parcialmente os impactos ambientais da geração centralizada.

C. CENÁRIO 3: GRID + FOTOVOLTAICO + 5 BATERIAS

A implementação de sistemas fotovoltaicos com suporte de baterias reduz ainda mais os impactos ambientais associados ao consumo de energia elétrica convencional. Nesse cenário, a unidade consumidora não apenas gerou energia excedente, mas também armazenou parte dela para uso posterior, minimizando ainda mais a dependência das fontes tradicionais.

De acordo com o dados fornecidos pelo HOMER, o valor da energia comprada é de 19.018 kWh, quase igual ao cenário anterior, mas ainda representa uma redução expressiva em relação ao cenário somente GRID, que demandava 36.500 kWh/ano da rede. A presença das baterias ajuda a otimizar o consumo, especialmente em horários de maior demanda.

Apesar do aumento da carga máxima para 30 kW registrado no mês de janeiro, esse valor pode ser atribuído à necessidade inicial de recarga das baterias, uma vez que elas estavam completamente descarregadas ao início do sistema. Nos meses subsequentes, a carga máxima retorna a valores significativamente menores, estabilizando-se em 14 kW e 19 kW.

O saldo acumulado apresentou um desempenho praticamente equivalente ao cenário sem baterias, com um valor de -38.332 kWh. Isso evidencia que a inclusão das baterias não trouxe alterações significativas no saldo de energia líquida gerada e consumida pela unidade.

A adição de baterias no cenário apresenta vantagens operacionais, como redução dos picos de carga máxima, mas não altera significativamente o saldo de energia líquida ou os ganhos financeiros. Este cenário é especialmente vantajoso em situações onde há maior oscilação na geração ou necessidade de backup energético.

Ao contrário do esperado, a inclusão de 5 baterias no sistema resultou em uma leve piora nos indicadores de emissão de poluentes em comparação ao cenário anterior. Essa piora está relacionada ao impacto ambiental indireto das baterias, especialmente devido às perdas energéticas durante os processos de carregamento e descarregamento.

O cenário 3 continua apresentando vantagens ambientais em relação ao cenário "Somente GRID", ele demonstra que a adição de sistemas de armazenamento não é completamente isenta de impactos. Esses impactos estão relacionados à eficiência energética do sistema e à matriz elétrica local, que, mesmo incluindo fontes renováveis como hidrelétricas, pode recorrer a fontes de maior impacto ambiental, como termelétricas, em momentos de maior demanda ou baixa geração renovável.

Portanto, a decisão de incluir baterias no sistema deve considerar o equilíbrio entre os benefícios de armazenamento (autonomia energética e estabilidade) e o custo ambiental associado, incluindo as perdas energéticas e a dependência parcial da matriz elétrica convencional.

A análise dos custos de um sistema fotovoltaico é fundamental para avaliar sua viabilidade econômica e compreender os benefícios financeiros que ele pode oferecer ao longo do tempo. O investimento inicial contempla todos os componentes necessários para a instalação e operação do sistema, como painéis fotovoltaicos, inversores, baterias e outros equipamentos complementares. Além disso, é essencial considerar os custos de manutenção e reposição de componentes com vida útil limitada, como inversores e baterias, ao longo do período de operação projetado.

A Tab. IX apresenta os anos de relevância para os custos associados aos diferentes componentes do cenário 3 ao longo de 25 anos, permitindo a análise detalhada dos principais elementos envolvidos. O custo total de aquisição do sistema é de R\$ 163.448,00, abrangendo todos os equipamentos necessários para sua operação.

Tabela IX: Custos ao Longo do 25 Anos.

Ano	0	3	6	9
Módulo Fotovoltaico	-R\$ 87.500	-R\$ 875,00	-R\$ 875,00	-R\$ 875,00
Grid	R\$ 0,00	R\$ 35.266	R\$ 35.266	R\$ 35.266
Bateria	-R\$ 60.000	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Inversor	-R\$ 15.948	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Ano	15	18	21	25
Módulo Fotovoltaico	-R\$ 875,00	-R\$ 875,00	-R\$ 875,00	-R\$ 875,00
Grid	R\$ 35.266	R\$ 35.266	R\$ 35.266	R\$ 35.266
Bateria	-R\$ 60.000	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 20.000
Inversor	-R\$ 15.948	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 5.316

No 15º ano, observa-se um aumento significativo nos custos devido à substituição das baterias e do inversor, componentes cuja vida útil foi alcançada, exigindo nova

aquisição. Essa necessidade é justificada pela análise do HOMER, que considera um horizonte de 25 anos, garantindo que o sistema continue operando de forma eficiente até o final do período analisado.

O sistema fotovoltaico apresenta viabilidade econômica significativa, com um tempo de retorno do investimento estimado em apenas 2,4 anos após a aquisição. Isso demonstra que, a partir desse período, o cliente começará a obter economias reais em relação ao custo inicial investido, gerando benefícios financeiros a longo prazo. Além disso, a vida útil das placas fotovoltaicas, que ultrapassa os 25 anos, reforça a atratividade do sistema, destacando sua capacidade de oferecer economia sustentável e duradoura.

A Figura 7 apresenta o gráfico de produção e compra de energia ao longo dos meses do ano, evidenciando a contribuição do sistema fotovoltaico e da rede elétrica convencional para o atendimento da demanda energética.

No gráfico, as barras em azul claro representam a energia produzida pelo sistema fotovoltaico, enquanto as barras em roxo indicam a energia adquirida da rede elétrica. Observa-se que o sistema fotovoltaico é responsável pela maior parte da produção de energia, com variações sazonais que refletem a incidência solar ao longo do ano.

A energia proveniente da rede elétrica é relativamente constante ao longo dos meses, indicando que o sistema fotovoltaico supre a maior parte da demanda energética, mas ainda há necessidade de complementar a geração em períodos de menor produção ou maior consumo.

Este gráfico destaca a relevância do sistema fotovoltaico em reduzir a dependência da rede elétrica, promovendo economia e sustentabilidade no fornecimento de energia para o cliente.

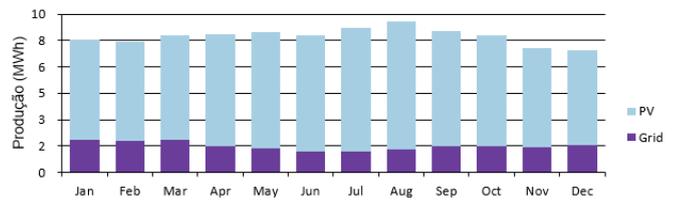


Figura 7: Gráfico de Produção e Consumo.

D. CENÁRIO 4: GRID + FOTOVOLTAICO + 100 BATERIAS

Este cenário representa uma configuração avançada, onde o sistema fotovoltaico é complementado por uma quantidade significativa de armazenamento em baterias (100 unidades).

As baterias desempenham um papel central no armazenamento do excedente de energia gerada durante o dia, tornando possível utilizá-lo em horários de menor geração, como à noite ou em dias nublados.

Neste cenário, a energia comprada da rede elétrica foi reduzida para 18.680 kWh/ano, representando uma leve melhora em relação ao cenário anterior (19.018 kWh/ano no cenário com 5 baterias). A energia vendida totalizou 45.259 kWh/ano, evidenciando que o sistema fotovoltaico gera uma quantidade significativa de energia excedente, mais do que suficiente para atender à demanda da unidade consumidora.

O saldo financeiro anual continua refletindo os créditos gerados pela energia excedente injetada na rede. Embora o valor de R\$ 24.452,68 seja inferior ao cenário anterior (R\$ 35.265,44 no cenário com 5 baterias), continua positivo e demonstra os benefícios econômicos do sistema, mesmo com o uso de baterias em larga escala.

É importante destacar que este cenário foi desenvolvido exclusivamente para estudos e não representa uma solução viável ou comum para aplicações práticas. A adoção de 100 baterias para armazenamento em um único sistema é altamente incomum devido aos custos elevados e desafios técnicos.

Com relação às emissões de poluentes, este cenário apresenta uma diminuição na eficiência ambiental, evidenciada pelo aumento

das emissões de poluentes.

O cenário com o uso de 100 baterias ainda apresenta vantagens ambientais em comparação ao cenário "Somente GRID", mas evidencia que a implementação de sistemas de armazenamento em larga escala não está isenta de impactos negativos.

Esses valores indicam que o sistema continua contribuindo para a diminuição de emissões em relação ao cenário exclusivamente GRID. No entanto, observa-se uma diminuição na eficiência ambiental em relação ao cenário anterior (GRID + Fotovoltaico + 5 Baterias). Isso pode ser atribuído ao aumento das perdas energéticas durante os processos de carga e descarga das baterias, que se tornam mais significativas à medida que o número de baterias aumenta.

VI. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou a eficácia do software HOMER como ferramenta de análise e dimensionamento de sistemas de geração distribuída (GD), especialmente para sistemas fotovoltaicos. A análise dos quatro cenários propostos destacou as vantagens técnicas, econômicas e ambientais proporcionadas pela integração de fontes renováveis e tecnologias de armazenamento de energia.

No cenário exclusivo da GRID, evidencia-se a total dependência da rede elétrica, com custos elevados e impactos ambientais associados. A inclusão de sistemas fotovoltaicos nos cenários subsequentes reduz significativamente a dependência da rede, com destaque para o cenário GRID + Fotovoltaico, no qual 80,6% da demanda foi atendida pela própria geração. A adição de baterias demonstra benefícios operacionais em termos de autonomia e estabilidade energética, embora tenha apresentado impactos ambientais e econômicos adicionais.

Destaca-se que o software HOMER foi eficiente na representação da Unidade Consumidora 01, localizada em Itaberaí, Goiás, permitindo uma análise fiel às suas condições reais de operação. Essa resolução reforça o potencial do software como ferramenta de suporte à tomada de decisão no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

Os resultados obtidos reforçam a importância da adoção de sistemas fotovoltaicos como uma alternativa sustentável e economicamente viável para os consumidores finais. Contudo, ressaltou-se a necessidade de avaliar cuidadosamente a inclusão de baterias, considerando o equilíbrio entre benefícios e custos.

VII. REFERÊNCIAS

AUGUSTO, Cícero et al, 2021. **Análise do Sistema de Distribuição Considerando Penetração Fotovoltaica com Ajuste Otimizado do Fator de Potência do Inversor.**

PALUDO, J. (2014). **Avaliação dos Impactos de Elevados Níveis de Penetração da Geração Fotovoltaica no Desempenho de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica em Regime Permanente.**

CARVALHO, K. (09 de 2012). **Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos e Integrados à Rede Elétrica: Condições de Operação e Seus Impactos.**

ANEEL. (13-07-2019). **Banco de Informações de Geração.** <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>

ANEEL. (2021), "Resolução Normativa nº 956 de 2021 da ANEEL".

ESTADÃO, **A energia solar e a liberdade do consumidor.**

São Paulo, 09 de out. de 2019. Disponível em:

<https://www.absolar.org.br/artigos/a-energia-solar-e-a-liberdade-do-consumidor/>

CASARIN, Ricardo, **Goiás atinge 1GW de capacidade instalada na geração solar distribuída.** Goiás, 30 de jun. de 2023.

Disponível em:

<https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/geracao-distribuida/goias-atinge-1-gw-de-capacidade-instalada-na-geracao-solar-distribuida>

<https://homerenergy.com/products/pro/index.html>