

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS – IFG
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL PIRES AMARAL

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
APLICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA
EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR.**

APARECIDA DE GOIÂNIA
2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Gabriel Pires Amaral

Matrícula: 20161090040268

Título do Trabalho: ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Aparecida de Goiânia, 18 / 11 / 2022.
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

GABRIEL PIRES AMARAL

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
APLICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA EM
UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR.**

Trabalho de Conclusão de Curso, no formato de artigo científico, apresentado ao curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia/IFG como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Me. Rosinete Bandeira

Aparecida de Goiânia

2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA

Termo de Aprovação

GABRIEL PIRES AMARAL

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Aparecida de Goiânia/IFG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof.^a Rosinete Fernandes Bandeira.

Aprovado em 2 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Rosinete Fernandes Bandeira

Presidente da banca / Orientador(a)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Wilson Marques Silva

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof.^a Ana Maria Barboza Lemos

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Aparecida de Goiânia – GO

2022

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ana Maria Barboza Lemos**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/02/2022 19:02:01.
- **Wilson Marques Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/02/2022 20:07:09.
- **Rosinete Fernandes Bandeira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/02/2022 16:48:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 239744

Código de Autenticação: 4521c534a9



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Avenida Universitária Vereador Vagner da Silva Ferreira, Qd. 1, Lt. 1-A, Parque Itatiaia, APARECIDA DE GOIÂNIA / GO, CEP 74968-755
(62) 3507-5958 (ramal: 5985)

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR.¹

¹Gabriel Pires Amaral, Instituto Federal de Goiás - IFG

gabrielpiresamaral@gmail.com

²Me. Rosinete Fernandes Bandeira, Instituto Federal de Goiás – IFG

rosinete.bandeira@gmail.com

RESUMO

A implantação do sistema gerador fotovoltaico residencial é um projeto considerado relativamente simples levando em conta sua execução, e bastante eficaz no quesito de baixa manutenção e alta adaptabilidade. Tendo em vista esses pontos, pode-se considerar um projeto bastante promissor quando se trata de sustentabilidade. Como a crise energética é uma preocupação mundial, se torna cada vez mais essencial focar em meios energéticos não tradicionais e descentralizados. O presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de energia fotovoltaica tendo como referência uma habitação unifamiliar, tendo como referência uma casa para 4 habitantes com um gasto energético estimado de 484,38 Kwh. Com a quantidade de placas fotovoltaicas de 460 Watts necessárias para compensar esse consumo foi de 8 unidades e por meio de um projeto seguindo todas as normativas de segurança e estabilidade do sistema, conseguimos confeccionar uma lista de materiais juntamente com um orçamento concluindo-se que o sistema é viável tanto tecnicamente como financeiramente, alcançando um *Payback* de 9 anos e 1 mês e um VPL (Valor Presente Líquido) para uma vida útil de 25 anos de R\$ 17.678,12 a 5% de taxa.

Palavras-chave: Viabilidade. Energia fotovoltaica. Arquitetura sustentável.

ABSTRACT

The implementation of the residential photovoltaic generator system is a project considered relatively simple considering its execution, and quite effective in terms of low maintenance and high adaptability. Given these points, it can be considered a very promising project when it comes to sustainability. As the energy crisis is a global concern, it becomes increasingly essential to focus on non-traditional and decentralized energy sources. The present study aimed to evaluate the technical and economic feasibility of using photovoltaic energy with reference to a single-family dwelling, having as reference a house for 4 inhabitants with an estimated energy expenditure of 484.38 Kwh. The amount of 460 Watt photovoltaic panels needed to compensate for this consumption was 8 units and through a project following all the safety and stability regulations of the system we were able to make a list of materials together with a budget, concluding that the system is viable both technically and financially, reaching a Payback of 9 years and 1 month and a NPV (Net Present Value) for a useful life of 25 years of 17,678.12 at 5% rate.

Keywords: Feasibility. Photovoltaics. Sustainable architecture.

¹AMARAL, P. G. ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR. Aparecida de Goiânia: IFG, 2021.

1. INTRODUÇÃO

O termo desenvolvimento sustentável foi apresentado no relatório Nosso Futuro Comum de 1987, tendo como diretriz que “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as futuras gerações atenderem as suas próprias necessidades” (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987). Porém o conceito de desenvolvimento sustentável já vinha sendo concebido desde a década de 1970.

Tendo isso em mente, uma forma simples de aumentar o aproveitamento energético da sociedade como um todo, seria fazer a utilização de formas de energias alternativas, renováveis e menos poluentes, aproveitando assim fontes que estão ao nosso alcance. Nesses meios se encontram a energia solar, energia eólica, energia geotérmica, energia do mar, energia de biomassa e energia hidráulica.

Com ênfase na energia solar pode se dizer que existem 2 tipos. A energia solar térmica e a energia solar fotovoltaica. Cada uma com suas características e aplicações específicas.

A energia solar fotovoltaica a qual abordaremos nesse trabalho, utiliza a irradiação de ondas eletromagnéticas de alta frequência propagadas pelo sol a fim de movimentar elétrons por meios suscetíveis a isso. O efeito fotovoltaico foi descoberto formalmente partir de 1839, devido a pesquisas do físico Alexandre Edmond Becquerel. Dessa forma é possível gerar energia elétrica através de radiação eletromagnética.

O ponto negativo dessa fonte de energia é que dependemos diretamente de um fenômeno que apesar de durar o dia todo não está disponível em boa parte do tempo devido aos movimentos de rotação do planeta terra, porém, durante o período de incidência solar pode-se dizer que é possível fazer pleno uso da energia fotovoltaica diminuindo assim a necessidade nesse período de fazer a utilização de fontes poluentes e também a dependência de recursos não renováveis.

Sabendo que nos dias atuais temos ao nosso alcance a tecnologia para fazer o uso do sistema descrito anteriormente de forma descentralizada sem que haja uma alta demanda de capacidade técnica para operar e zelar do sistema, o objetivo geral do presente trabalho é verificar a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico residencial, com a intenção de garantir uma economia significativa aos usuários e uma expansão considerável na utilização da energia fotovoltaica para residências unifamiliares.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Aplicação da energia solar

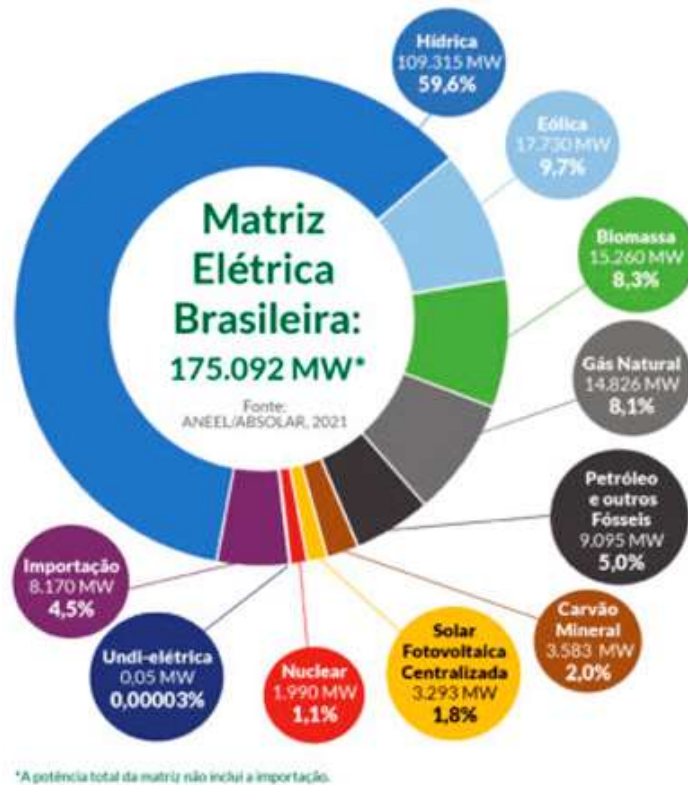
Quase todas as fontes de energia (hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos) são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica, pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico (Aneel, 2008).

A energia solar é um bem comum a todos e pode ser utilizada de diversas formas a fim de economizar recursos naturais e econômicos. Se tratando especificamente da energia solar fotovoltaica, é comum ver atualmente uma mobilização mundial e cada vez mais a popularização de sua aplicação tanto em sistemas centralizados quanto descentralizados.

Braga (2008) afirma que a energia solar fotovoltaica é considerada uma tecnologia promissora, onde as células solares convertem diretamente a energia solar em eletricidade. Conforme demonstra a figura 1, o uso da energia solar no Brasil atualmente corresponde a

1,8% de toda a matriz energética brasileira, sendo a energia solar residencial responsável por 72,6% do montante, seguida por empresas de comércio e serviços (17,99%) e pela energia solar rural (6,25%).

Figura 1 – Composição da matriz energética brasileira atual



Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2021)

2.1 Abordagem histórica

Apesar de Becquerel ter descoberto o efeito fotovoltaico em 1839 a energia solar como conhecemos hoje só foi viabilizada em 1954 por Russell Shoemaker Ohl, após a criação da primeira célula fotovoltaica com viabilidade suficiente para a geração de energia elétrica.

O ano de 1958 ficou conhecido como início para a utilização de painéis solares devido principalmente ao fato de um painel solar de 1 Watt ter sido anexado ao satélite Vanguard I. O painel era responsável por alimentar o rádio do satélite durante a viagem, e a partir daí começaram a surgir os primeiros sistemas fotovoltaicos residências, comerciais e até para meios de transportes.

Se tratando de evolução tecnológica, em 1994 foi produzida pelo *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) a primeira célula fotovoltaica a superar 30% de eficiência na conversão de energia solar em energia elétrica. Não muito distante em 2006 um novo recorde foi estabelecido por placas trabalhando com 40% de eficiência compostas por polisilício.

No quesito de capacidade fotovoltaica, no ano de 1999 a capacidade total de instalação chegou ao valor de 1000 megawatts, e em 2000 foram construídos os primeiros sistemas fotovoltaicos *on-grid* (conectados à rede elétrica).

Devido ao crescente uso da energia fotovoltaica e a redução de custo na fabricação de painéis ocasionada pela alta na quantidade de fábricas estabelecidas na China em 2011, em 2012 a Annel decidiu regulamentar as condições gerais para o acesso a micro e mini geração através da RN 482. Em 2015 foi estabelecida uma nova resolução normativa (687/2015) com a

intenção de aprimorar a RN 482. Atualmente fica claro o avanço da tecnologia fotovoltaica, onde atualmente temos equipamentos mais leves, mais baratos e até mais simples do que os produzidos em 1954 por Russell Shoemaker Ohl.

3. METODOLOGIA

A fim de analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema gerador fotovoltaico, foi elaborado um projeto residencial base para pessoas de baixa renda onde sua situação foi simulada como sendo no município Aparecida de Goiânia – Goiás, no setor Marista Sul, Rua 19, quadra 28, lote 36, conforme planta de situação indicada na figura 2.

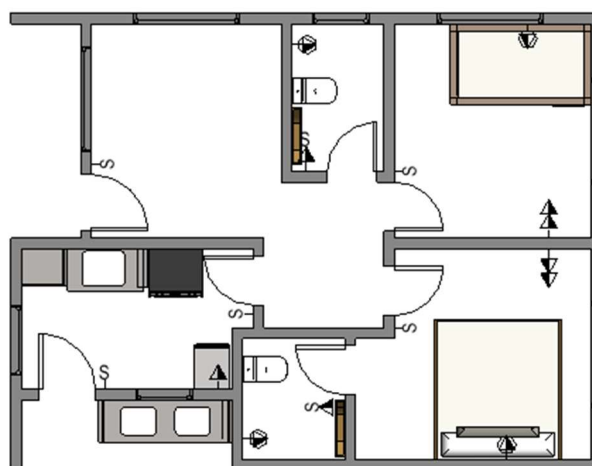
Figura 2 – Planta de situação residência unifamiliar



Fonte: Prefeitura de Aparecida de Goiânia (2022)

A edificação escolhida é a adaptação de uma residência unifamiliar, cujo projeto foi disponibilizado pela CAIXA através de um kit projeto de habitação popular, que conta com cozinha, área de serviço externa, garagem, um quarto, um banheiro, uma suíte e uma sala. Conforme mostra figura 3.

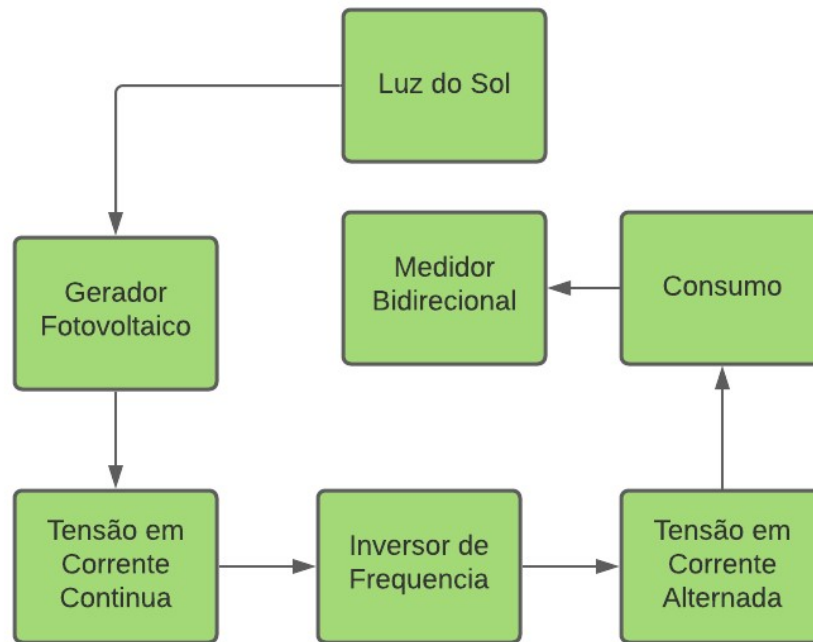
Figura 3 – Planta baixa da residência projetada



Fonte: Do autor (2022)

O sistema desenvolvido pode ser representado de forma simples pelo fluxograma da figura 4:

Figura 4 - Fluxograma do Sistema fotovoltaico



Fonte: Do autor (2022)

Para o dimensionamento dos elementos empregados no projeto, tais como número de painéis, comprimento e espessura dos cabos de alimentação e os demais equipamentos da rede juntamente com suas especificações necessárias, utilizaremos o trabalho desenvolvido por Lemos, Silva e Bandeira (2020) que consiste em um roteiro de elaboração de projetos sustentáveis para residências unifamiliares.

O roteiro aborda o projeto de aproveitamento de água da chuva e de energia solar tanto para aquecimento de água quanto para um sistema fotovoltaico. Para o presente estudo, faremos a utilização apenas da parte focada na energia solar para conversão em energia elétrica. Para que o mesmo seja executado, no geral, é necessário o conhecimento de características físicas e parâmetros geográfico. Os métodos utilizados para a elaboração do projeto foram fundamentados no roteiro acima citado, seguindo estritamente as normas regulamentadoras que tratam de cada elemento.

3.1. Dimensionamento

O dimensionamento foi realizado através da execução de cálculos isolados e dados estimados, seguindo o roteiro de Lemos, Silva e Bandeira (2020). Esses cálculos foram os responsáveis por nos trazer diversas informações como: o HSP (número de horas de sol pleno), a potência do sistema, o número de placas necessárias, a inclinação e orientação dos painéis e diâmetro e tipo de cabos utilizados no sistema.

Para identificar a demanda energética do sistema como o imóvel não está construído muito menos habitado foi feita uma estimativa baseada no número e tipo de equipamentos previstos para a residência após sua construção e ocupação.

3.2. Elaboração do Projeto, Orçamento e Análise de Viabilidade

O projeto foi elaborado a partir de modificações feitas em um projeto padrão de um kit projeto pronto da CAIXA, a partir dessa modificação foi possível simular o sistema e gerar uma lista

dos materiais utilizados para a implantação do sistema fotovoltaico na edificação. Através da lista gerada, foi possível criar uma planilha orçamentária sintética, utilizando como referência o índice SINAPI e preços de mercado. Foi embutida à planilha um BDI de 25% sobre os custos diretos e indiretos obtidos no orçamento.

A análise de viabilidade técnica foi efetuada com base no projeto elaborado, levando em consideração o impacto da ocupação do sistema na residência. Já a viabilidade econômica foi analisada a partir do cálculo do *Payback* do sistema e Valor Presente Líquido (VPL).

4. RESULTADOS

4.1. Dimensionamento

Com base na planilha de referência presente no anexo A. foram selecionados para a residência os equipamentos contidos na da figura 5:

Figura 5 – Lista de equipamentos

LISTA DE EQUIPAMENTOS
APARELHO DE SOM 3 EM 1 (1), AR-CONDICIONADO 7.500 BTU (2), ASPIRADOR DE PÓ (1), BATEDEIRA (1), CAFETEIRA ELÉTRICA (1), CHUVEIRO ELÉTRICO (1), COMPUTADOR/IMPRESSORA/ESTABILIZADOR (1), FERRO ELÉTRICO AUTOMÁTICO (1), FOGÃO COMUM (1), FORNO MICROONDAS (1), FRITADEIRA ELÉTRICA (1), GELADEIRA 1 PORTA (1), LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA - 11W (3), LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA - 15 W (2), LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA - 23 W (4), SECADOR DE CABELOS PEQUENO (1), TV EM CORES - 14" (2), TV EM CORES - 29" (1), VÍDEOGAME (1)

Fonte: Do autor (2022)

Com base na seleção dos equipamentos chegamos em um valor de 484,38 Kwh de consumo elétrico mensal para essa residência, o que resultaria em um consumo diário estimado de 16,15 Kwh por dia considerando uma divisão por 30 dias.

Para chegar ao valor da HSP foi feito o acesso ao site do CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito) na parte de potencial solar e utilizando das coordenadas do local onde será situada a residência, e foi encontrada uma estação solar a 4,6 km de distância da futura edificação, demonstrado pela figura 6.

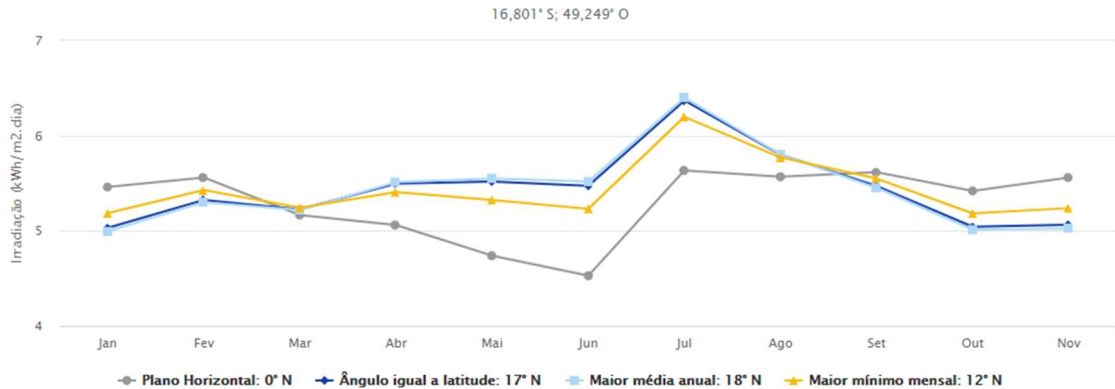
Figura 6 – Cálculo do plano inclinado

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Aparecida de Goiânia
 Município: Aparecida de Goiânia, GO - BRASIL
 Latitude: 16,801° S
 Longitude: 49,249° O
 Distância do ponto de ref. (16,832349° S; 49,277431° O): 4,6 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,46	5,56	5,17	5,06	4,74	4,53	4,75	5,64	5,57	5,62	5,42	5,56	5,26	1,11
✓	Ângulo igual a latitude	17° N	5,03	5,32	5,22	5,50	5,52	5,47	5,67	6,37	5,80	5,47	5,04	5,06	5,46	1,34
✓	Maior média anual	18° N	5,00	5,30	5,22	5,51	5,55	5,52	5,71	6,40	5,80	5,45	5,01	5,03	5,46	1,40
✓	Maior mínimo mensal	12° N	5,19	5,43	5,24	5,41	5,32	5,23	5,43	6,20	5,77	5,55	5,18	5,24	5,43	1,02

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Aparecida de Goiânia–Aparecida de Goiânia, GO–BRASIL



Fonte: CRESESB (2021)

Conforme apontado pelos dados da estação solar mais próxima podemos chegar à conclusão que a maior média anual para o local é de 5,46 Kwh/m²*dia. Sabendo da HSP e do consumo elétrico médio diário foi feito o cálculo da potência do sistema através da equação 1 Resultando no valor de 2,95 kW que é a potência diária solicitada para o sistema se retroalimentar.

$$P_{\text{sistema}} = \frac{C_{\text{diário}}}{HSP} \quad (1)$$

P_{sistema} = é a potência do sistema (kW)

$C_{\text{diário}}$ = é o consumo energia elétrica diário (kWh)

HSP = é o número de Horas de Sol Pleno (h)

Agora para saber a potência do inversor foi utilizada a equação 2 prevendo uma eficiência de 90% por parte do inversor onde a potência necessária encontrada foi de 3,28 (kW). O inversor de frequência deverá ser superior a frequência calculada sendo recomendado uma margem considerável para evitar que caso necessário maior potência necessite efetuar a troca do equipamento.

$$P_{\text{inversor}} = \frac{P_{\text{sistema}}}{n} \quad (2)$$

P_{inversor} = potência do inversor de frequência (kW)

P_{sistema} = potência do sistema (kW)

n = eficiência do equipamento

Já o número de placas fotovoltaicas foi obtido através da equação 3 onde foram selecionadas placas fotovoltaicas de 460 Watts de potência. Resultando assim na necessidade de 8 coletores.

$$N_{\text{placas}} = \frac{P_{\text{sistema}}}{P_{\text{placa}}} \quad (3)$$

N_{placas} = número de placas fotovoltaicas

P_{sistema} = potência do sistema (kW)

P_{placa} = potência do sistema (kW)

Com base na maior média anual disponibilizada pelas informações coletadas no site do CRESESB podemos concluir que o melhor ângulo para a instalação é de 18 graus, sendo assim esse é o ângulo que os coletores deverão ser instalados

Levando em consideração a quantidade de placas solares que necessitamos e considerando que as placas solares escolhidas têm as dimensões de 1903 x 1134 mm. Será necessário 17,26 m² de área de telhado livre com espaço suficiente para comportar as placas colocadas em um ângulo de 18 graus ao norte.

Para que os coletores sejam instalados de forma segura será necessário a confecção ou compra de uma estrutura auxiliar a fim de melhor distribuir as cargas aplicadas pelas placas a estrutura do telhado e também de forma a manter o ângulo de 18 graus sem que as placas possam escorregar ou serem deslocadas pelo vento.

Para a instalação dos painéis foi considerado uma distância de 10 metros de cabos fotovoltaico de 4mm² interligando as placas com o inversor. Foi considerado 4mm pois é o diâmetro mínimo para alimentação recomendado pela NBR 5410 é de 2,5mm e 4mm é o mais comum encontrado no mercado próximo a essa dimensão.

4.2.Elaboração do Projeto

Inicialmente pensando na viabilidade técnica foi feito um modelo 3D da casa em questão para analisar se a casa teria área suficiente para receber as placas e se essas placas poderiam ser instaladas sem que haja um reforço na estrutura do telhado.

Conforme demonstra o modelo o telhado teria sim área suficiente para receber as 8 placas voltadas para o norte a fim de funcionarem com máxima eficiência, em questão de carga também não é necessário fazer um reforço visto que cada placa tem um peso individual de 24,2 kg e o suporte de instalação tem um peso de 7,3 kg. Dessa forma o sistema todo teria 200,9 kg instalado sobre a estrutura do telhado.

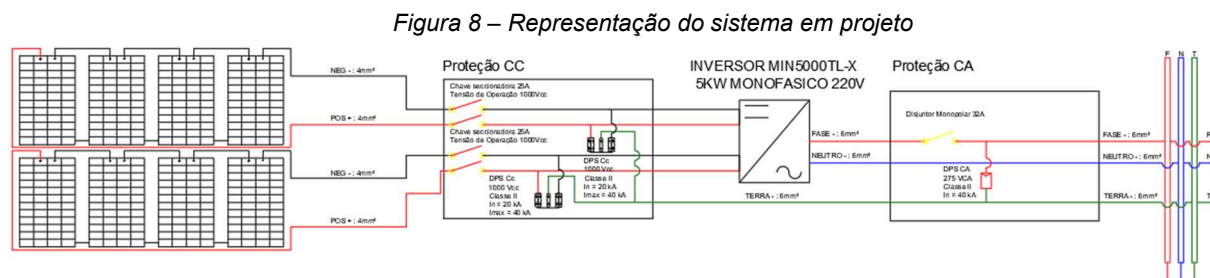
Figura 7 – Modelo em 3D demonstrando o modelo da casa e o tamanho do sistema



Fonte: Do autor (2022)

Focando mais especificamente na parte da instalação foi elaborado um projeto conforme apresentado na figura 8, com a ideia de dividir as 8 placas fotovoltaicas em 2 *strings* (linhas). Essas 2 *strings* passariam por uma *string box* (quadro de proteção) que realizaria a função de proteger a rede em corrente contínua e que consistiria em 1 DPS (dispositivo de proteção contra surtos) para cada *string*, juntamente com 1 chave seccionadora que seria responsável por desligar a *string* caso seja necessária uma manutenção.

Cada *string* entra no inversor e sai em uma um sistema monofásico (1 fase) composto por uma fase e um neutro com diferença de potencial entre eles de 220 Volts, protegido por um disjuntor monopolar e um DPS.



Fonte: Do autor (2022)

4.3. Orçamento

A partir da lista de materiais obtidas através do projeto, agregamos valor de material e mão de obra sobre os itens, resultando no valor de R\$ 25.019,29 com BDI de R\$ 6.254,82 resultando num total de R\$ 31.274,11 conforme apresentado no anexo B.

Os índices utilizados no orçamento foram SINAPI, SEINFRA e cotações próprias numeradas.

4.4. Análise de Viabilidade

A viabilidade técnica foi analisada a partir da disponibilidade de espaço para implantação do sistema e com a representação do sistema sendo elaborada via software tal viabilidade foi comprovada.

Já para a constatação da viabilidade econômica, diversos fatores foram levados em consideração. Tendo em mãos os valores de custo de implantação do sistema, foi preciso verificar a economia gerada através de sua aplicação.

Foi utilizado como base de preços as tarifas de consumo da ENEL partir de 22 de outubro de 2021 que é de R\$ 0,637/kWh. Considerando o consumo mensal utilizado para dimensionar o sistema chegamos em um valor mensal de R\$ 289,44, considerando que temos uma taxa mínima a ser paga devido a manutenção da ligação monofásica.

Figura 9 – Representação do Payack

Calculo do PayBack	
Payback (meses)	R\$ 108,05
Investimento Inicial (R\$)	R\$ 31.274,11
Economia mensal (R\$)	R\$ 289,44

Fonte: Do autor (2021)

O tempo de retorno do sistema foi calculado a partir do *Payback*, sendo o investimento inicial de R\$ 31.274,11 e a receita gerada de R\$ 289,44 mensais. Logo temos que o *Payback* do sistema fotovoltaico em uma residência unifamiliar nas condições anteriormente apresentadas é de 108,05 meses, o que equivale a 9 anos e 1 mês.

Para essa instalação foi considerada a vida útil de 25 anos de funcionamento do sistema com até 80% do desempenho projetado. Tal prazo é ditado principalmente pelas placas solares que com o tempo perdem desempenho na conversão de energia. Porém, vale ressaltar que as placas correspondem a 50% apenas do valor total investido e que elas perdem sua eficiência e não sua funcionalidade completa, considerando o prazo de retorno de 9 anos, parece ser promissor quanto a economia.

Se tratando também do VPL, foi calculado um valor de R\$ 17.678,12 considerando a vida útil citada de 25 anos e uma taxa de juros de 5% ao ano.

Figura 10 – Representação do VPL

VPL (Valor Presente Líquido)		
Ano	Fluxo De Caixa	VPL
0	-R\$ 31.274,11	-R\$ 31.274,11
1	R\$ 3.307,89	-R\$ 27.966,22
2	R\$ 3.150,37	-R\$ 24.815,86
...	...	...
24	R\$ 1.076,95	R\$ 16.652,45
25	R\$ 1.025,67	R\$ 17.678,12

Fonte: Do autor (2022)

5. CONCLUSÕES

Ao fim deste trabalho de conclusão de curso, pode-se constatar que os objetivos traçados inicialmente foram alcançados, os componentes do sistema foram devidamente dimensionados, projetados e orçados, possibilitando as análises de viabilidade técnica e econômica de implantação do sistema.

A partir da projeção do sistema em uma edificação, foi possível atestar sua possibilidade de execução, confirmando assim sua viabilidade técnica.

Os resultados obtidos comprovam também a viabilidade econômica da implantação do sistema para um período de retorno de 9 anos e 1 mês, sendo este um período relativamente curto visto que a vida útil estabelecida no trabalho é de 25 anos.

Acredita-se que, além da perspectiva técnica e financeira da implantação do sistema, devemos ressaltar sua contribuição para com o meio ambiente. Vemos ainda, o estudo em questão como uma forma de incentivar novos estudos e pesquisas no âmbito da geração fotovoltaica, assim como a implantação na prática do sistema abordado, seja em edificações residenciais, comerciais, industriais, entre outros.

O sistema residencial fotovoltaico é uma fonte energética muito promissora, espera-se que o sistema seja aperfeiçoado, difundido e simplificado cada vez mais, para que assim o custo de sua implementação se torne cada vez mais baixo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14522: Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica. Rio de Janeiro, 2008. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14519: Medidores eletrônicos de energia elétrica — Especificação. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR IEC 62116: Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16149: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16690: Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos — Requisitos de projeto. Rio de Janeiro, 2019.
- LEMOS, Guilherme M.; SILVA, Paulo A.; BANDEIRA, Rosinete. Roteiro de Elaboração de Projetos Sustentáveis para Residências Unifamiliares. Goiânia, 2020.
- Kemerich, P. D. C., Flores, C. E. B., Borba, W. F., Silveira, R. B., França, J. R., Levandoski, N. (2016) "Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo", Artigo científico, in: Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v.20, n. 1, jan.-abr, p. 241-247 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN: 22361170.
- Pereira, F. e Oliveira, M. (2011) "Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica", Porto: Publindústria
- Pinho, J. e Galdino, M. (2014) "Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos", Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb.
- NASCIMENTO, C. A. do. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. 2004. 21f. Monografia (Especialização em Fontes Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- BRAGA, R. P. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. 2008, 67 f. Monografia (Curso de Energia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Tomasella J. R. L. (2005) "Balanço de energia", Artigo científico, in:
http://mtem16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/11.08.11.40/doc/01_Balan%E7o_d_e_energia.pdf?metadataarepository=sid.inpe.br/iris@1915/2005/11.08.11.40.08&mirror=cptec.inpe.br/walmeida/2003/04.25.17.13, Março.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL, 2008. 236p.

AGRADECIMENTOS

A Deus que guiou meus caminhos, proporcionando estar cursando e concluindo a graduação em Engenharia Civil no Instituto Federal de Goiás.

Às nossas famílias e amigos por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para minha chegada até aqui.

A professora Me. Rosinete Fernandes Bandeira pela orientação, pela paciência e pelos incentivos que foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS

Documento Digitalizado Público

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC Versão Final

Assunto: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC Versão Final

Assinado por: Matheus Souza

Tipo do Documento: Documentos

Situação: Finalizado

Nível de Acesso: Público

Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Matheus Pereira de Souza, ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO**, em 18/11/2022 18:38:44.

Este documento foi armazenado no SUAP em 18/11/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 355678

Código de Autenticação: c3e82f1006

