

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE  
CAMPUS AVANÇADO DE NATAL  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA  
FOTOVOLTAICO NO CAMPUS UERN NATAL**

**JORDAN VINICIUS SILVA NASCIMENTO**

Natal - RN  
2024

**JORDAN VINICIUS SILVA NASCIMENTO**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA  
FOTOVOLTAICO NO CAMPUS UERN NATAL**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
na Universidade do Estado do Rio Grande do  
Norte UERN Campus avançado de Natal no  
curso de ciências e tecnologia.**

**Orientador: Prof.Dr.Brismark Góes da Rocha**

Natal - RN  
2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

**Catálogo da Publicação na Fonte.**  
**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

N244a Nascimento, Jordan Vinicius Silva  
ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE  
UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NO CAMPUS UERN  
NATAL. / Jordan Vinicius Silva Nascimento. - Natal, 2024.  
38p.

Orientador(a): Prof. Dr. Brismark Góes da Rocha.  
Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia).  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. energia solar. 2. matriz energética. 3. demanda  
energética. 4. placas fotovoltaicas. I. Rocha, Brismark  
Góes da. II. Universidade do Estado do Rio Grande do  
Norte. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pela Diretoria de Informatização (DINF), sob orientação dos bibliotecários do SIB-UERN, para ser adaptado às necessidades da comunidade acadêmica UERN.

Dedico aos meus pais que com seu exemplo de determinação me fizeram concluir este curso, aos meus familiares que sempre me apoiaram e a minha namorada que me ajudou nesta caminhada.

## **Agradecimento**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus que me deu forças todos os dias, para os meus familiares principalmente aos meus pais que com seus esforços me fizeram estar aqui hoje e são eles que me dão o exemplo todos os dias de ser um pessoa com determinação, foco e batalhadora, e também a minha namorada que foi paciente comigo e que me ajudou nesta caminhada cada dia me incentivando e me motivando. Aos meus queridos professores, agradeço pela dedicação em compartilhar conhecimento, pela orientação valiosa e pelo estímulo contínuo ao meu crescimento acadêmico e pessoal. Suas aulas e opiniões foram cruciais para meu desenvolvimento, e sinto-me privilegiado por tê-los como mentores.

Ao meu orientador Brismark Góes da Rocha que foi fundamental tanto no projeto como no tcc, me apoiando e me orientando e a Raíssa Medeiros que auxiliou no tcc, agradeço também ao professor Dácio Michel da Cruz Souza que ministrou as aulas de projeto de tcc e de tcc, nos ensinando e tirando o melhor de cada aluno.

O Daniel Sacramento que desde o início do curso me ajuda e que me deu orientações para o tcc.

## RESUMO

Este estudo justifica a necessidade de buscar formas de energia mais sustentáveis, destacando os impactos negativos dos combustíveis fósseis no meio ambiente. Foca na análise da implementação de energia renovável na Universidade Estadual do Rio Grande do Norte Campus Avançado de Natal, considerando a viabilidade das placas fotovoltaicas em comparação com a energia convencional. Destaca os benefícios ambientais e institucionais dessa transição, ressaltando a importância da renovação energética global. O autor enfatiza a relevância pessoal do tema para sua vida acadêmica e profissional, visando seguir os estudos de energias renováveis pós-graduação. Ele recomenda a análise do seu potencial uso no Campus Avançado de Natal UERN como estratégia para redução de custos com energia elétrica. O objetivo geral é a análise da implementação de um sistema fotovoltaico buscando esta redução. A metodologia utilizada foi quanti-qualitativa, uma vez que a obtenção de dados aplicados a determinado fato será traduzido em números para classificação e análise. Os resultados indicam que, em 2 anos e 2 meses, haverá retorno financeiro positivo, e que foi obtido uma redução elevada dos custos financeiros com energia elétrica, contrariando a hipótese inicial ao demonstrar que o sistema pode suprir toda a demanda do prédio como também tem um espaço para implementação de novos módulos quando ocorrer aumento da necessidade de energia elétrica.

**Palavras-chave:** energia solar, matriz energética, demanda energética, placas fotovoltaicas;

## ABSTRACT

This study justifies the need to seek more sustainable forms of energy, highlighting the negative impacts of fossil fuels on the environment. It focuses on the analysis of the implementation of renewable energy at the State University of Rio Grande do Norte's advanced campus in Natal, considering the viability of photovoltaic panels compared to conventional energy. It emphasizes the environmental and institutional benefits of this transition, highlighting the importance of global energy renewal. The author underscores the personal relevance of the topic to their academic and professional life, aiming to pursue postgraduate studies in renewable energy. They recommend analyzing the potential use of photovoltaic systems at the UERN advanced campus in Natal as a strategy for reducing electricity costs. The overall objective is to analyze the implementation of a photovoltaic system to achieve this reduction. The methodology used is quantitative-qualitative, as data acquisition related to a specific event will be translated into numbers for classification and analysis. The results indicate that, in 2 years and 2 months, there will be a positive financial return, and there has been a significant reduction in financial costs related to electricity, contradicting the initial hypothesis by demonstrating that the system can meet the entire building's demand and has room for implementing new modules as the need for electricity increases.

**Keywords:** solar energy, energy matrix, energy demand, photovoltaic panels.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

**Figura 1: Constituição do Sistema Fotovoltaico pg (16).**

**Figura 2: Expansão da Matriz Elétrica Brasileira pg (17).**

**Figura 3: Matriz energética mundial pg (18).**

**Figura 4: matriz energética Brasileira pg (19).**

**Figura 5: Estrutura de uma placa fotovoltaica pg (21).**

**Figura 6 : Sistema *On-Grid* pg (24).**

**Figura 7: Sistema *Off-Grid* pg (24).**

**Figura 8: teto do prédio lado A pg (27).**

**Figura 9 : teto do prédio lado B pg (28).**

**Figura 10: planta do prédio com os módulos fotovoltaicos pg (28).**

**Figura 11 : gráfico do valor presente pg (33).**



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>13</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>16</b>
3.1 A Necessidade Elétrica no mundo e sua importância	<b>16</b>
3.2 Energia Solar uma fonte de energia renovável	<b>19</b>
3.3.1 Placas Fotovoltaicas e suas aplicações	<b>21</b>
3.3.2 Construção da placa e seus componentes	<b>22</b>
3.4 Inversores	<b>25</b>
<b>4.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>26</b>
<b>5.CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>34</b>
<b>6.REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As matrizes energéticas do mundo desempenham um papel vital na nossa sociedade moderna, influenciando a maneira como geramos, distribuímos e consumimos energia. Uma matriz energética refere-se à combinação de fontes de energia usadas para suprir as necessidades de uma região ou país. Essa combinação inclui fontes como combustíveis fósseis, energia nuclear, energias renováveis e outras formas de geração de energia.(Dutra et al,2013)

A energia solar representa uma fonte renovável e limpa de energia elétrica que tem um papel crucial na renovação da matriz energética do Brasil na procura de alternativas sustentáveis para suprir as crescentes demandas energéticas do mundo, são várias as importâncias da energia solar, uma delas é que ela é uma fonte imensa de energia, sendo uma solução para a dependência energética de combustíveis fósseis finitos e prejudiciais ao meio ambiente, no Brasil esta dependência na matriz energética é pouca pois a maior parte de energia elétrica utilizada vem das hidrelétricas, mas no mundo ainda vemos esta dependência das energias de combustíveis fósseis. (Jardim, 2007).

A implementação de uma energia renovável como a energia solar é importante, pois traz uma diversidade na matriz energética necessitando uma renovação energética para a matriz energética mundial e nacional, devido às fontes tradicionais e de combustíveis fósseis ainda serem na sua maior parte prejudicial e finitas. (Carstens; Cunha, 2019).

O crescimento exponencial da necessidade de energia elétrica na humanidade e de energias de baixa liberação de carbono, devido a o aquecimento global, faz com que a busca por energias renováveis seja muito importante para o futuro, Houve um crescimento de 3,7% do consumo de energia elétrica no Brasil em 2023 em comparação ao ano de 2022 alcançando cerca de 69.363 megawatts médios, sendo assim o segundo ano consecutivo de aumento segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE2024).

A necessidade humana de energia elétrica começou a muito tempo e hoje é crucial para a vida humana, como fundamentos essenciais na vida de qualquer pessoa e para os processos de produção industrial assim como no setor de prestação de serviços e comércio em geral, dada a sua importância, é essencial que busquemos continuamente formas de energia, tanto renováveis quanto eficientes (Alves, 2010).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2023), atualmente no Brasil a forma de energia elétrica mais utilizada é a hidrelétrica sendo 64%, porém mesmo sendo uma forma de energia renovável tem ressalvas como as crises hídricas e a forma de que é instalada essas usinas hidrelétricas afetando o meio ambiente e sua fauna e flora.

Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica é uma das alternativas promissora e ecologicamente correta, o módulo fotovoltaico é um sistema que permite a conversão da luz do sol em eletricidade, são compostos por células fotovoltaicas interligadas entre si formando um circuito elétrico, esse processo ocorre através do efeito fotovoltaico, no qual os fótons da luz solar colidem com os átomos do material semicondutor presentes nas células, liberando elétrons e gerando corrente elétrica (Jardim, 2007).

Uma das principais vantagens desse sistema é a sua capacidade de produzir eletricidade de forma limpa e renovável. Ao contrário dos combustíveis fósseis que liberam poluentes interferindo para o aquecimento global, além dos benefícios ambientais, a energia solar fotovoltaica também oferece vantagens econômicas. (Imhoff, 2007).

Com o avanço da tecnologia e a redução dos custos, a instalação de placas fotovoltaicas tem se mostrado cada vez mais acessível e atrativa, uma vez instalado o sistema, a geração desta energia pode reduzir consideravelmente os custos com a energia elétrica a longo prazo tendo em vista que a vida útil dos módulos fotovoltaicos tem em média de 25 anos, proporcionando economias financeiras consideráveis (Konzen, 2014).

Nesse sentido, as universidades são locais que a aplicação de placas fotovoltaicas teria uma economia financeira exponencial, com um consumo elevado de energia elétrica devido às atividades acadêmicas e sua infraestrutura exigida, essas instituições podem ter um grande benefício com a energia solar.

As universidades têm disponibilidade de espaços adequados, como telhados e estacionamentos, que podem ser utilizados para a instalação dos painéis solares, esse consumo elevado de energia elétrica é o principal problema da forma de energia atual que é proveniente das hidrelétricas, distribuída pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte, e é por isso que buscaremos a melhor hipótese para esse problema no prédio do Campus de Natal (UERN).

O objeto da pesquisa é estudar a possibilidade da implementação da energia solar no prédio do Campus Avançado de Natal UERN.

A lacuna desta pesquisa é devido ao prédio da universidade ser um prédio que foi inaugurado a pouco tempo e que não existe nenhuma pesquisa avaliando esta implementação, sendo assim uma pesquisa única nesta área no Campus, que pode trazer benefícios econômicos para o prédio na redução do custo mensal da fatura da energia elétrica.

Neste trabalho, será feita toda essa análise, incluindo os objetivos do projeto, a descrição do sistema proposto, os desafios a serem enfrentados e as considerações necessárias para a sua implementação. Com isso, espera-se fornecer uma visão abrangente e fundamentada sobre essa solução energética renovável.

A justificativa é que, sendo necessário a busca de outras formas de energia nos tempos atuais como energias renováveis tendo em vista que as energias com combustíveis fósseis tem um impacto negativo no planeta como a interferência no aquecimento global, como também a redução de custos de energia elétrica do Campus, localizado no estado do Rio Grande do Norte que tem uma grande incidência solar trazendo mais benefícios para essa instalação, este estudo busca analisar a implementação de uma forma de energia renovável para o prédio da universidade estadual do Rio grande do Norte com isso iremos ver a melhor forma, implementação de placas fotovoltaicas ou a continuação da energia convencional já usada.

Portanto é bastante benéfico tanto para o meio ambiente como para a universidade pois o mundo precisa de uma renovação energética para formas de energias mais sustentáveis, e as pessoas que fazem parte dela devido às inovações nesta área que crescem a cada ano.

Esta temática é muito importante também para a minha vida acadêmica e profissional pois espero seguir o caminho dos estudos de energias renováveis após o término da minha graduação.

O problema da pesquisa é o alto custo energético da universidade e a necessidade de diversificar a matriz energética do prédio devido a crescente busca de formas de energias renováveis para um futuro com menos energias prejudiciais ao planeta e a pergunta de pesquisa é economicamente e tecnicamente viável a implementação da energia solar no prédio do Campus Natal ?

A hipótese da pesquisa é que a implementação da energia solar não consiga suprir totalmente a demanda energética do Campus, porém possa diminuir significativamente o seu custo com energia elétrica.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a viabilidade econômica da instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica no Campus Avançado de Natal da universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

Temos como objetivos específicos examinar a média mensal do consumo de energia elétrica do prédio da universidade, realizar o estudo do número necessário de módulos fotovoltaicos para suprir a demanda do edifício, identificar o espaço apropriado para a instalação de módulos fotovoltaicos.

As palavras chaves deste trabalho são: energia solar, matriz energética, demanda energética, módulos fotovoltaicos.

## **2.METODOLOGIA**

Neste trabalho foi avaliado a implementação de energias alternativas (solar) no sistema *on-grid*, no Campus Avançado de Natal da universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) que está localizada no bairro Potengi na cidade Natal, sendo um prédio inaugurado no dia vinte cinco de maio de dois mil e vinte dois, tendo coordenadas 5°45'16.0"S 35°14'23.3"W, contendo o total de 5 cursos de graduação sendo eles Ciência da Computação, Direito, Turismo, Ciência da Religião e Ciência e Tecnologia nos turnos da manhã, tarde e noite.

Quanto ao avanço da ciência, abordagem do problema e o estudo proposto caracteriza-se em quanti-qualitativo, uma vez que a obtenção de dados aplicados a determinado fato será traduzido em números para classificação e análise, ao mesmo tempo em que baseia-se na interpretação e atribuição dos significados aos fenômenos observados (Marconi; Lakatos, 1999).

Começamos o devido trabalho buscando o consumo mensal (Lopes, 2012) de energia elétrica do Campus da UERN por meio da fatura mensal de energia elétrica da Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN), a energia elétrica utilizada apresenta média mensal de 18123,59 kwh com base na média de consumo foi calculado a quantidade de módulos fotovoltaicos necessária para suprir a necessidade elétrica mensal do prédio.

$$Potência\ total_{painéis} = \frac{Energia_{geração}}{Tempo_{exposição} * Rendimento\ do\ sistema} \quad Eq\ (01):$$

Onde:

Potência total painéis: a potência de cada painel para atender a demanda diária de energia elétrica;

Tempo exposição: Corresponde a quantidade de horas que os painéis estão expostos à radiação solar diária. O qual deve levar em consideração a “Hora de Sol Pico” (HSP), esse tempo varia de cada localidade.

Rendimento do sistema: o quanto o sistema pode gerar considerando as perdas (Ver Tabela abaixo).

**Tabela de possíveis perdas no sistema fotovoltaico residencial.**

<b>Perdas</b>	<b>Varição</b>
Perdas por temperatura	7% a 18%
Incompatibilidade elétrica	1% a 2%
Acumulo de sujeira	1% a 8%
Cabeamento da corrente contínua	0,5% a 1%
Cabeamento da corrente alternada	0,5% a 1%
Inversor	2,5% a 5%

Perdas por temperatura: Ocorre nos painéis devido ao aquecimento por está exposta a radiação solar;

Incompatibilidade elétrica: Ocorre quando os painéis estão conectados seja em paralelo ou em série, pois embora os painéis passem pelo mesmo processo de fabricação não são perfeitamente iguais;

Acúmulo de sujeira: Atribuído à poeira e/ou a folhas sobre o(s) painel (éis);

Cabeamento da corrente contínua: Perdas ocorridas nos cabos após os painéis e antes do inversor;

Cabeamento da corrente alternada: Perdas ocorridas após o inversor;

Inversor: Perdas ocorridas no inversor no processo de inversão da corrente contínua em corrente alternada.

Definido os números de módulos necessários para o prédio, o próximo passo é a mensuração da área da cobertura do prédio.

Assim, foi realizada a análise da cobertura do prédio e o estudo da colocação dos módulos fotovoltaicos, foi feita a visualização da área total do teto e uma projeção com as medidas de cada modelo para ver se comportaria os 223 módulos na cobertura do prédio.

Para a análise de viabilidade financeira técnica calculamos o tempo de retorno, a taxa interna de retorno (Payback) obtido utilizando as funções "CORRESP" e "ÍNDICE" do Excel e a economia total comparada a energia atual sem a instalação do sistema fotovoltaico.

O valor presente líquido é um mecanismo que ajusta os fluxos de caixa (tanto positivos quanto negativos) de um projeto de investimento para o valor presente, considerando a data zero. Posteriormente, esse valor é somado ao investimento inicial, levando em conta a taxa mínima de atratividade. (Souza; Clemente, 2004, p. 77).

O fluxo de caixa é vital para o administrador financeiro, oferecendo uma visão completa das finanças da empresa e orientando as decisões estratégicas. Uma gestão eficaz exige controles sólidos, permitindo o monitoramento detalhado das transações. Esse controle preciso possibilita avaliar a liquidez, identificar padrões de gastos, antecipar necessidades de capital e prever períodos sazonais. O fluxo de caixa também é crucial para detectar problemas financeiros precocemente, permitindo intervenções proativas (Neto; Siva, 2006, p. 39).

Segundo Souza e Clemente (2004, p.75) a fórmula para o cálculo é:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j} \quad \text{Eq (02):}$$

em que: VPL = Valor presente líquido

R<sub>j</sub> = valor atual das receitas;

C<sub>j</sub> = valor atual dos custos;

i = taxa de juros;

j = período em que as receitas ou os custos ocorrem;

n = número de períodos ou duração do projeto.

o VPL maior que zero (positivo) é economicamente viável.

A Figura 1, representa um sistema fotovoltaico *on - grid*, destacando a disposição estratégica de painéis solares em um telhado. Esses painéis, que capturam eficientemente a luz solar, simbolizam a transição para fontes de energia sustentáveis.

**Figura 1 Constituição do Sistema Fotovoltaico.**



Fonte: Renove Engenharia (2018, s.p.).

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico iremos abordar os principais conceitos do trabalho com a utilização de referências teóricas de artigos

#### 3.1 A Necessidade Elétrica No Mundo

A necessidade de energia elétrica só cresce, seja para necessidades básicas e diariamente em vários segmentos como por exemplo no desenvolvimento tecnológico e econômico.

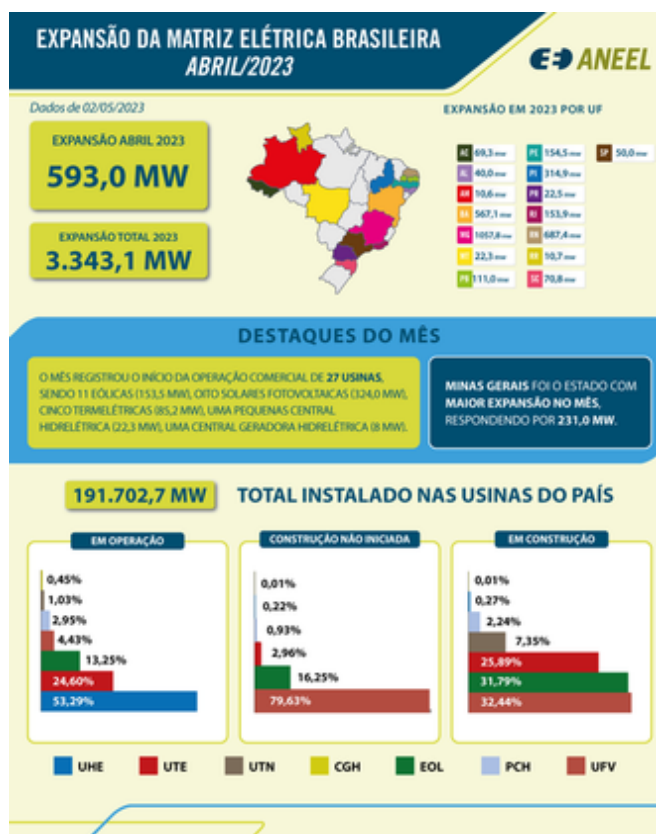
Segundo a ANEEL, no Brasil ocorreu um aumento de 3,3 gigawatts (GW) da matriz elétrica (figura 2) brasileira até abril de 2023 de energia solar e eólica, deste valor total 49,15% vieram de usinas eólicas, responsáveis por 1,6 GW, e 37,19%,



fotovoltaicas, contribuindo com 1,2 GW (ANEEL, 2023), com esses números podemos observar que o Brasil nesta área de energia solar e eólica tem um grande potencial tanto no futuro como na atualidade.

Em abril de 2023 houve uma expansão de 593,00 MW, destacando-se que neste mês foi iniciada a operação de 27 usinas como podemos ver na figura abaixo.

**Figura 2: Expansão da Matriz Elétrica Brasileira**



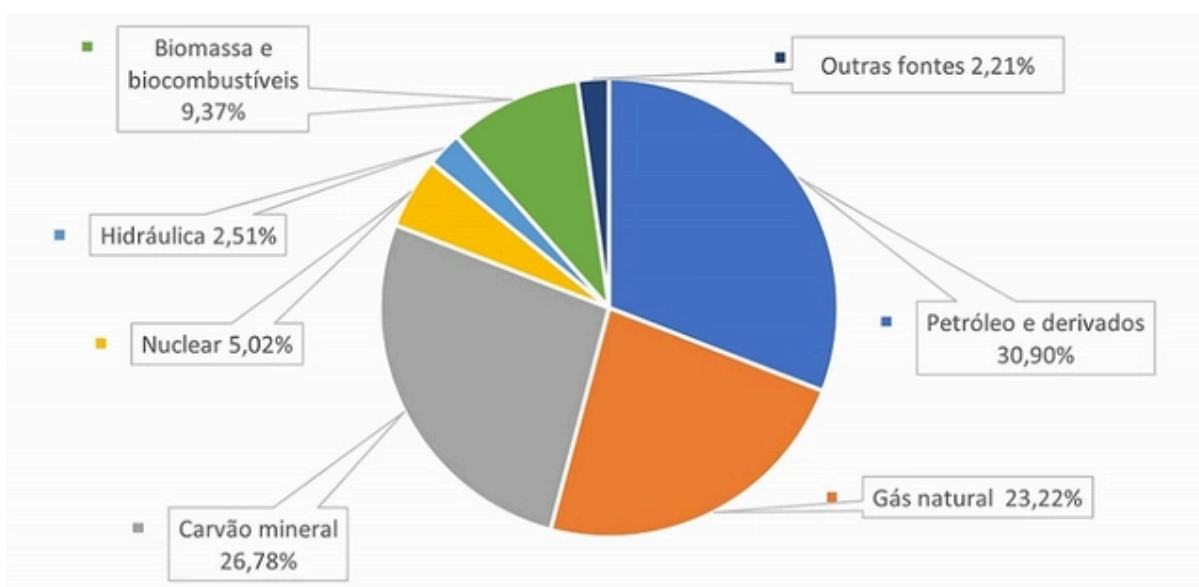
Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2023)

No mundo a energia elétrica pode ser obtida por dois tipos de fonte renováveis e as não renováveis, as não renováveis são aquelas que tem um grande impacto ambiental e que são poluentes na sua maioria, são fontes de energia limitada que se esgotam na medida que são utilizadas um exemplo é o petróleo, as energias renováveis são fontes inesgotáveis dentro do nível de utilização humana, de forma que podem ser exploradas continuamente, já que se renovam sempre, sendo exemplificadas pelas energias solar, hidrelétrica, eólica e o etanol (Villalva, 2018).

Mundialmente, as fontes de energia ainda predominam as não renováveis, passando dos 70% os combustíveis fósseis, essa porcentagem se dá apenas de três fontes sendo elas o petróleo e seus derivados, o carvão mineral e o gás natural (*International Energy Agency - IEA, 2021*), essa mesma organização traz também os dados das energias renováveis no mundo que somados passam dos 10%, é muito pouco para o âmbito mundial, atualmente ainda é um grande desafio no mundo a troca das energias não renováveis para energia renovável, assim as fontes de energia renováveis como eólica e solar são pouco utilizadas comparada com as outras formas de energia.

A seguir a imagem da representação da matriz energética mundial mostrando suas principais energias utilizadas.

**Figura 3: Matriz energética mundial**

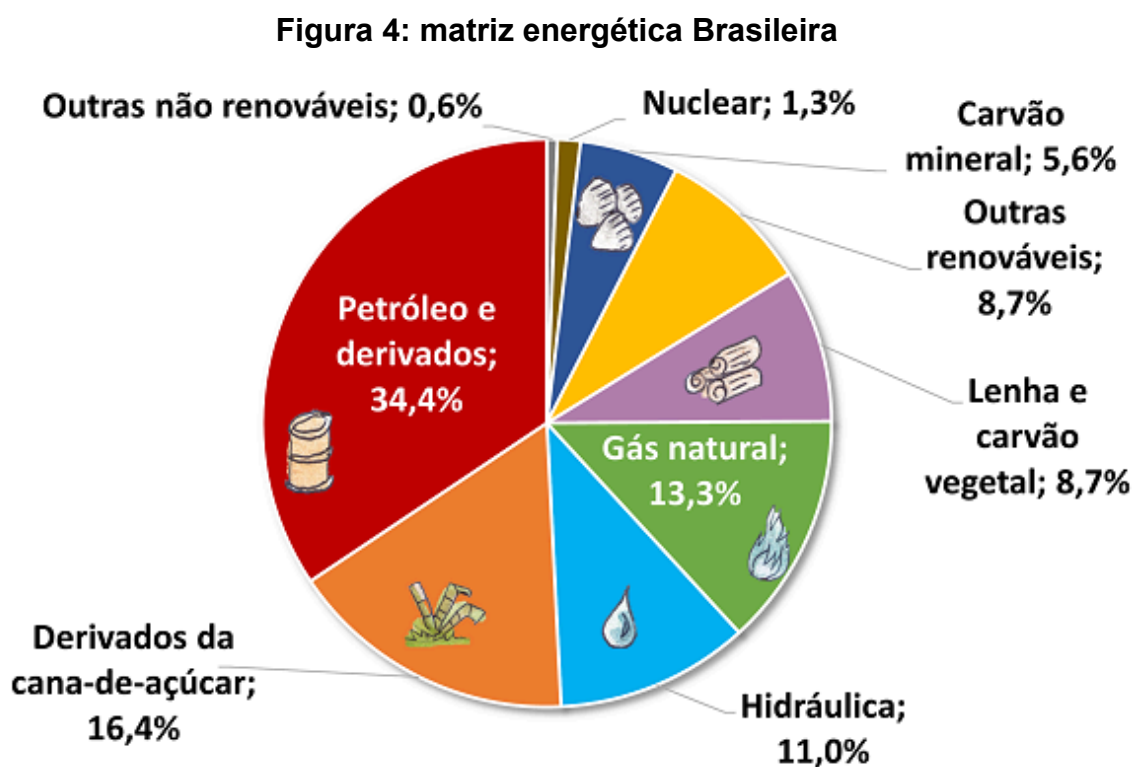


Fonte: Agência Internacional de Energia (International Energy Agency - IEA,2021)

Devido a grande quantidade de emissões de gases efeito estufa vindo de combustíveis fósseis que contribui significativamente para o aquecimento global, o grande desafio é tornar o planeta mais sustentável, porém isso ainda está bem longe de acontecer (Godinho et al., 2022).

No Brasil a matriz energética é bem diferente da matriz mundial, sendo mais de 48,3% de energias renováveis, sendo sua grande parte em fontes de derivados da cana de açúcar e as hidrelétricas (Ben, 2022).

Na figura 4 contém as principais energias utilizadas no Brasil com foco no petróleo e derivados como maior porcentagem.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2021.

O Brasil tem um grande potencial energético renovável, principalmente devido ao seu clima que é propício para a radiação solar, devido a proximidade com a linha do equador e também para a energia eólica sua extensão geográfica que ajuda nesse quesito.

Segundo Stefanello; Marangoni; Zeferino (2018) o país tem inúmeros recursos ambientais que possibilitam a diversificação e a consolidação de um setor energético estratégico, mas as demandas de um país em desenvolvimento são maiores que os recursos financeiros.

### 3.2 Energia Solar uma fonte de energia renovável

De acordo com Villalva e Gazoli (2012) o Sol é fonte primordial de energia que sustenta a vida e impulsiona os processos dinâmicos em nosso planeta.

Atualmente, a Terra recebe uma magnitude exorbitante de energia solar, manifestada em formas diversas, como luz e calor, essa irradiação solar supera, em larga medida, as demandas energéticas globais no entanto, mesmo diante dessa profusão energética, apenas uma fração relativamente modesta é eficientemente capturada e utilizada.

Acredita-se que o sol ainda tenha mais 5 bilhões de anos de vida, então ainda teremos muito o que explorar da sua energia, a sua composição é de 90% hidrogênio e 10% hélio (Kepler; Saraiva, 2014).

A sua grande vantagem é que o sol é fundamental para o equilíbrio das energias do planeta Terra, como para o meio ambiente e nem tem grandes impactos negativos comparado com as outras energias não renováveis (CRESESB, 2006).

Segundo Villalva; Gazoli (2012), toda energia proveniente do sol que é incidida na superfície do globo terrestre pode ser definida como Radiação Solar Global, e é com essa radiação que começa a energia solar.

A energia solar no Brasil tem um grande potencial devido a proximidade com a linha do equador que passa pelo país, devido isso o Brasil é um país privilegiado para a captação da energia solar, contando com alta incidência solar em boa parte do ano (Villalva, 2015).

De acordo com Atlas Brasileiro de Energia Solar(2019), o Brasil recebe durante todo o ano, mais de 3.000 horas de brilho de sol, o que corresponde a uma incidência solar diária de 4.500 a 6.300 Wh/m<sup>2</sup>.

No Brasil devido a essa grande incidência solar até no inverno podemos estar captando e produzindo a própria energia elétrica por meio da radiação solar.

Outra grande vantagem do país é que é vasto em silício a matéria prima das placas fotovoltaicas sendo possível a fabricação em território nacional, barateando os custos e tornando mais acessível, como a fábrica da multinacional Canadian Solar na cidade de Sorocaba(SP) (Foladori, 2001).

Segundo a Absolar, o Brasil deverá acrescentar mais de 10 GW de geração solar fotovoltaica em 2023 e atingir a capacidade instalada acumulada de 34 GW na fonte.

O uso da energia solar na produção de energia elétrica não para de crescer no Brasil, devido a esse potencial enorme no Brasil, várias empresas e pessoas físicas buscam cada vez mais a energia solar.

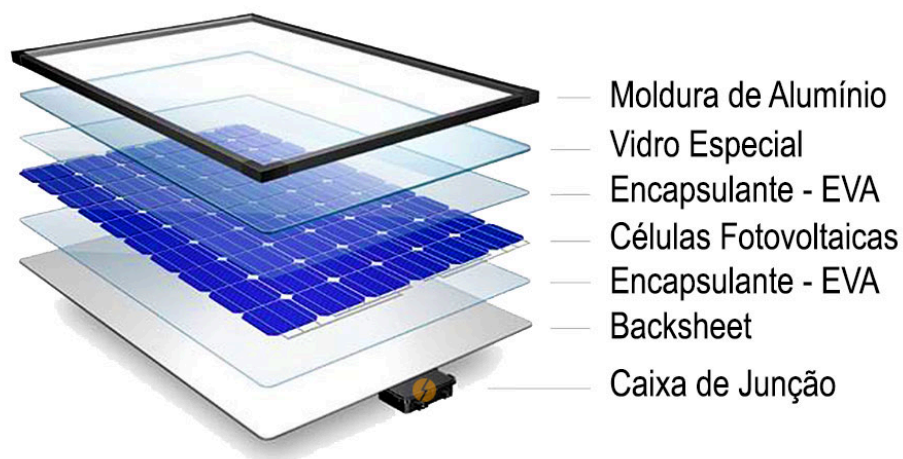
### 3.3.1 Placas Fotovoltaicas e suas aplicações

Os painéis solares são formados por grupos de células fotovoltaicas, interligadas entre si funcionando como o meio para a condutividade de elétrons, essas células pode ser de silício monocristalino, policristalino ou amorfo, ou outros materiais semicondutores de camada fina (PEREIRA; MENDES, 2018).

As células de silício monocristalino são obtidas a partir de um único cristal de silício puro e alcançam a máxima eficiência, entre 18 e 20% em média. As células de silício policristalino são elaboradas em bloco a partir de vários cristais, sendo portanto, mais baratas e têm uma eficiência média que se situa entre 16 e 17,5%. Finalmente, as células de silício amorfo têm uma rede cristalina desordenada, o que implica um pior desempenho (eficiência média entre 8 e 9%), assim como um preço inferior (Iberdrola, 2022).

Na figura 5 é possível observar a estrutura dos módulos e cada componente que a compõem.

**Figura 5: Estrutura de uma placa fotovoltaica**



Fonte: portal solar (2022).

### 3.3.2 Construção do módulo e seus componentes

As células fotovoltaicas são feitas a partir de uma parte de cristal de silício ultra puro e precisam ser manuseados com bastante cuidado pois é muito frágil e tem muitos trincamento, as placas são projetadas para proteger essas células e assim ter um eficiência e um durabilidade do material para que seja mais viável economicamente (Câmara, 2011; Freitas, 2008).

A célula fotovoltaica é responsável por essa transformação de energia, através de uma reação físico-química que transforma a luz do sol em energia elétrica, ela representa 60% do custo de uma placa solar, são muito finas com aproximadamente 185 microns de espessura (menos de 2 mm) (Freitas, 2008).

Outro componente importante da placa solar é o vidro fotovoltaico, este vidro é diferente dos vidros convencionais pois é feito especialmente para as placas solares, é um vidro especial ultra puro com baixo teor de ferro na sua composição, fabricado especialmente para refletir menos e passar a maior quantidade de luz solar, trata-se de um vidro temperado especial de 3.2mm ou 4mm revestido com uma substância antirreflexiva, esse vidro é responsável por 10% dos custos da placa solar (Portal solar, 2022).

Existem diversos componentes na placa solar como foi visto na figura 4, como o filme encapsulante para o painel solar mais conhecido como EVA o acetato-vinilo de etileno, ele foi fabricado para fazer a proteção da placa contra o envelhecimento devido aos raios ultravioletas, as altas temperaturas e a umidade, fazendo com que tenha a maior quantidade de luz solar na placa (Villalva, 2012).

Outro componente é a caixa de junção da placa solar que é muito importante para a placa pois garante a segurança e o bom funcionamento da placa (portal solar, 2021).

As principais etapas do processo de fabricação das placas fotovoltaicas são: passo 1 - Limpeza do Vidro, passo 2 - Interconexão das Células fotovoltaicas, passo 3 – Sistema de Montagem da Matriz de Células (Layup), passo 4 – Interconexão Manual, passo 5 - Posicionamento do EVA e Backsheet, passo 6 – Laminação do Painel Solar, passo 7– Corte da Rebarba, passo 8 – Caixa de Junção, Passo 9 – Molduras de Alumínio, passo 10 – Teste e Inspeção, passo 11 – Separação e empacotamento dos Painéis Solares

As placas solares podem ser instaladas tanto em casas como também em grandes empresas trazendo menos impacto ambiental para o planeta, os outros benefícios são também a geração de empregos voltado para o setor. (Almeida, 2012).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (2021) estudos apontam para uma média de estabelecimento de 30 empregos (diretos e indiretos) por MW instalado, em todo o ciclo de vida de usinas fotovoltaicas (ABINEE, 2021).

Essas oportunidades faz com que o Brasil cresça economicamente aumentando também a sua matriz energética e investimentos internos.

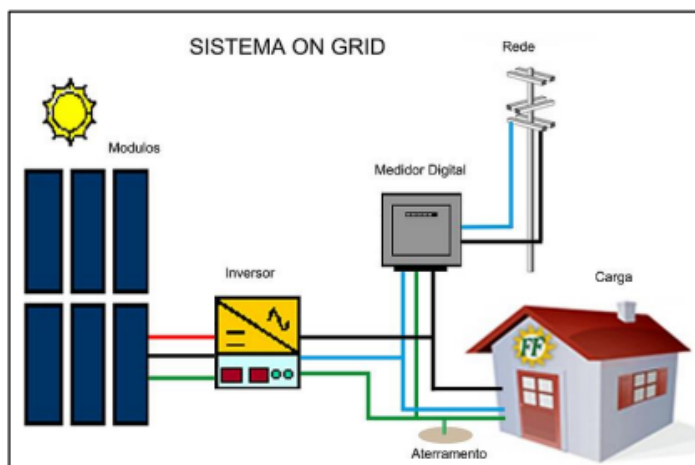
A eletricidade gerada por esses painéis pode ser usada diretamente em alguns equipamentos como também ligada na rede elétrica, contribuindo na redução dos custos econômicos nas residências (ABSOLAR, 2019).

Segundo Rosa (2018), a energia solar residencial ou comercial pode ser conectada a rede de distribuição convencional (*On-Grid*) ou instalado de forma autônoma (*Off-Grid*).

Segundo Ryan (2010), o sistema *on-grid*, é um tipo de sistema de energia solar fotovoltaica que está conectado à rede elétrica convencional. Isso significa que a energia solar gerada pelo sistema é utilizada para suprir as necessidades elétricas do local onde está instalada, e o excedente de energia pode ser enviado de volta para a rede elétrica, sendo esta convertida em créditos de energia para a mesma residência conforme a Lei 14.300/2022.

Tais créditos são reservados por três anos e caso o proprietário da residência não os utilize no período determinado, ficam para a concessionária de energia elétrica. podemos observar na imagem abaixo um sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede, destacando sua funcionalidade de não apenas atender à demanda elétrica local, mas também de injetar o excedente na rede em troca de créditos energéticos.

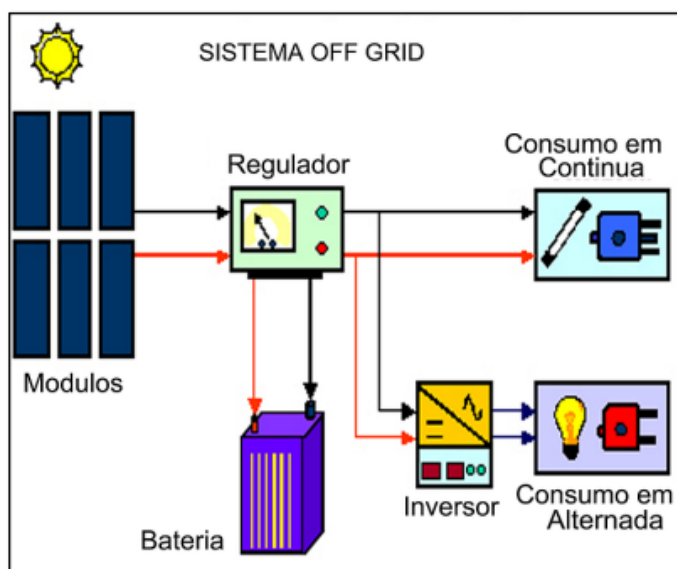
**Figura 6: sistema On-Grid**



Fonte: Portal do Sol, 2015.

O sistema *Off-Grid* demonstrado na figura 7, é um sistema autônomo, onde o proprietário deve ter baterias para armazenar a energia captada pelas placas fotovoltaicas, este sistema se torna mais caro do que o sistema anterior devido a o custo destas baterias que também tem uma vida útil em média de dois anos, assim tendo que ser substituídos, necessitando assim de um maior investimento, este sistema é demonstrado na figura 7 a seguir cada componente deste sistema.

**Figura 7: Sistema Off-Grid**



Fonte: Portal do Sol, 2015.

A diferença fundamental entre a corrente elétrica contínua (CC) e a corrente alternada (CA) reside no padrão de movimento dos elétrons dentro de um circuito.



Na corrente contínua, os elétrons fluem de maneira unidirecional, seguindo um caminho constante ao longo do condutor. Esse fluxo unidirecional é característico de fontes de energia, como baterias (Portal solar, 2022).

## 5.4 Tipos de inversores

Um inversor fotovoltaico é um dispositivo eletrônico utilizado em sistemas de energia solar fotovoltaica para converter a corrente contínua (DC) gerado pelos painéis solares em corrente alternada (AC), que é uma forma de eletricidade utilizada na maioria das residências e redes elétricas. Essa conversão é necessária porque os painéis solares geralmente geram eletricidade em corrente contínua, enquanto a maioria dos aparelhos e sistemas elétricos utilizam corrente alternada (Pinho; Galdino, 2014, p, 34).

A seguir os principais inversores mais utilizados em sistemas conectados à rede, os mais conhecidos e utilizados são os micro inversores, os inversores string e os inversores centrais.

MPPT significa: *Maximum Power Point Tracking* é um sistema eletrônico lógico, cuja função é rastrear o ponto de maior potência do arranjo fotovoltaico no qual está ligado e de forma constante, com isso, o equipamento pode obter um aproveitamento melhor da geração solar que incide nas placas fotovoltaicas, sendo assim, se o sistema tiver arranjos com angulações ou quantidades diferentes, é preciso usar inversores com múltiplos MPPTs (Grundemann, 2017).

Micro inversores: destacam-se principalmente pelo seu tamanho compacto e pelo controle direto através de suas entradas MPPTs. Cada painel solar é conectado individualmente, resultando em uma otimização eficiente na geração de energia. No entanto, seu principal inconveniente reside no custo elevado e na capacidade limitada de entrada de painéis, geralmente limitada a uma média de 4 painéis por inversor micro. Apesar disso, os custos associados aos cabos CC são significativamente reduzidos em comparação com os inversores de string. Essa solução é mostrada especialmente vantajosa para sistemas de menor porte (Canal solar, 2022).

Inversores de String: Disponíveis em configurações monofásicas ou trifásicas, estes inversores são capazes de suportar strings de módulos em cada entrada MPPT, tornando-os uma escolha viável para sistemas de menor porte. No entanto,

ao contrário dos micro inversores, eles não conseguiram o mesmo nível de controle sobre a energia gerada, uma vez que cada MPPT gerencia uma sequência específica de módulos. Apesar disso, os custos associados aos cabos CC são mais acessíveis se comparados aos inversores centrais (Canal solar, 2022).

**Inversores Centrais:** Indicados para instalações em larga escala, com capacidade a partir de 1 MW CA, estes inversores são configurados em modo trifásico. Ao empregar um inversor central, o sistema geralmente apresenta menores perdas CC e perdas nos cabos CA. No entanto, esses inversores possuem menos MPPTs em comparação com a utilização de vários inversores de string para atingir a mesma potência, o que pode complicar o rastreamento e a análise individual dos painéis solares.

Em sistemas de energia solar, os micro inversores se destacam para otimizar a geração de energia em sistemas menores, apesar do custo mais elevado. Os inversores de string são versáteis, adequados para sistemas menores, mas carecem de controle preciso sobre a geração de energia. Já os inversores centrais são ideais para plantas maiores, minimizando perdas CC e de cabos CA, embora apresentem desafios no rastreamento preciso dos painéis. A escolha entre esses tipos de inversores depende das necessidades específicas de cada projeto solar (BEZERRA, 2010).

#### 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com todos os dados começamos os cálculos, o primeiro foi a quantidade de placas necessárias para suprir a demanda energética do prédio.

Consumo médio mensal de energia: 18.123,59 kwh

A companhia elétrica (COSERN) cobra independente da sua utilização uma tarifa mínima que depende de sua ligação, como iremos usar trifásico temos a tarifa de 100 kWh; Quantidade de Energia elétrica mínima que o cliente é obrigado a pagar conforme o tipo de ligação:

Cálculo  $18.123,59 - 100 = 18.023,59$  kwh

Energia gerada = 18.023,59 kwh/mês

Devemos calcular Energia gerada diariamente, portanto temos que:

Energia gerada diariamente =  $\frac{18.073,59 \text{ kWh}}{30 \text{ dias}} = 600,786$  kWh/dia

Agora devemos dividir a energia que terá que ser gerada por dia pelo número tirado da incidência solar da localidade este número será tirado do site: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&> e depois multiplicamos pela a porcentagem de perdas devido a interferências externas.

$$\text{Potência total} = \frac{600,786}{5,67 \times 0,8266} = 128,187 \text{ kwp}$$

5,67 (número obtido (pelo site da CRESESB) da incidência solar da localidade).

0,8266 (percentual de todas as variáveis de perda devido a interferências externas).

$$\text{Potência total} = 128,187 \text{ kwp}$$

As placas usadas possuem uma potência de 575w com isso :

$$\text{quantidade de módulos} = \frac{128.187 \text{ w}}{575 \text{ w}} = 0,222932556 \times 1000 = 222,932556$$

arredondamos para 223 módulos fotovoltaicos de 575 w.

Definido os números de módulos necessários para o prédio, o próximo passo foi a mensuração da área da cobertura do prédio.

Assim foi feito a análise do espaço da cobertura do edifício para a colocação das placas como podemos ver na figura abaixo a imagem do teto do campus avançado de Natal.

**Figura 8: Teto do prédio lado A**

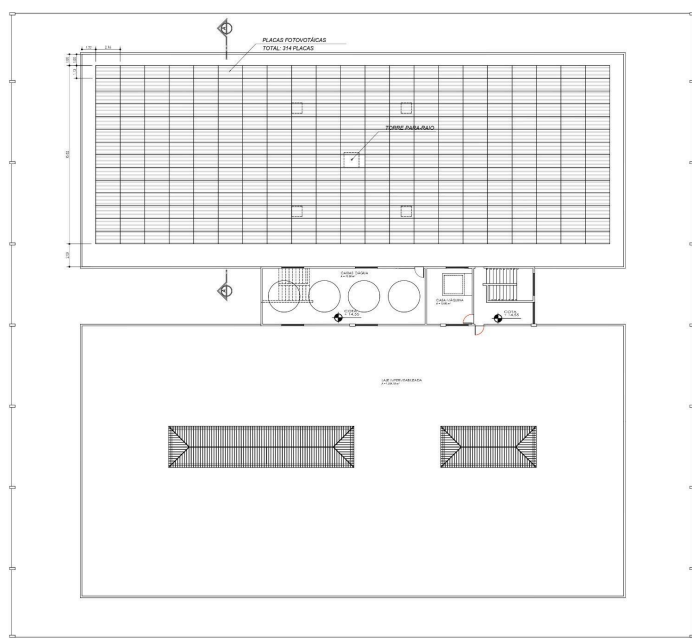


Fonte: autores (2023).

**Figura 9: Teto do prédio lado B**

Fonte: autor (2023).

Com a planta baixa do teto do prédio foi realizada a simulação das placas no teto, a simulação com as medidas das placas e o número necessário delas, essa simulação foi feita pela engenheira da universidade.

**Figura 10: Planta baixa da cobertura do prédio com os módulos fotovoltaicos**

Fonte: uern (2023)

Foram colocadas nesta simulação 314 placas para ter uma maior eficiência, todas as placas ficaram em um só lado do prédio que foi o lado B, a área B, além de apresentar maior espaço possui menor risco de sombreamento sobre os os módulos, este lado contém uma área de  $901,46m^2$

Para comparar o dimensionamento feito foi realizado a solicitação a empresa Lmultiserviços mais energia renovável que trabalha na instalação de módulos fotovoltaicos a utilização de seu *software* para obter o projeto e instalação do sistema fotovoltaico, os cálculos foram com os seguintes dados:

Consumo médio mensal de energia do prédio:	25.000,00 kWh/mês
Consumo médio anual de energia:	300.000,00 kWh/ano
Geração média mensal estimada:	21.655,49 kWh/mês
Geração média anual estimada:	259.865,92 kWh/ano

#### Informações do sistema proposto:

Potência do sistema:	169,63 kwp
Área mínima requerida:	$944,33 m^2$
Vida útil do sistema:	25 a 35 anos

## Lista de Equipamentos

### Módulo Fotovoltaico

<b>Fabricante:</b>	HANERSUN (HN18-72H)
<b>Potência:</b>	575 Wp
<b>Garantia (defeitos):</b>	12 Anos
<b>Garantia (eficiência):</b>	25 Anos
<b>Quantidade:</b>	295

### Inversor

<b>Fabricante:</b>	GW75-MT Goodwe
<b>Potência:</b>	75.000 W
<b>Garantia (defeitos):</b>	10 Anos
<b>Monitoramento:</b>	Wi-Fi
<b>Quantidade:</b>	2

Nesta projeção do sistema foi utilizado a quantidade de 295 módulos devido a energia gerada estimada ser de 21.655,49 kwh/mês.

Análise financeira neste tópico podemos comparar e ver os custos estimados do projeto e da instalação.

Valor médio mensal de energia após instalação:	3.243,46 R\$/mês
Custo estimado do primeiro ano SEM sistema instalado:	228.000,00R\$/ano
Custo estimado do primeiro ano COM sistema instalado:	38.921,55R\$/ano
Economia média mensal estimada no primeiro ano:	15.756,54R\$/mês
Economia total estimada no primeiro ano:	189.078,45 R\$/ano

O valor total do sistema foi de R\$ 440.939,35, o valor total do sistema inclui os serviços prestados calculado com um reajuste anual de energia de 10%, o tempo de retorno do investimento foi de 2 anos e 2 meses, o retorno de investimento foi de 36,93 vezes, a taxa interna de retorno é 50,89%, o valor que é cobrado do sistema fotovoltaico é 0,08 R\$/Kwh, a economia total em 25 anos é de R\$16.285.914,00.

Realizados os cálculos do retorno do investimento a fim de poder comparar com o calculado pela empresa segue a Tabela 1, foi utilizada a ferramenta do Excel que utiliza a função vp que significa valor presente, conseqüentemente, foi gerado a tabela a seguir, que contém todos os dados essenciais para realizar a análise de viabilidade financeira referente ao estudo.

**Tabela 1: Resultado dos cálculos referente às variáveis valor presente, perda de geração de eletricidade, fluxo de caixa e energia gerada.**

Período (Ano)	Valor Presente (R\$)	Valor presente acumulado (R\$)	Tarifa (kwh)	Reajust e da tarifa (%)	Perda acumulada do sistema (%)	Perda de geração anual (kwh)	Geração média anual (kwh)	Consumo média anual (kwh)	Fluxo de caixa (R\$)	DIFERENÇA entre Consumo e Gerado kwh/ano	Consumo média anual (R\$)	Diferença R\$
	-440.939,3											
0	5	-440.939,35	0,7600	-	-	-	259.865,92	300.000,00	-440.939,35	40.134,08	228.000,00	30.501,90
1	196.115,61	-244.823,74	0,8360	10%	0,7%	1.819,06	258.046,86	300.000,00	215.727,17	41.953,14	250.800,00	35.072,83
2	194.733,13	-50.090,61	0,9196	10%	1,4%	3.638,12	256.227,80	300.000,00	235.627,08	43.772,20	275.880,00	40.252,92
3	193.350,64	143.260,03	1,0116	10%	2,1%	5.457,18	254.408,74	300.000,00	257.349,70	45.591,26	303.468,00	46.118,30
4	191.968,15	335.228,18	1,1127	10%	2,8%	7.276,25	252.589,67	300.000,00	281.060,57	47.410,33	333.814,80	52.754,23
5	190.585,67	525.813,85	1,2240	10%	3,5%	9.095,31	250.770,61	300.000,00	306.940,12	49.229,39	367.196,28	60.256,16
6	189.203,18	715.017,02	1,3464	10%	4,2%	10.914,37	248.951,55	300.000,00	335.184,97	51.048,45	403.915,91	68.730,93
7	187.820,69	902.837,72	1,4810	10%	4,9%	12.733,43	247.132,49	300.000,00	366.009,39	52.867,51	444.307,50	78.298,10
8	186.438,21	1.089.275,92	1,6291	10%	5,6%	14.552,49	245.313,43	300.000,00	399.646,85	54.686,57	488.738,25	89.091,40
9	185.055,72	1.274.331,64	1,7920	10%	6,3%	16.371,55	243.494,37	300.000,00	436.351,71	56.505,63	537.612,07	101.260,37
10	183.673,23	1.458.004,87	1,9712	10%	7,0%	18.190,61	241.675,31	300.000,00	476.401,06	58.324,69	591.373,28	114.972,22
11	182.290,75	1.640.295,62	2,1684	10%	7,7%	20.009,68	239.856,24	300.000,00	520.096,77	60.143,76	650.510,61	130.413,84
12	180.908,26	1.821.203,88	2,3852	10%	8,4%	21.828,74	238.037,18	300.000,00	567.767,61	61.962,82	715.561,67	147.794,06
13	179.525,77	2.000.729,65	2,6237	10%	9,1%	23.647,80	236.218,12	300.000,00	619.771,66	63.781,88	787.117,84	167.346,18
14	178.143,29	2.178.872,94	2,8861	10%	9,8%	25.466,86	234.399,06	300.000,00	676.498,83	65.600,94	865.829,62	189.330,79
15	176.760,80	2.355.633,73	3,1747	10%	10,5%	27.285,92	232.580,00	300.000,00	738.373,72	67.420,00	952.412,58	214.038,86
16	175.378,31	2.531.012,05	3,4922	10%	11,2%	29.104,98	230.760,94	300.000,00	805.858,61	69.239,06	1.047.653,84	241.795,23
17	173.995,83	2.705.007,87	3,8414	10%	11,9%	30.924,04	228.941,88	300.000,00	879.456,73	71.058,12	1.152.419,22	272.962,50
18	172.613,34	2.877.621,21	4,2255	10%	12,6%	32.743,11	227.122,81	300.000,00	959.715,89	72.877,19	1.267.661,15	307.945,26
19	171.230,85	3.048.852,06	4,6481	10%	13,3%	34.562,17	225.303,75	300.000,00	1.047.232,32	74.696,25	1.394.427,26	347.194,95
20	169.848,37	3.218.700,43	5,1129	10%	14,0%	36.381,23	223.484,69	300.000,00	1.142.654,87	76.515,31	1.533.869,99	391.215,12
21	168.465,88	3.387.166,31	5,6242	10%	14,7%	38.200,29	221.665,63	300.000,00	1.246.689,61	78.334,37	1.687.256,99	440.567,38

22	167.083,39	3.554.249,70	6,1866	10%	15,4%	40.019,35	219.846,57	300.000,00	1.360.104,75	80.153,43	1.855.982,69	495.877,94
23	165.700,91	3.719.950,60	6,8053	10%	16,1%	41.838,41	218.027,51	300.000,00	1.483.736,02	81.972,49	2.041.580,95	557.844,94
24	164.318,42	3.884.269,02	7,4858	10%	16,8%	43.657,47	216.208,45	300.000,00	1.618.492,50	83.791,55	2.245.739,05	627.246,55
25	162.935,93	4.047.204,95	8,2344	10%	17,5%	45.476,54	214.389,38	300.000,00	1.765.362,91	85.610,62	2.470.312,96	704.950,05

Fonte: Autor (2024).

Valor presente: foi adquirido por meio da função que está disponível no Excel 2010;

Perda de geração de energia anual: é o produto da perda acumulado dos sistema pela capacidade de geração do sistema (coluna geração média anual);

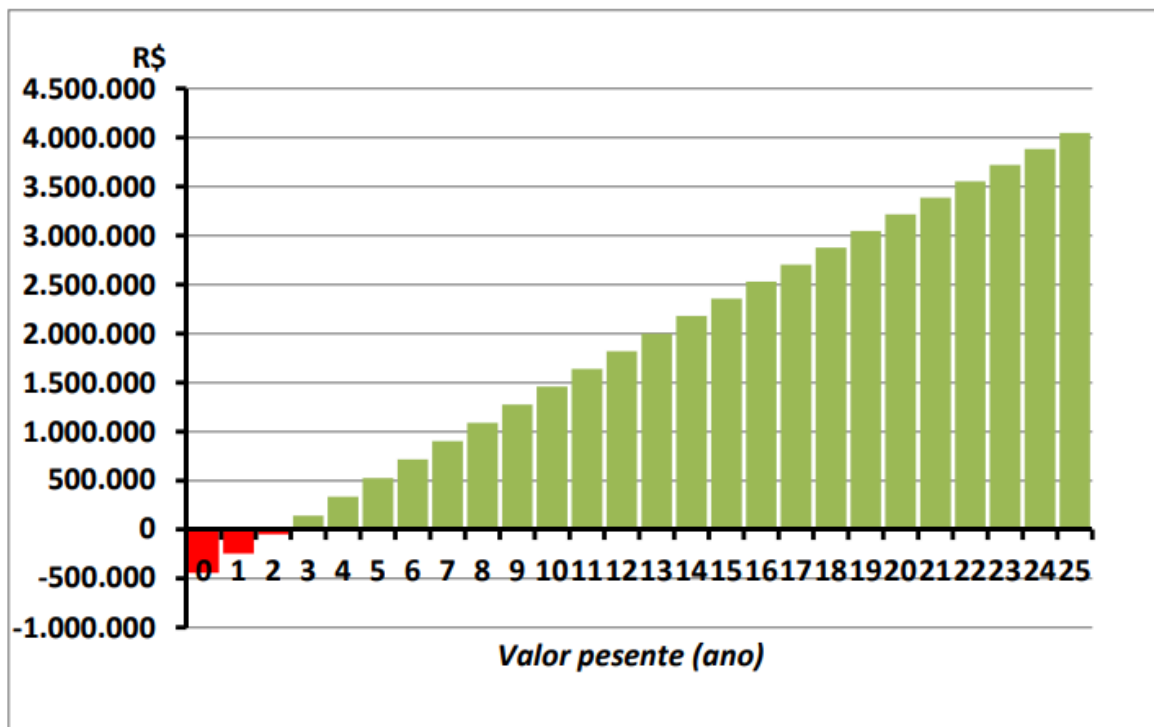
Fluxo de caixa: é o que a universidade deixa de pagar a concessionária (Cosern), em virtude da instalação do sistema fotovoltaico, quando positivo é a entrada, e quando o valor é negativo o que foi retirado para instalação, ele corresponde ao produto entre a taxa anual da energia elétrica da concessionária pela geração do sistema fotovoltaico.

Diferença entre Consumo e Gerado corresponde a: é o que a universidade precisa anualmente e o quanto que o sistema vai gerar.

Na próxima figura mostra a projeção do valor presente onde o eixo y é a quantidade em reais do sistema e o eixo x o tempo de retorno desses investimentos em anos, a cor vermelha é a saída, isto é, o que a universidade deixou de pagar a concessionária.



**Figura 11- Gráfico do valor presente**



Fonte: Autor (2024).

Neste sistema realizado pelos autores do trabalho podemos observar que o tempo de retorno foi de 3 anos e 3 meses levando em considerações mais variáveis de perda.

### **Discussão**

Os resultados da avaliação da implementação do sistema fotovoltaico indicam que é benéfico na questão do retorno financeiro tendo em vista que este retorno tem tempo menor no dimensionamento feito pela a empresa privada podemos observar que o tempo de retorno foi de 2 anos e 2 meses, tempo esse menor do que foi calculado pelo autor deste trabalho que foi de 3 anos e 3 meses (figura 11), o qual pode ser considerado um resultado aceitável, visto que foi incluso no cálculo a perda anual da geração do sistema fotovoltaico que corresponde anualmente a 0,7%

Outra diferença do sistema foi que no primeiro a economia total nos 25 anos foi de R\$16.285.914,00 e no segundo sistema foi de R\$18.000.000,00 o valor total do sistema foi de R\$ 440.939,35 sendo que o valor somente dos materiais utilizados foi de R\$229.321,55, o custo destes materiais é baixo comparado ao retorno que terá ao longo do tempo

Enfim podemos observar que nos dois cálculos a implementação do sistema fotovoltaico foi economicamente positiva.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Enfim como vimos no trabalho a energia solar é muito importante mundialmente e não para de crescer e é uma fonte de energia alternativa para o futuro, neste trabalho o nosso objetivo foi analisar a viabilidade econômica da implementação de um sistema fotovoltaico no prédio do Campus Avançado de Natal para a redução dos custos com a energia elétrica.

Assim, para elucidar as considerações finais deste trabalho, resgatou-se o problema de pesquisa que é o alto custo energético da universidade e chegamos à conclusão que os resultados obtidos com a implementação haverá uma redução dos custos a partir de 2 anos e 2 meses já terá um retorno financeiro positivo, considerando a perda de anual de geração de energia elétrica o retorno será de 3 anos e 3 meses.

A hipótese de pesquisa era que a implementação da energia solar não consiga suprir totalmente a demanda energética da universidade, porém possa diminuir significativamente o seu custo, entretanto o sistema fotovoltaico consegue sim suprir todo o consumo de energia elétrica do prédio, como também dispõe de espaço para ampliar o sistema fotovoltaico.

O objetivo geral foi alcançado o qual correspondeu a análise desta implementação de sistema fotovoltaico no prédio de forma positiva, bem como os objetivos específicos.

Para os objetivos específicos foram obtidos os seguintes resultados: o exame do consumo mensal da universidade, o cálculo do número de módulos fotovoltaicos

necessárias para suprir a demanda elétrica do prédio, foi identificado que o espaço da cobertura do prédio é suficiente para todos os módulos.

Para um maior aproveitamento dos resultados futuramente esta pesquisa poderá ser feita levando em consideração outros fatores como a colocação na cobertura do prédio de um suporte para essas placas a fim de ficar acima dos condensadores dos ar condicionado do prédio, fazendo um orçamento deste valor.

Conclui-se que esta pesquisa trouxe resultados benéficos para um futuro que busca a transição energética para fontes de energia com menor impacto ao meio ambiente.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. Brasil. In: Brasil. [S. l.], 7 abr. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/brazil>. Acesso em: 29 julho 2023.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Relatório Aneel 2013. **Acesso 2023.**

ALVES, Jose Jacson Amâncio. **Análise regional da energia eólica no Brasil.** REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Taubaté v.6, n.1, p.165-188 jan./abr. 2010.

Almeida, M. P., Zilles, R., 2012.**Cálculo de parâmetros de desempenho para sistemas fotovoltaicos conectados à rede**,Revista Brasileira de Energia Solar, vol. 3,n.1,pp. 70-77.

BEZERA, Luiz Daniel S. **Conversor cc-ca para aplicação em sistemas autônomos de energia elétrica.** 2010. Trabalho de pós-graduação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará.

Barbosa Filho, W. P., Ferreira, W. R., Azevedo, A. C. S. de, Costa, A. L., & Pinheiro, R. B. (2015). **EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: IMPACTOS AMBIENTAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS.** *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 4, 628–642. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v4e02015628-642>

CÂMARA, Carlos Fernando. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** 2011. 68 f. Monografia (Especialização) - Curso de Formas Alternativas de Energia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CARSTENS, D. D. S.; CUNHA, S. K. **Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil.** Energy Policy. 125, 396-404, 2019.

DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L.V.**Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia.** Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD, v. 34, n. 124, p. 25-243, 2013.

Foladori, G. (2001). **Limites para o desenvolvimento**. Unicamp

FREITAS, Susana Sofia Alves. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. 2008. 24 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Engenharia Eletrotécnica, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2008.

Farias, L. M., & Sellitto, M. A. (2013). **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. *Revista Liberato*, 12(17), 07–16. Recuperado de <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/164>

GODINHO, E. Z.; EDITH, M.; MONTAÑO, A.; FERNANDO, L.; ZUIN, S.: Panorama of photovoltaic energy in poultry in Paraná. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, e07111133293, 2022.

GRUNDEMANN, W. T. **MPPT Perturba e Observa Aplicado ao Conversor Boost**. Universidade Federal do Pampa, Trabalho de Conclusão do Curso, Alegrete, 2017.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

JARDIM, ANTÔNIO. **Contributo para a divulgação das energias convencionais, renováveis e alternativas**. Porto - Portugal, Editora: Publindústria, Edições Técnicas, 2012. 131p.

JARDIM, Carolina da Silva. **A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno**. 2007. 066 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007

KONZEN, G. **Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede no Brasil: uma simulação via modelo de Bass**. Tese de dissertação de mestrado. PPGE- USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

LOPES, RICARDO ALDABÓ. **Energia solar: para a produção de eletricidade**. São Paulo, Editora: Artliber, 2012. 229p.

Lorenzo, Helena Carvalho. **O setor elétrico brasileiro: passado e futuro. Perspectivas**: Revista de Ciências Sociais, v. 24/25, 2001/2002. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/108151>>.

MAYFIELD, Ryan. **Photovoltaic Design and Installation For Dummies** .Inglês For Dummies; 1ª edição (7 setembro 2010),

PEREIRA, Fabiana Luzia; MENDES, Marina Alves. **O uso de energia solar fotovoltaica como alternativa à redução da fatura de energia elétrica em blocos universitários**. Engenharia Civil-Tubarão, 2018.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

SILVA,heitor.**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**.Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. são Paulo, v.8.n.03. mar. 2022

Segundo da Silva, M., Rocha Lana, T., Silva Júnior, J. A., & G. Talarico, M. (2021). **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRAFICA**. *Revista Mythos*, 14(2), 51-61. <https://doi.org/10.36674/mythos.v14i2.467>

SILVA, J. A. **Energia Eólica no Brasil: Avanços e Desafios**. Princípios, v. 42, n. 167, p. 179 - 202, 28 ago. 2023.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R.**Energia solar fotovoltaica:conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012. 224p

