



Trabalho de Conclusão de Curso II – 2024/02

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE TEFÉ
LICENCIATURA EM FÍSICA

Análise da Viabilidade Econômica de Painéis Solares para Geração de Energia
Elétrica no Centro de Estudos Superiores de Tefé

TEFÉ - AM

2024



IVAN CARVALHO MOREIRA

Análise da Viabilidade Econômica de Painéis Solares para Geração de Energia
Elétrica no Centro de Estudos Superiores de Tefé

Este trabalho foi exigido como parte para obtenção de nota parcial na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Licenciatura em Física da Universidade do Estado do Amazonas - UEA.

Orientação: Simone Elizabeth Félix Frye

Coorientação: Gabriel de Lima e Silva



Trabalho de Conclusão de Curso II – 2024/02

TEFÉ - AM
2024



SUMÁRIO

RESUMO	5
1 INTRODUÇÃO.....	6
2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA	6
3 OBJETIVOS.....	7
3.1 OBJETIVO GERAL	7
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
5 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	10
6 RESULTADOS ALCANÇADOS.....	20
AGRADECIMENTOS	24
REFERÊNCIAS	24



RESUMO

Este estudo visa avaliar a viabilidade econômica da implantação de painéis solares para a geração de energia elétrica destinada para Centro de Estudos Superiores de Tefé-CEST. A análise detalhada incluiu a coleta de dados sobre o consumo energético, custos de eletricidade e infraestrutura disponível para a instalação dos painéis solares. A partir dessas informações, foram realizados cálculos para estimar o reajuste anual de energia, o tempo de retorno (*payback*), o retorno sobre investimento (ROI), a taxa interna de retorno (TIR) e o valor do kWh do sistema fotovoltaico. Os resultados indicaram que a utilização de painéis solares fotovoltaicos é economicamente viável. O reajuste anual de energia foi estimado levando em consideração o crescimento médio histórico das tarifas de eletricidade. O *payback* demonstrou que o investimento seria amortizado em um período razoável de tempo, e o ROI revelou os retornos financeiros obtidos em relação ao montante investido. Além disso, a TIR indicou a taxa de rentabilidade do projeto, e o valor do kWh do sistema fotovoltaico foi calculado com base na economia gerada ao longo da vida útil dos painéis solares. Diante dos resultados promissores, a implantação dos painéis solares é recomendada para as áreas comuns do centro educacional, possibilitando uma redução de custos com energia a longo prazo e reforçando o compromisso com a sustentabilidade ambiental. A análise da viabilidade econômica evidenciou uma opção atrativa e inspiradora para o Centro de Estudos Superiores de Tefé, representando um avanço em direção à autonomia energética e ao uso consciente de fontes renováveis, servindo como exemplo para outras instituições interessadas em práticas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Painéis solares; Viabilidade econômica; Sustentabilidade ambiental; Centro de Estudos Superiores de Tefé; Energia solar.



1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as empresas estão procurando maneiras de reduzir seus gastos operacionais, e a energia elétrica é um dos recursos mais importantes em qualquer tipo de instituição. O crescimento constante nos custos e tarifas das empresas de energia resulta em gastos mensais significativos, especialmente em áreas remotas do estado do Amazonas, onde a qualidade do serviço de energia é frequentemente insatisfatória. Essas tarifas incluem a tarifa de energia, a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), a Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST), encargos setoriais e impostos estaduais, como o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Nas áreas remotas, os altos custos e a falta de infraestrutura adequada tornam os gastos mensais um desafio para os moradores

No Centro de Estudos Superiores de Tefé, o uso constante de dispositivos como computadores, ar-condicionado, iluminação e outros consome bastante energia. Isso tem nos levados a considerar a instalação de painéis solares para gerar eletricidade. A energia é crucial para nosso desenvolvimento social e econômico, e é essencial preservar nossas fontes energéticas atuais para garantir que as próximas gerações também tenham acesso a esse recurso. Por isso, é importante promover o uso inteligente de tecnologias sustentáveis.

O Brasil possui uma vantagem significativa em relação à radiação solar, especialmente em regiões como o Nordeste, comparável a áreas desérticas como o Sudão. O país apresenta condições ideais para a captação de energia solar devido aos altos índices de radiação solar em extensas áreas. Devido à sua localização geográfica privilegiada, o Brasil recebe, em média, seis horas diárias de luz solar perpendicular, o que incentiva o aproveitamento dessa fonte energética como uma opção ambientalmente favorável. Já é possível observar a aplicação bem-sucedida de sistemas de energia solar em hotéis, edifícios comerciais, residências e programas habitacionais.

Nesse contexto, surge a pergunta: como tornar viável a instalação de painéis solares em uma unidade educacional da Universidade do Estado do Amazonas? Uma maneira eficaz de avaliar essa possibilidade de forma abrangente é realizar um estudo detalhado de viabilidade econômica, conforme proposto pelos objetivos deste projeto.

2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA

Em um momento em que as empresas estão sob grande pressão para reduzir custos, a energia elétrica se destaca como um dos principais desafios devido ao aumento contínuo dos



custos. O valor mensal dessa energia continua aumentando, enquanto a qualidade do serviço prestado frequentemente é insatisfatória, especialmente nas regiões remotas. Isso motiva a investigação sobre a viabilidade da implantação de painéis solares, que podem fornecer uma alternativa sustentável e economicamente viável para atender à demanda energética local.

No Centro de Estudos Superiores de Tefé, temos várias lâmpadas em áreas comuns, como corredores, entrada e área de convivência. Essas áreas dependem muito da iluminação elétrica tradicional. Diante dessa questão, estamos explorando a possibilidade de utilizar painéis solares exclusivamente para gerar energia para essas lâmpadas.

A energia é vital para o desenvolvimento econômico e social, e precisamos preservar nossas fontes de energia para garantir que as gerações futuras também possam usufruir desse recurso. Além disso, é crucial adotar tecnologias sustentáveis e usar eficientemente as tecnologias existentes.

Problema de Pesquisa:

Considerando as condições únicas do Brasil, especialmente no estado do Amazonas, onde temos condições ideais para captar energia solar, surge a pergunta: Por que não pensar em instalar painéis solares em uma unidade educacional da Universidade do Estado do Amazonas?

Contudo, para tomar essa decisão, precisamos estudar cuidadosamente a viabilidade econômica. Por isso, nossa pesquisa se concentra em responder a esta pergunta central: Será que é economicamente viável instalar painéis solares no Centro de Estudos Superiores de Tefé, apenas para alimentar as lâmpadas das áreas comuns? Queremos não apenas reduzir custos, mas também explorar uma alternativa sustentável para o desenvolvimento ecológico desta instituição. Os objetivos que definimos para este projeto foram pensados para nos dar respostas sólidas, ajudando-nos a tomar decisões informadas enquanto buscamos soluções de energia mais eficientes e amigáveis ao meio ambiente, especialmente levando em conta as particularidades da região amazônica.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar se é financeiramente viável instalar painéis solares para atender à demanda de energia do Centro de Estudos Superiores de Tefé da Universidade do Estado do Amazonas.



3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mapear o consumo de energia: Identificar quais áreas do Centro de Estudos Superiores de Tefé usam energia elétrica e quanto consomem.

Analisar as contas de luz: Examinar as contas de energia para calcular o custo por quilowatt-hora (kWh) consumido em todas as áreas.

Relacionar consumo e painéis solares: Comparar o consumo anual de energia com a quantidade de painéis solares necessários para atender a essa demanda.

Fazer um estudo comparativo: Comparar a viabilidade econômica entre o uso de painéis solares e a energia elétrica convencional, levando em conta o consumo médio anual de energia.

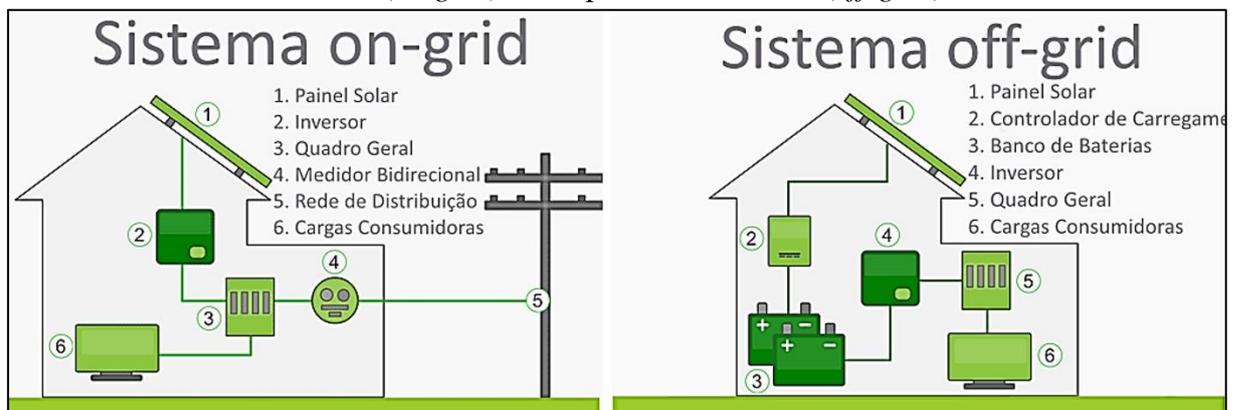
4 REFERENCIAL TEÓRICO

A Energia Solar Fotovoltaica (ESF) é obtida através da conversão direta da luz solar em eletricidade, um processo conhecido como Efeito Fotovoltaico. Descrito pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839, esse fenômeno ocorre quando a luz solar é absorvida por um material semicondutor, gerando uma diferença de potencial em suas extremidades. Durante a interação dos raios solares com o material, elétrons são liberados e transferidos, criando essa diferença de potencial. A ESF é utilizada principalmente para a geração de energia elétrica em residências, com o objetivo de substituir a energia fornecida pelas concessionárias ou cooperativas energéticas (SILVA, CARMO, 2017).

Segundo BAPTISTA (2006), a energia solar pode ser classificada em passiva e ativa. A energia solar passiva é utilizada diretamente para aquecimento e iluminação de edifícios, sem a necessidade de dispositivos mecânicos. Já a energia solar ativa é subdividida em energia térmica e energia fotovoltaica. A energia solar térmica é captada através de coletores solares que aquecem um fluido, geralmente água, para uso em sistemas de aquecimento residencial ou industrial. Por sua vez, a energia solar fotovoltaica é obtida por meio da conversão direta da luz solar em eletricidade, utilizando células fotovoltaicas. Essas células são compostas de materiais semicondutores que, ao serem expostos à luz solar, geram uma corrente elétrica. A energia fotovoltaica é amplamente utilizada para alimentar diversos dispositivos e sistemas, desde pequenos aparelhos eletrônicos até grandes instalações de geração de energia elétrica para redes de distribuição.

A geração e fornecimento de Energia Solar Fotovoltaica (ESF) são classificados em Energia Fotovoltaica Distribuída e Energia Fotovoltaica Centralizada. De acordo com Bortoloto et al. (2017), existem dois tipos de operações associadas à geração distribuída: *off-grid* e *on-grid* (Figura 1). Por outro lado, a operação centralizada é caracterizada por uma usina ou parque solar de grande escala que fornece energia fotovoltaica diretamente para a rede elétrica (PEREIRA, 2019).

Figura 1: Modelos de sistemas de geração distribuída de energia solar fotovoltaica conectados à rede (*on-grid*) e independentes da rede (*off-grid*)



Fonte: Energia Solar Fotovoltaica - Alfa Soluções em Engenharia (alfaengenharia.net.br)

Os sistemas *off-grid* são autônomos e independentes da rede elétrica. Eles utilizam baterias para armazenar a energia captada dos painéis solares. Esses sistemas incluem módulos de geração (inversores e controladores de carga) e de armazenamento (baterias). O controlador de carga evita a sobrecarga das baterias, que armazenam a energia excedente para uso posterior. O inversor converte a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA) para uso nos aparelhos elétricos. Alguns sistemas *off-grid* também incluem geradores de reserva para aumentar a confiabilidade (ALVES, 2019).

Diferentemente dos sistemas *off-grid*, os sistemas *on-grid* estão conectados à rede elétrica pública. O inversor converte a corrente contínua (CC) dos painéis solares em corrente alternada (CA) e a sincroniza com a rede. Quando há excedente de energia, este é enviado de volta à rede, fazendo o medidor de energia girar ao contrário e gerando créditos para o consumidor. Esses créditos podem ser usados para reduzir a conta de energia em momentos de baixa geração solar. Alguns sistemas *on-grid* também incluem baterias para armazenamento de energia e sistemas de monitoramento para otimização (PEREIRA, 2019).



No Brasil, os créditos gerados por sistemas *on-grid* são convertidos em descontos na tarifa mensal de energia elétrica, com o pagamento restrito às taxas obrigatórias da ANEEL e à demanda contratada. Segundo o Portal Solar (2021), consumidores com sistemas *on-grid* podem economizar até 95% nas contas de energia, sendo ideal para locais próximos à rede de distribuição. Em contraste, os sistemas *off-grid* são mais vantajosos para residências e indústrias em áreas remotas, proporcionando autossuficiência energética e um fornecimento de energia confiável onde a conexão à rede não é viável ou é economicamente inviável.

A preocupação com o aumento das tarifas de energia é válida. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem implementado alterações que impactam tanto consumidores quanto produtores de energia. Segundo a ANEEL (2017), as tarifas de energia na área industrial e comercial da região Norte aumentaram significativamente, registrando um crescimento de 45% nos últimos cinco anos. Esse aumento é impulsionado pela escassez de chuvas, problemas com o fornecimento de diesel e pela recente crise energética.

A análise atual foi fundamentada nos dados das contas energéticas de 2023 e utilizou o Histórico de Faturamento de Alta Tensão Horosazonal Verde. Com base nesses dados, foi possível fazer um levantamento do consumo de energia durante esse período e projetar a instalação de um sistema fotovoltaico no Centro de Estudos Superiores de Tefé. O objetivo era atender às necessidades energéticas da instituição e reduzir os custos com um dos principais insumos a energia elétrica.

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Entre janeiro de 2022 e dezembro de 2023, nossa pesquisa passou por várias fases, cada uma delas essencial para o progresso do projeto. Primeiro, coletamos dados detalhados, depois analisamos a conta de energia, identificamos as principais áreas de consumo e, por fim, elaboramos propostas para a adoção de energia solar. Cada etapa foi cuidadosamente planejada com prazos específicos para garantir que o projeto fosse concluído de maneira organizada e eficiente.

O cronograma do pré-projeto foi cuidadosamente elaborado com base nas informações iniciais e alinhado ao Programa de Iniciação Científica e Tecnológica da Universidade do Estado do Amazonas. Para desenvolver o pré-projeto durante 2022 e 2023, dividimos o trabalho em etapas claras, cada uma com um prazo específico, para assegurar um progresso constante e estruturado.



Entre os meses de fevereiro e abril de 2024, a RK Engenharia Solar realizou um levantamento sobre a viabilidade da implantação de energia solar na Universidade do Estado do Amazonas (UEA), localizada na Rua Presidente Costa e Silva, 54, próximo ao Batalhão da Polícia Militar, no bairro Monte Castelo, em Tefé, AM. Os dados utilizados neste estudo foram obtidos através da empresa RK Engenharia Solar, uma empresa de grande porte especializada em soluções de energia solar. Durante esse período, a RK Engenharia Solar elaborou uma proposta comercial específica para a UEA, datada de 20/04/2024 e válida até 20/06/2024, com o número da proposta P24525. Paralelamente, a empresa Rio Negro Energia Solar também desenvolveu uma proposta comercial para um sistema de energia solar.

Produtos Orçados na Proposta Comercial RK Engenharia Solar:

KIT Gerador Fotovoltaico On Grid Trifásico 386,100 kWp.

- Quantidade: 1
- Valor Unitário: R\$ 696.050,00
- Valor Total: R\$ 696.050,00
- Detalhes do Kit:
- 03 Inversores Solar On Grid Trifásico, modelo C6-70K-T12-LV, fabricante SAJ, potência 70 KVA, tensão 220/127 V, 12 MPPT individual, garantia de 10 anos mediante substituição
- 01 Inversor Solar On Grid Trifásico, modelo C6-60K-T9-LV, fabricante SAJ, potência 60 KVA, tensão 220/127 V, 9 MPPT individual, garantia de 10 anos mediante substituição
- 660 Painéis Solares 585 W, modelo Renesola Half-Cell Mono N-Type 585W RS6-585NG-E3 Tier1, com 12 anos de garantia material e 30 anos de garantia de geração
- Estrutura 100% em Alumínio para 660 Painéis Solares para Telhado Cerâmico/Colonial com emenda e fixação a cada 3 painéis, garantia de 30 anos
- 2250 metros de Cabo Fotovoltaico Vermelho 6mm², certificado INMETRO, garantia de 10 anos
- 2250 metros de Cabo Fotovoltaico Preto 6mm², certificado INMETRO, garantia de 10 anos
- 180 Kits de Conector MC4 Macho/Fêmea, garantia de 10 anos

- 18 String Box CC, modelo SB 1040V 4E/2S(4D), fabricante Clamper, garantia de 6 anos mediante substituição
- 3 String Box CA, modelo Front Box 275V 20kA 3P 225A, fabricante Clamper, garantia de 6 anos mediante substituição
- 5 String Box CC, modelo SB 1040V 4E/2S(4D), fabricante Clamper, garantia de 6 anos mediante substituição
- 1 String Box CA, modelo Front Box 275V 20kA 3P 200A, fabricante Clamper, garantia de 6 anos mediante substituição
- 660 Chicotes de Aterramento 700 x 4 mm com terminal anel e parafuso inox, garantia de 1 ano.

Figura 2: Primeira Proposta Comercial Rk Engenharia Solar

Detalhes da proposta				
Usina fotovoltaica				
Contas de energia consideradas				
Conta	Unidade Consumidora	Consumo médio mensal (kWh)	Consumo mínimo (kWh)	Preço do kWh (R\$)
Conta 1 Grupo B - Convencional Trifásico	0000	38.560	100	0,83
Total		38.560	100	0,83 * valor médio

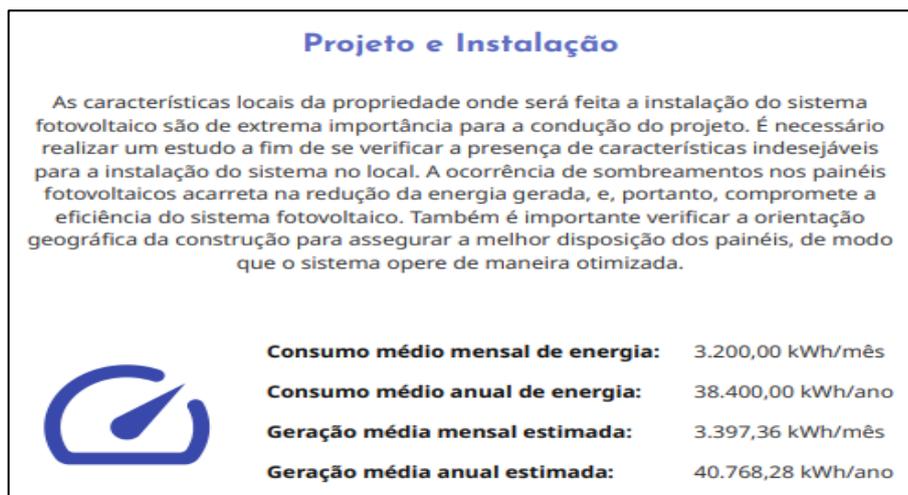
Fonte: Rk Engenharia Solar

Figura 3: Segunda Proposta Comercial Rk Engenharia Solar

Detalhes da proposta				
Usina fotovoltaica				
Contas de energia consideradas				
Conta	Unidade Consumidora	Consumo médio mensal (kWh)	Consumo mínimo (kWh)	Preço do kWh (R\$)
Conta 1 Grupo B - Convencional Trifásico	0000	42.170	100	0,83
Total		42.170	100	0,83 * valor médio

Fonte: Rk Engenharia Solar

Figura 4: Proposta Comercial Sistema Rio Negro Energia Solar



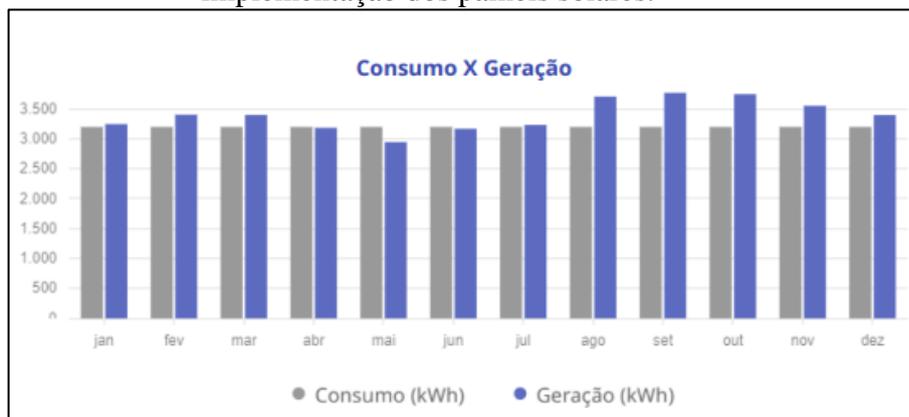
Fonte: Proposta Comercial Rio Negro Energia Solar

A Figura 2 mostra a primeira proposta comercial Rk Engenharia Solar onde a mesma está usando consumo médio mensal (kWh) das contas de energias consideradas em 38.560 kWh com o valor médio 0,83 centavos por kWh. A figura 3 mostra a proposta comercial da empresa Rio Negro Energia Sola onde esta as principais informações do sistema proposto estão indicadas nesta seção como a potência do sistema de 30,80 kWp e a vida útil do sistema que está entre 25 a 35 anos.

Os resultados dessas pesquisas foram analisados e apresentados de forma visual, utilizando gráficos, tabelas e figuras. Essa abordagem permitiu uma exploração detalhada do tema e uma análise descritiva-analítica para identificar o potencial de aplicação de energia solar nas instalações da UEA.

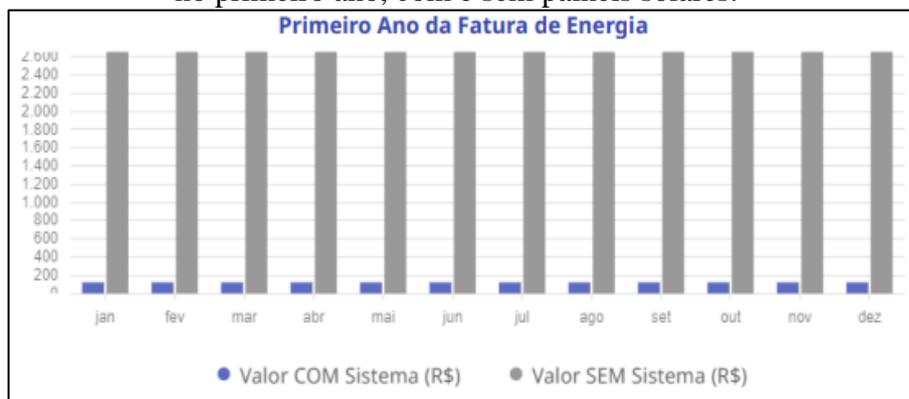
Esta metodologia oferece uma compreensão clara do processo de implementação de energia solar na UEA, destacando as fontes de dados, os passos da pesquisa e os resultados obtidos de maneira organizada e objetiva. O estudo adotará uma abordagem metodológica mista quanti-qualitativa, conforme proposto por Bardin (2016), que integra dados quantitativos e qualitativos para uma análise abrangente. A pesquisa será conduzida de forma narrativa descritiva, permitindo ao pesquisador analisar os históricos de consumo de energia, classificar e explicar os dados coletados sem interferir nos mesmos. O objetivo principal é avaliar a viabilidade econômica da implementação de painéis fotovoltaicos nas instalações da UEA.

Figura 5: Gráfico de barras do consumo de energia antes da implementação dos painéis solares.



Fonte: Proposta Comercial Rio Negro Energia Solar

Figura 6: Gráfico de barras comparando o consumo de energia no primeiro ano, com e sem painéis solares.



Fonte: Proposta Comercial Rio Negro Energia Solar

Trata-se de uma pesquisa de campo, pois, conforme Gil (2009), visa investigar uma realidade específica. Neste contexto, o objetivo é determinar o consumo de energia elétrica e os custos associados à sua utilização no prédio do Centro de Estudos Superiores de Tefé da Universidade do Estado do Amazonas. As informações serão obtidas através de observações detalhadas registradas em um diário de campo, conforme destacado por Fiorentini e Lorenzato (2009) como um método robusto para coletar dados. Isso permitirá registrar detalhadamente os dados de consumo de energia de 2023 do Centro de Estudos Superiores de Tefé.

Figura 7: Fotos das áreas de consumo no Centro de Estudos Superiores de Tefé



Fonte: Dados coletados pelo autor

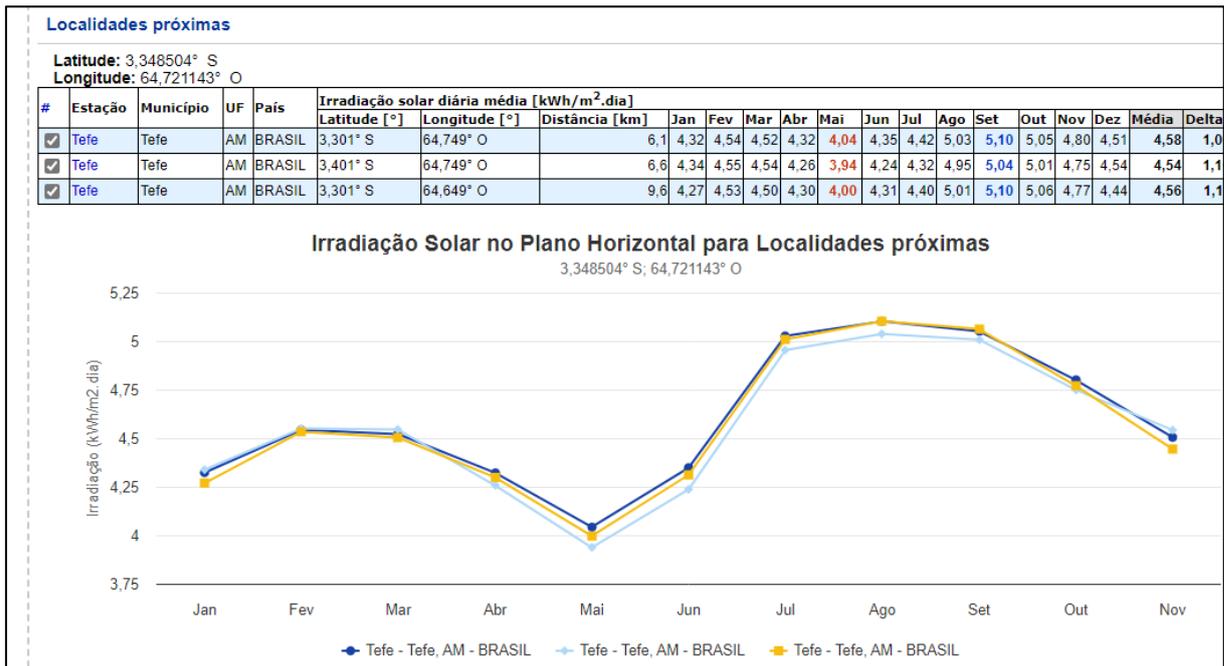
Figura 8: Fotos das áreas de consumo no Centro de Estudos Superiores de Tefé



Fonte: Dados coletados pelo autor

Para verificar a irradiação solar do município de Tefé, foi feito um levantamento nos sites do Instituto de Pesquisas Espaciais, do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio S. de Brito (Cresesb) e da Agência Nacional de Energia Elétrica, a fim de confirmar o potencial da cidade para gerar energia solar e, conseqüentemente, no Centro de Estudos Superiores de Tefé. Os dados serão apresentados juntamente com imagens relevantes para melhor compreensão.

Figura 9: Irradiação solar diária média no plano horizontal do município de Tefé.



Fonte: SunData CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (cepel.br).

Após a coleta dos dados de consumo de energia e a análise das contas de energia em valores reais, bem como a determinação da irradiação solar, será realizada uma simulação de orçamento com empresas que fornecem painéis solares no Brasil. Uma das empresas selecionadas foi do Amazonas e a outra foi de outro estado, escolhida com base nos preços mais competitivos. A análise considerará a potência do painel em kilowatts, a geração média mensal em kilowatts, a vida útil do sistema, a perda de eficiência energética, a garantia e o valor do investimento.

Dimensionamento da Quantidade de Placas Solares: Para determinar a quantidade de placas solares necessárias para o projeto, é preciso seguir alguns passos e realizar cálculos baseados no consumo de energia elétrica. Aqui estão os dados e equações necessárias:

Consumo Mensal de Energia Elétrica

Histórico Anual: Primeiramente, precisamos do histórico de consumo de energia elétrica de um ano. Isso nos dará um perfil claro do consumo ao longo do ano.

Consumo Médio: Calculamos a média do consumo mensal em kWh.

$$\text{Tipo de ligação pode ser de três tipos} \left\{ \begin{array}{l} \text{Monofásico} = 30KWh \\ \text{Bifásico} = 50KWh \\ \text{Trifásico} = 100KWh \end{array} \right.$$



Cálculo do Projeto

A fórmula para calcular o consumo do projeto é:

$$\text{Projeto} = \text{Consumo médio} - \frac{\text{Tarifa } 9,80}{\text{tipo de ligação}} \text{ KW} \quad \text{Equação 1}$$

Consumo Diário: Depois, dividimos o consumo do projeto pelos 30 dias do mês:

$$\text{Consumo diario} = \frac{\text{Projeto}}{30 \text{ dias}} \text{ KWh} \quad \text{Equação 2}$$

Irradiação Solar: Precisamos também considerar a irradiação solar em kWh/m² para a localidade.

Sistema: O sistema é calculado como:

Equação 3

$$\text{Sistema} = (\text{Consumo por dia} - \text{Irradiação solar}) \text{ KWp}$$

Dimensionamento dos Módulos Fotovoltaicos

Potência do Módulo FV: Determinamos a potência dos módulos fotovoltaicos em Wp.

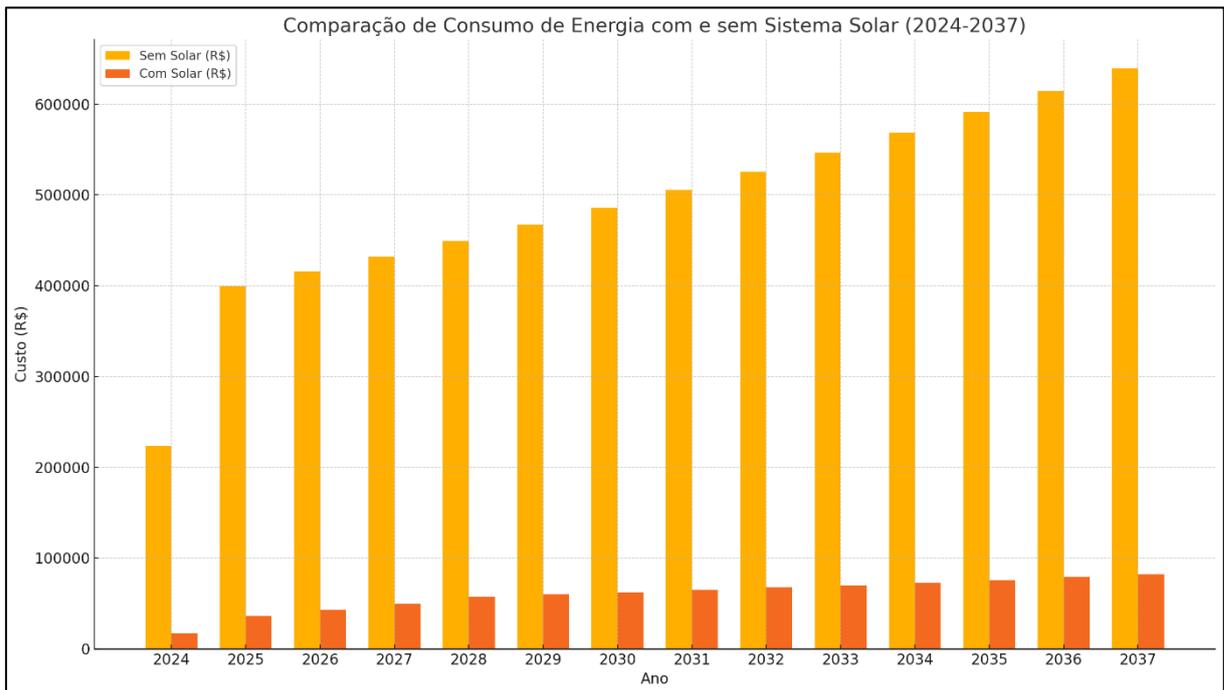
Quantidade de Módulos: Finalmente, calculamos a quantidade de módulos necessários

$$\text{Quantidade de módulos} = \frac{\text{Sistema}}{\text{Potência módulos}} \quad \text{Equação 4}$$

\Rightarrow quantidade de painéis solares para o projeto.

A seguir, será apresentado um gráfico que compara o consumo de energia com e sem o sistema solar no primeiro ano da fatura de energia.

Figura 10: Gráfico que compara o consumo de energia com e sem o sistema solar ao longo dos anos de 2024 a 2037.



Fonte: Rio Negro Energia Solar

Algumas das principais empresas e projetos de energia solar no Brasil, que servirão de base para a simulação do orçamento:

BYD Energy: A BYD Energy é uma das maiores fabricantes de painéis solares no Brasil. Em 2017, iniciaram as operações de uma fábrica em Campinas (SP) e, até o final de 2022, já haviam fabricado dois milhões de módulos fotovoltaicos no país.

Serra do Mel I: Localizada no Rio Grande do Norte, a usina Serra do Mel I é a maior usina de energia solar do Brasil, com 137,4 MW de capacidade instalada. Esta usina faz parte do Cluster de Serra Branca, que agrupa usinas de energia solar e eólica com um total de 2,4 GW de capacidade instalada.

Complexo Solar de Janaúba: Este complexo é um dos maiores parques solares da América Latina, com 1,2 GW de capacidade instalada. O projeto, desenvolvido pela Elera Renováveis, inclui 20 usinas fotovoltaicas e mais de 2,2 milhões de painéis solares, ocupando uma área de mais de 3 mil hectares no norte de Minas Gerais.

Para analisar se o projeto é viável economicamente, serão considerados três principais indicadores:

Valor Presente Líquido (VPL): O VPL compara o valor presente dos fluxos de caixa futuros com o investimento inicial, levando em conta os juros e a Taxa Mínima de Atratividade. Um VPL igual ou superior a zero indica que o projeto é lucrativo e viável. Caso contrário, significa que o projeto não é viável financeiramente e resultará em prejuízo.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

- R_t = receita líquida no tempo t
- i = taxa de desconto (TMA)
- t = período de tempo
- I_0 = investimento inicial

Taxa Interna de Retorno (TIR): A TIR é a taxa de desconto que iguala o valor presente líquido dos fluxos de caixa ao investimento inicial. Se a TIR for maior que a Taxa Mínima de Atratividade estabelecida, o projeto é considerado rentável. Caso contrário, não atende às expectativas de retorno financeiro.

$$\sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+TIR)^t} = I_0 \quad \text{Equação 6}$$

Payback: O *Payback* representa o tempo necessário para recuperar o investimento inicial, considerando a depreciação do valor do dinheiro ao longo do tempo. Um *Payback* mais curto indica um retorno mais rápido do capital investido. Por outro lado, um *Payback* mais longo significa que o período para recuperar o investimento será mais extenso.

$$\text{Payback} = \frac{I_0}{\sum R_t} \quad \text{Equação 7}$$

Esses indicadores são fundamentais para avaliar a viabilidade financeira de investimentos em projetos de energia solar, proporcionando uma análise precisa dos potenciais retornos econômicos esperados.

6 RESULTADOS ALCANÇADOS

Este estudo teve como objetivo identificar e quantificar as áreas específicas dentro do Centro de Estudos Superiores de Tefé (CEST) que foram os principais consumidores de energia elétrica, incluindo sistemas como iluminação, ar-condicionado e equipamentos diversos. A análise das contas de energia foi fundamental para calcular o custo por quilowatt-hora (kWh) consumido em cada uma dessas áreas, oferecendo uma visão detalhada dos gastos atuais e das potenciais economias com a adoção de energia solar.

Para enriquecer a análise, foram apresentadas imagens do Centro de Estudos Superiores de Tefé, ilustrando as áreas de consumo de energia e destacando as instalações que puderam ser beneficiadas.

Figura 11: Centro de Estudos Superiores de Tefé



Fonte: <https://www.bing.com/images/blob?bcid=sjzkMykU4zUHJA>

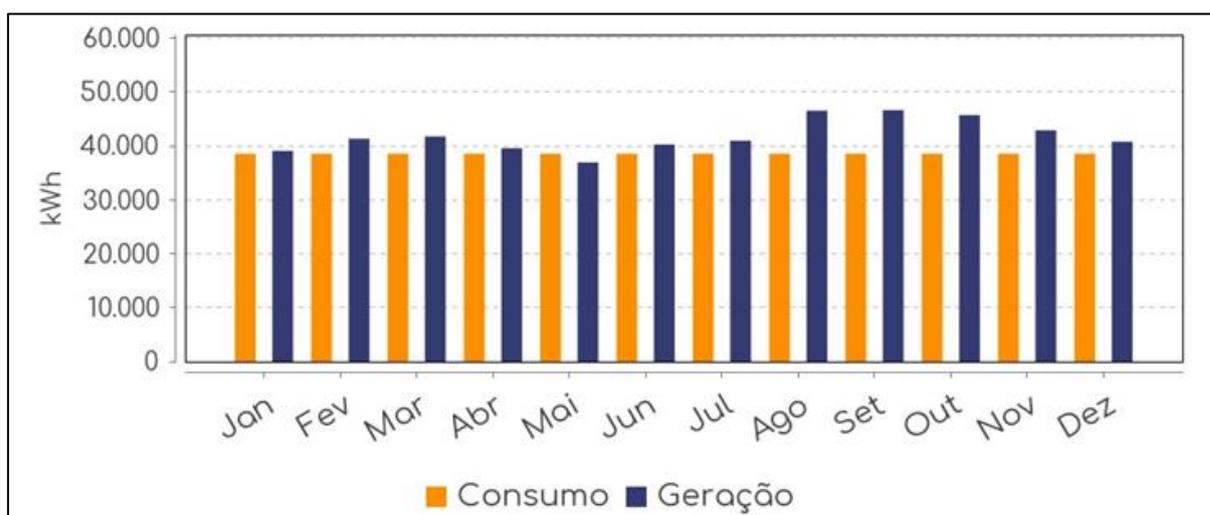
Figura 12: Centro de Estudos Superiores de Tefé



Fonte: <https://www.bing.com/images/blob?bcid=sjft08DqTTUH3g>

Adicionalmente, foram apresentados gráficos que demonstram a correlação precisa dos dados de consumo de energia anual com o número necessário de painéis solares para suprir a demanda identificada nas áreas críticas do CEST. Esse levantamento permitiu estimar de maneira eficaz a capacidade requerida do sistema fotovoltaico para atender às necessidades energéticas da instituição ao longo do ano.

Figura 13: Geração de energia Estimativa de geração



Fonte: Rk Engenharia Solar

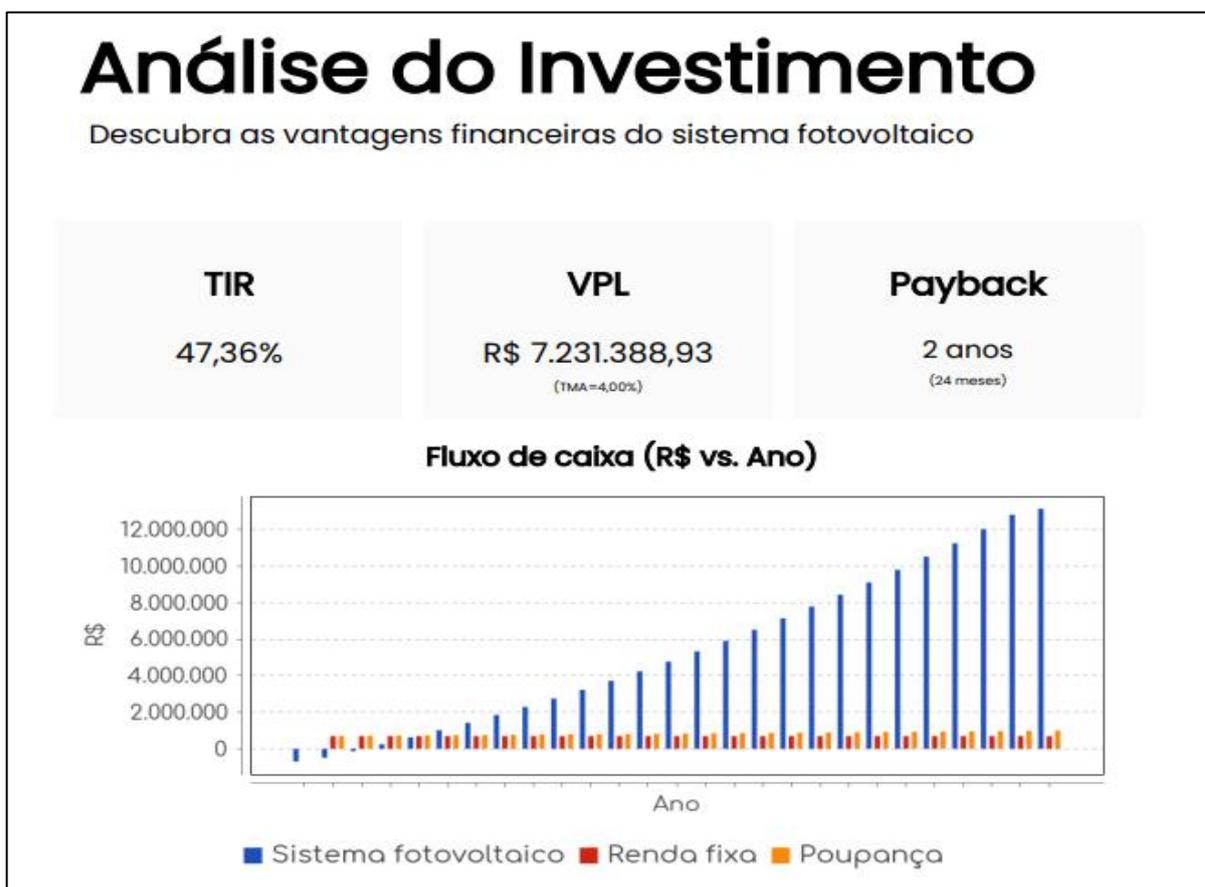
Os resultados esperados deste estudo incluíram identificar e quantificar as áreas do Centro de Estudos Superiores de Tefé (CEST) que mais consumiam energia elétrica, como

iluminação e ar-condicionado. A análise detalhada das contas de energia permitiu calcular o custo por quilowatt-hora (kWh) consumido em cada área, revelando gastos atuais e potenciais economias com a adoção de energia solar. Além disso, a apresentação de imagens das áreas de consumo de energia destacou as instalações que poderiam ser beneficiadas, demonstrando as economias financeiras e a melhoria na eficiência energética com a implementação dos painéis solares.

A análise detalhada das contas de energia foi apresentada juntamente com as informações das propostas das empresas que realizaram a mesma. Foram mostrados o custo do projeto e seus benefícios, destacando como a implementação dos painéis solares poderia resultar em economias financeiras significativas e melhoria na eficiência energética das instalações do Centro de Estudos Superiores de Tefé (CEST).

Segundo a empresa, a proposta comercial da RK Engenharia Solar incluiu uma análise do investimento com as seguintes informações, destacando as vantagens financeiras do sistema fotovoltaico:

Figura 14: Destacando as vantagens financeiras do sistema fotovoltaico

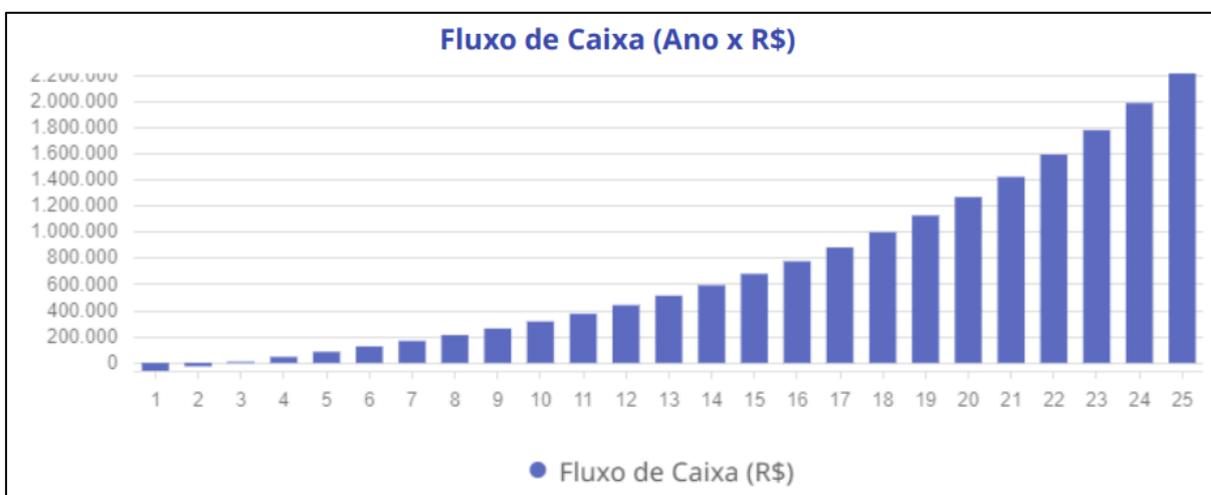


Fonte: Rk Engenharia Solar

A Figura 14 apresenta a inflação anual em 4,00%, junto com a informação de que os módulos perdem 20% de eficiência em 25 anos. A taxa DI está em 1,76% ao ano, enquanto a poupança oferece 1,40% ao ano de rendimento. Esses dados são essenciais para entender o impacto da inflação e as opções de investimento disponíveis.

Para a proposta da empresa Rio Negro Energia Solar, os indicadores de viabilidade são os seguintes: o sistema tem um valor inicial de R\$ 90.000,00, com um aumento anual de 10% na tarifa de energia. O *payback*, que é o tempo para recuperar o investimento inicial, é de 2 anos e 8 meses. O ROI (retorno sobre investimento) indica que o valor investido retorna 24,63 vezes, enquanto a TIR (taxa interna de retorno) é de 40,77%. O sistema fotovoltaico gera energia a um custo de R\$ 0,10 por kWh e proporciona uma economia total estimada em R\$ 2.216.841,61 ao longo de 25 anos, o que representa uma economia de R\$ 0,73 por kWh consumido. Esses dados são baseados no Fluxo de Caixa (Ano x R\$), conforme apresentado no gráfico abaixo, demonstrando o potencial econômico e os benefícios financeiros significativos do investimento em energia solar para a empresa.

Figura 15: Indicadores de Viabilidade



Fonte: Proposta Comercial Rio Negro Energia Solar

Os valores apresentados de geração de energia são estimativas baseadas em informações consultadas no banco de dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), representando médias mensais e anuais sujeitas a variações sazonais e fatores meteorológicos. As estimativas de geração de energia, custos e economia foram projetadas com base nas informações de consumo fornecidas pelo cliente, estudos de irradiação solar local e análise da inflação energética recente, conforme proposta da empresa Rio Negro Energia Solar. Os detalhes completos das propostas utilizadas para produzir esses resultados



estarão disponíveis nos anexos deste documento. O sistema proposto foi dimensionado conforme o perfil atual de consumo do cliente e de acordo com seus requisitos específicos. Devido à ausência de partes móveis, o sistema não demanda manutenção preventiva regular; recomenda-se apenas a limpeza periódica dos módulos fotovoltaicos (a cada 6 meses a 1 ano) para otimização da geração de energia, especialmente em regiões ou estações secas.

A proposta mais viável foi apresentada pela empresa Rio Negro Energia Solar. Nossa pesquisa revela um horizonte mais sustentável para o Centro de Estudos Superiores de Tefé, com a energia solar superando desafios. Os benefícios econômicos são surpreendentes, incluindo uma economia de até 95% nas contas de energia e taxas de retorno impressionantes. Ao liderar com responsabilidade ambiental, inspiramos outros a adotar fontes de energia limpa.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo financiamento do projeto por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. de O. L. Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos *on-grid* e *off-grid*. 2019. 76 F. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Ouro Preto, João Molevade, MG, 2019. Disponível em: https://200.239.128.125/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA_EnergiaSolarEstudo.PDF. Acesso em: 20 jan. 2024.

AMAZONAS ENERGIA S/A. Acessado em: 28 jan. 2023.

BARDIN, L. Análise de Conteúdo. 7. ed. Lisboa: Edições 70, 2016.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Disponível em: <https://www.epel.br/>. Acesso em: 11 jan. 2023.

CRESWELL, J. W. Projeto de Pesquisa: métodos quantitativos, qualitativos e mistos. Tradução de Sandra Maria Mallmann da Rosa. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

FIorentini, D.; Lorenzato, S. Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos. 2. ed. Campinas: Autores Associados, 2009.

FRYE, S. Estudo de Caso da Viabilidade Econômica da Utilização de Painéis Fotovoltaicos e em uma Unidade de Fabricação de Gelo em Tabatinga-AM. Dissertação de Mestrado Profissional, 2018. 70 p.



GITMAN, L. J. Princípios da Administração Financeira. 10. ed. São Paulo: Harbra, 2007.

LOJA DICOMP. Disponível em: https://loja.dicomp.com.br/busca?categoria=&marca=286&palavra=&utm_source=canadian-energia-solar-nova&utm_medium=google. Acesso em: 11 jan. 2023.

PEREIRA, N. X. Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada. 2019. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181288/pereira_nx_me_soro.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 27 fev. 2024.

SILVA, R. G.; CARMO, M. J. do. Energia Solar Fotovoltaica: uma proposta para melhoria da gestão energética. InterSciencePlace, v. 12, n. 2, 2017. Disponível em: <http://www.interscienceplace.org/isp/index.php/isp/article/view/649/403>. Acesso em: 27 fev. 2024.