

## ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Alves da Silva, V. M. <sup>1</sup>, Pereira da Luz, M. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, [vitormarcelo.eng@gmail.com](mailto:vitormarcelo.eng@gmail.com)

<sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, [marta.eng@pucgoias.edu.br](mailto:marta.eng@pucgoias.edu.br)

**RESUMO:** A preocupação com o uso sustentável dos recursos energéticos, especialmente em relação às fontes não renováveis, tem gerado discussões globais sobre as mudanças climáticas e os impactos ambientais. A transição energética, que vai além da simples troca de fontes de energia, envolve adaptações regionais, mitigação de mudanças climáticas e promoção do crescimento sustentável. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica surge como uma solução promissora, particularmente no Brasil, devido à alta irradiação solar sobre seu território e à capacidade crescente de sua produção industrial. Apesar dos avanços tecnológicos e da redução de custos, desafios como questões tributárias e legais ainda afetam sua viabilidade econômica. O Plano Nacional de Energia 2050 projeta uma matriz elétrica mais sustentável até 2050, com foco na energia solar fotovoltaica. A superação de barreiras regulatórias será fundamental para garantir o sucesso da transição energética, e a energia solar fotovoltaica desempenha um papel central nesse processo.

**Palavras-chave:** *Energia Solar Fotovoltaica, Transição Energética, Matriz Elétrica Brasileira.*

**ABSTRACT:** *The concern with the sustainable use of energy resources, particularly regarding non-renewable sources, has sparked global discussions about climate change and environmental impacts. The energy transition, which goes beyond the mere substitution of energy sources, involves regional adaptations, climate change mitigation, and the promotion of sustainable growth. In this context, solar photovoltaic energy emerges as a promising solution, particularly in Brazil, due to its high solar irradiation and growing industrial production capacity. Despite technological advances and cost reductions, challenges such as tax and legal issues still affect its economic feasibility. The National Energy Plan 2050 projects a 100% sustainable energy matrix by 2050, focusing on solar photovoltaic energy. Overcoming regulatory barriers will be crucial to ensure the success of the energy transition, with solar photovoltaic energy playing a central role in this process.*

**Keywords:** *Solar Photovoltaic Energy, Energy Transition, Brazilian Electric Grid.*

## **1. Introdução**

A preocupação com o uso sustentável dos recursos energéticos tem gerado debates globais, impulsionados pelos impactos ambientais das fontes não renováveis, como o aumento das emissões de gases de efeito estufa e mudanças climáticas (FILHO; SANTOS, 2022). A transição energética vai além da troca de fontes de energia, exigindo adaptação regional, mitigação climática e crescimento sustentável (GUERRERO, 2016). Nesse cenário, a energia solar fotovoltaica se destaca, especialmente no Brasil, pela abundante irradiação solar sobre seu território e capacidade crescente de sua produção.

Desde 1960, os combustíveis fósseis aumentaram significativamente as emissões de dióxido de carbono (LINDSEY, 2024). A substituição gradual dessas fontes requer investimentos, infraestrutura adequada e políticas públicas. O Brasil lidera a adoção de energias renováveis, com destaque para a solar fotovoltaica, que converte luz solar em eletricidade sem emissões de carbono, sendo impulsionada por avanços tecnológicos, redução de custos concessão de incentivos (SILVA; ARAÚJO, 2022). Contudo, desafios tributários e legais ainda afetam sua viabilidade econômica interna, no país.

O Plano Nacional de Energia (ANEEL, 2023) projeta uma matriz elétrica mais sustentável até 2050, e a energia solar será essencial, especialmente em regiões de alta irradiação como o Nordeste e Centro-Oeste. Essa diversificação é vital para reduzir as emissões de carbono e promover sustentabilidade energética.

A transição para uma matriz energética limpa requer cooperação entre governos, setor privado e sociedade em geral. A energia solar fotovoltaica desempenha um papel central, mas a superação dos entraves regulatórios será crucial para o sucesso desse processo todo.

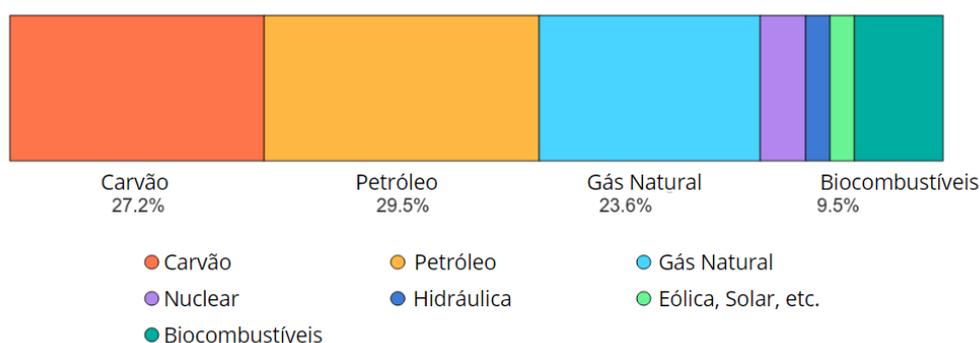
## **2. Referencial teórico**

O uso sustentável dos recursos energéticos tem gerado crescente preocupação global devido às consequências ambientais da dependência de fontes não renováveis, como o aumento das emissões de dióxido de carbono e a alteração climática (FILHO; SANTOS, 2022). A aceleração desses processos exige uma abordagem proativa para mitigar os impactos adversos. O uso excessivo de combustíveis fósseis contribui significativamente para a concentração de dióxido de carbono na atmosfera (GEHRKE, GORETTI e ÁVILLA, 2021). O fato demanda uma mudança na forma como os recursos energéticos

são explorados (LINDSEY, 2024). A transição para fontes de energia mais limpas e renováveis é urgente, para evitar cenários desastrosos de impacto ambiental e climático.

A transição energética envolve uma mudança gradual nas fontes de energia, focando na sustentabilidade e no crescimento econômico sustentável (GUERRERO, 2016).

Apesar dos avanços, questões legais, tributárias e ambientais ainda limitam a adoção em larga escala de energias renováveis. Superar esses obstáculos exigirá colaboração entre governo, setor privado e sociedade civil, significa crescimento para o país, com benefícios claros em termos de sustentabilidade e desenvolvimento econômico. A gestão inadequada dos recursos planetários continua sendo uma preocupação global, com o uso de fontes não renováveis contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa e poluição (GEHRKE; GORETTI; ÁVILA, 2021). Desde 1960, as concentrações de dióxido de carbono aumentaram em média 23,8 bilhões de toneladas por década até 2022 (LINDSEY, 2024). Conforme demonstra a Figura 1, o uso de energias poluentes foi quatro vezes maior que o de fontes limpas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2024).



**Figura 1:** Fornecimento total de energia por fonte no planeta em 2021.

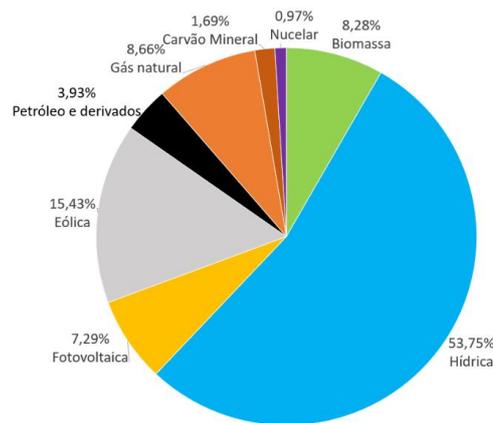
A evolução humana está diretamente relacionada às mudanças no setor energético, com uma nova fase de transição energética surgindo para lidar com os crescentes níveis de emissão de carbono. A demanda global por eletricidade cresceu significativamente nas últimas décadas, impulsionando o uso de fontes poluentes (KOVACIKOVA *et al.*, 2021). Entre 2000 e 2021, o consumo per capita de eletricidade aumentou 46%, acompanhado por um crescimento de 70% na produção de gás natural, 29% em petróleo e 27% em carvão (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2024).

A gestão da matriz elétrica de uma nação é um desafio complexo, pois está intrinsecamente ligada às características geográficas, regionais e econômicas do país. Alguns países, devido à sua localização geográfica e à disponibilidade de recursos, são altamente dependentes de combustíveis fósseis, o que compromete os esforços para uma transição energética sustentável e a resolução desta dependência é crucial para evitar um declínio ambiental e climático (TAVARES, 2023). Este é o caso de nações localizadas sobre grandes reservas de energia não renovável, como gás natural e carvão, que enfrentam desafios significativos para diversificar sua matriz energética.

Nesse contexto, a gestão eficaz da energia torna-se fundamental para orientar a transição para uma matriz energética mais sustentável. Isso envolve a implementação de políticas e estratégias que promovam o uso eficiente de recursos, o desenvolvimento de tecnologias de energia limpa e a promoção da eficiência energética, em todos os setores da economia. Além disso, a cooperação internacional e o compartilhamento de melhores práticas são essenciais para enfrentar os desafios globais relacionados à energia e ao meio ambiente (FILHO; SANTOS, 2022).

Portanto, é crucial que os governos, empresas e sociedade civil trabalhem em conjunto, para promover uma transição energética justa e sustentável, garantindo que as necessidades energéticas atuais sejam atendidas, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. Somente por meio de uma abordagem integrada e colaborativa, será possível construir um futuro energético mais seguro, limpo e equitativo para todos.

A transição para uma matriz energética mais sustentável é uma prioridade global, e o Brasil pode se colocar na vanguarda desse movimento, conforme consiga formular um plano plurianual de investimentos governamentais e um programa de incentivos oficiais para a iniciativa privada aderir a esta jornada de construir um futuro promissor para o país. Com uma rica diversidade geográfica e uma ampla gama de recursos naturais, o país está posicionado para aproveitar o potencial das energias renováveis, de acordo com a Figura 2.



**Figura 2:** Matriz Elétrica Brasileira por fonte de geração.

O Brasil destaca-se pela irradiação solar nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, com condições ideais para a geração de energia solar, o que torna essas áreas atrativas para investimentos em fotovoltaica (CHAN, C *et al.*, 2024). Em 2023, a capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no país chegou a 142,82 GW, mostrando um crescimento notável devido a políticas favoráveis, incentivos fiscais e avanços tecnológicos (ANEEL, 2024).

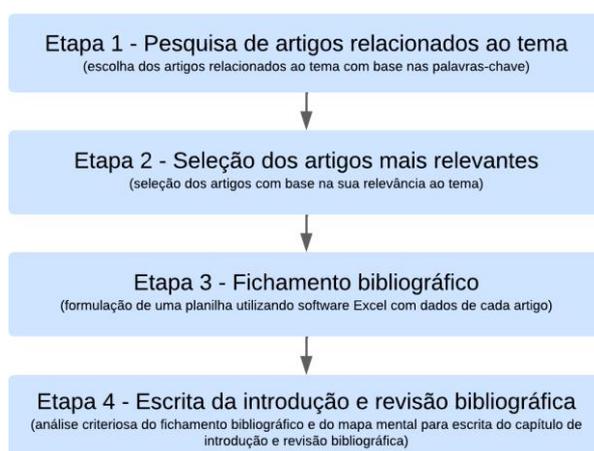
A energia solar fotovoltaica desempenha um papel crucial na redução das emissões de gases de efeito estufa e na diversificação da matriz elétrica brasileira. A tendência é que sua participação cresça com os avanços tecnológicos e a redução de custos. No entanto, desafios tributários e legais ainda impedem uma adoção mais ampla. Em 2022, a Lei Complementar nº 194 instituiu o ICMS sobre a energia fotovoltaica, o que pode aumentar os custos de instalação e operação. Outras taxas, como o IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) e o II (Imposto de Importação), ISS (Imposto sobre Serviços), IR (Imposto de Renda) e CSLL (Contribuição Social sobre Lucro Líquido) também afetam a viabilidade econômica dos projetos.

A legislação brasileira, com a Lei nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022, criou um marco legal para a microgeração e minigeração de energia, estimulando o setor e facilitando o acesso à energia renovável. Ainda existem obstáculos relacionados à burocracia e aos processos de licenciamento, que podem atrasar a implementação dos projetos de energia solar.

### 3. Materiais e Métodos

A primeira fase do estudo consistiu em uma revisão bibliográfica sobre o uso da energia fotovoltaica. Foram selecionados os artigos científicos utilizados, com base nas palavras-chave energia fotovoltaica, desenvolvimento sustentável e energia renovável, priorizando estudos publicados a partir de 2016.

Os artigos foram analisados e fichados no software Excel, o que permitiu identificar os principais conceitos e dados. A partir disso, foi realizada a revisão bibliográfica, que ajudou a avaliar a viabilidade econômica e ambiental da aplicação da energia fotovoltaica na construção civil urbana. O fluxo das etapas seguiu conforme a Figura 3



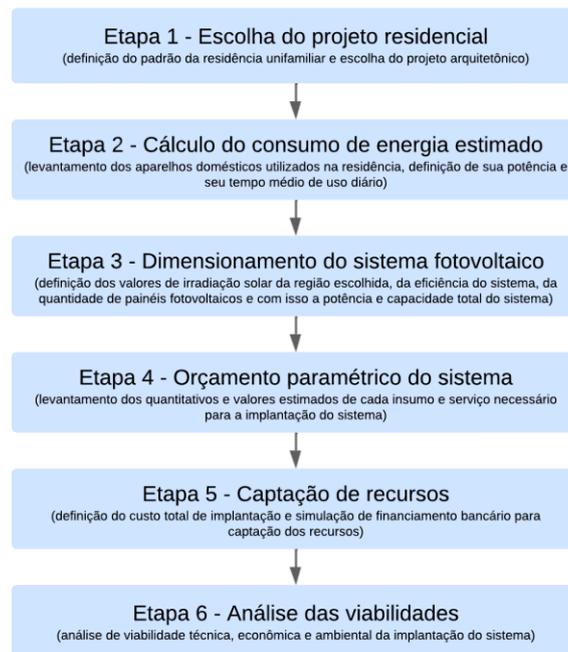
**Figura 3:** Fluxograma de atividades na primeira fase do trabalho.

O estudo foi conduzido em seis etapas para avaliar a viabilidade econômica e ambiental de sistemas fotovoltaicos em residências unifamiliares. As três primeiras etapas trataram as dimensões econômica e ambiental de forma integrada, enquanto as etapas quatro e cinco focaram nos aspectos econômicos. A sexta etapa combinou os impactos econômicos e ambientais em uma visão geral.

Na primeira etapa, foi escolhido um projeto residencial unifamiliar de alto padrão (ABNT, 2006), com 247 m<sup>2</sup> e alto consumo energético, potencializando os benefícios ambientais do sistema fotovoltaico. Essa escolha garante a aplicabilidade dos resultados a residências semelhantes. Na segunda etapa, o consumo de energia foi calculado com base nos equipamentos, tempo de uso e no perfil demográfico de uma família de quatro pessoas (dois adultos e duas crianças). Dados de potência dos equipamentos (ELETROBRAS, 2022) permitiram estimar a demanda mensal e anual.

Na terceira etapa, o sistema fotovoltaico foi dimensionado para atender à demanda, considerando dados de irradiação solar de Goiânia e perdas do sistema. A quarta etapa elaborou um orçamento paramétrico detalhado, incluindo materiais e painéis solares.

Na quinta etapa, simulou-se um financiamento para viabilizar o investimento inicial, avaliando diferentes condições e taxas de juros. Por fim, a sexta etapa integrou custos totais, tempo de retorno e benefícios ambientais, como a redução de emissões de gases de efeito estufa. O fluxo das atividades realizadas está na Figura 4.



**Figura 4:** Fluxograma de atividades na segunda fase do trabalho.

Na sequência das etapas descritas, ainda na segunda fase do trabalho, foram utilizados cálculos técnicos específicos para garantir a precisão e a confiabilidade das análises realizadas. O primeiro cálculo abordou o consumo diário de energia elétrica da residência selecionada, estimado com base na equação (1).

$$\text{Consumo (kWh)} = \sum \frac{(\text{Potência (W)} \times \text{Tempo de Uso (h)})}{1000} \quad (1)$$

Para aplicá-la, foi determinado o consumo energético individual de cada equipamento residencial, considerando sua potência nominal e o tempo médio diário de uso. (ELETROBRAS, 2022). Os resultados obtidos para cada equipamento permitiram calcular o consumo energético total da residência em quilowatts-hora por dia. Essa

abordagem considerou o perfil de consumo previamente estabelecido, que reflete os hábitos típicos de uma família padrão de quatro pessoas em uma residência de alto padrão.

Com o consumo diário definido, foi possível dimensionar a potência necessária do sistema fotovoltaico, de forma a atender à demanda energética diária da residência. O cálculo utilizou a equação (2).

$$\text{Potência do Sistema (kW)} = \frac{\text{Consumo Diário (kWh)}}{\text{Irradiação Solar} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ dia}} \right) \times \text{Eficiência}} \quad (2)$$

Neste cálculo, a irradiação solar média foi considerada como **5,21 kWh/m<sup>2</sup>/dia** (INPE, 2023) para a cidade de Goiânia, localizada nas coordenadas geográficas latitude -**16.6799** e longitude **-49.255** (praça central do município), e a eficiência do sistema foi estabelecida em 85% (PORTAL SOLAR, 2023). Esses parâmetros permitiram ajustar a capacidade total do sistema fotovoltaico às condições locais de irradiação solar e às perdas inevitáveis de eficiência associadas à conversão de energia e às limitações técnicas do sistema.

A partir da potência total do sistema, foi determinado o número de painéis solares necessários para sua implementação. O cálculo baseou-se na equação (3).

$$\text{Número de Painéis} = \frac{\text{Potência do Sistema (kW)}}{\text{Potência de Cada Painel (kW)}} \quad (3)$$

A potência de cada painel foi definida como **550 W**, com dimensões de **2,278 m x 1,134 m**, padrões comuns no mercado brasileiro. O número de painéis foi arredondado para cima, garantindo margem de segurança para atender à demanda projetada. Essa metodologia sustentou as análises de viabilidade econômica e ambiental da implantação de sistemas fotovoltaicos em residências unifamiliares de alto padrão.

#### **4. Resultados e Discussão**

Os resultados destacam os benefícios econômicos e ambientais da implantação de sistemas fotovoltaicos em uma residência unifamiliar de alto padrão, categorizada conforme ABNT NBR 12721 de 2006. A análise econômica envolveu a elaboração de um orçamento detalhado, simulação de financiamento, comparação dos custos acumulados em 10 anos entre o sistema fotovoltaico e a concessionária local, além da identificação do tempo de retorno do investimento e da economia gerada.

Do ponto de vista ambiental, foram calculadas as emissões de dióxido de carbono associadas ao consumo de energia da rede convencional e a compensação proporcionada pela geração de energia limpa.

#### **4.1. Projeto residencial unifamiliar**

O projeto selecionado para o estudo consiste em uma residência unifamiliar de alto padrão, com 247 m<sup>2</sup> de área construída, divididos entre pavimento térreo e pavimento superior. O pavimento térreo é composto por 15 ambientes, incluindo jardim frontal, garagem, salas de estar e jantar, cozinha, lavanderia, dormitório de serviço, lavabos, jardim posterior, varanda gourmet, área de churrasqueira, e piscinas infantil e adulta. O pavimento superior contém 10 ambientes, incluindo três suítes, banheiros, sacadas e um escritório. A descrição completa dos ambientes está no Anexo A.

A escolha do projeto residencial unifamiliar foi feita para harmonizar aspectos técnicos, econômicos e sociais, permitindo um estudo de caso que analisa de forma integrada a sustentabilidade ambiental e financeira no uso de energia fotovoltaica em residências.

#### **4.2. Determinação do consumo total da residência**

A determinação do consumo de energia elétrica da residência foi realizada de forma detalhada, considerando todos os equipamentos eletrodomésticos presentes nos diferentes ambientes do projeto selecionado. Esse processo teve como objetivo encontrar o consumo energético total diário da residência, a fim de subsidiar as análises de viabilidade econômica e ambiental do sistema fotovoltaico.

Para cada ambiente da residência, foi realizada uma listagem completa dos equipamentos elétricos e eletrônicos, acompanhada de suas respectivas potências médias. Esses valores, juntamente com os tempos médios de uso diário de cada equipamento, foram obtidos com base em tabelas de referência de eficiência energética, que apresentam as características típicas de equipamentos encontrados em residências de alto padrão (ELETROBRAS, 2022). Por fim, foi determinado o consumo total de energia da residência conforme demonstrado no Quadro 1 (Apêndice A) e na aplicação da equação 1 abaixo, encontrando-se o valor de **90,088 kWh por dia**.

$$\text{Consumo} = \sum \frac{(\text{Potência} \times \text{Tempo de Uso})}{1000} \rightarrow \text{Consumo} = 90,088 \text{ kWh}$$

#### ***4.3. Dimensionamento do sistema fotovoltaico***

O dimensionamento do sistema fotovoltaico foi realizado para atender ao consumo energético diário da residência de **90,088 kWh**, conforme detalhado no Quadro 1 (Apêndice A). Para isso, utilizou-se a irradiação solar média de **5,21 kWh/m<sup>2</sup>dia**, na cidade de Goiânia, e a eficiência do sistema foi considerada em **85%**. A potência necessária do sistema foi calculada conforme a aplicação da equação 2 abaixo, resultando em uma demanda de **20,35 kWh/dia**.

$$\text{Pot. do Sistema} = \frac{90,088}{5,21 \times 0,85} \rightarrow \text{Pot. do Sistema} = \mathbf{20,35 \text{ kWh/dia}}$$

Com a potência do sistema definida, foi calculada a quantidade de painéis necessários para atender a essa demanda. Considerando uma potência de **0,55 kW** por painel, pôde-se determinar a quantidade de painéis solares para atendimento da residência, conforme demonstra a aplicação da equação 3 abaixo, que indicou a necessidade de 38 painéis fotovoltaicos.

$$\text{N. de Painéis} = \frac{20,35}{0,55} \rightarrow \text{N. de Painéis} = 37,01 \rightarrow \mathbf{38 \text{ unidades}}$$

Esse arranjo permitiu estimar uma capacidade de geração diária do sistema em **92,50 kWh**, garantindo a compensação integral do consumo energético diário da residência, antes encontrada de **90,088 kWh**, contemplando margens para eventuais perdas operacionais. O processo adotado assegura o equilíbrio entre o consumo energético e a geração fotovoltaica, permitindo que o sistema atenda às necessidades de forma eficiente e sustentável.

#### ***4.4. Análise de viabilidade econômica***

A análise de viabilidade econômica avaliou os custos de implementação do sistema fotovoltaico e os benefícios financeiros, considerando o levantamento dos custos de aquisição e instalação. Inicialmente, foi realizado um orçamento paramétrico, com base nos preços de mercado de equipamentos como painéis solares, inversores e outros componentes, além dos custos com mão de obra, totalizando **R\$62.256,12**, conforme detalhado no Quadro 2 (Apêndice B).

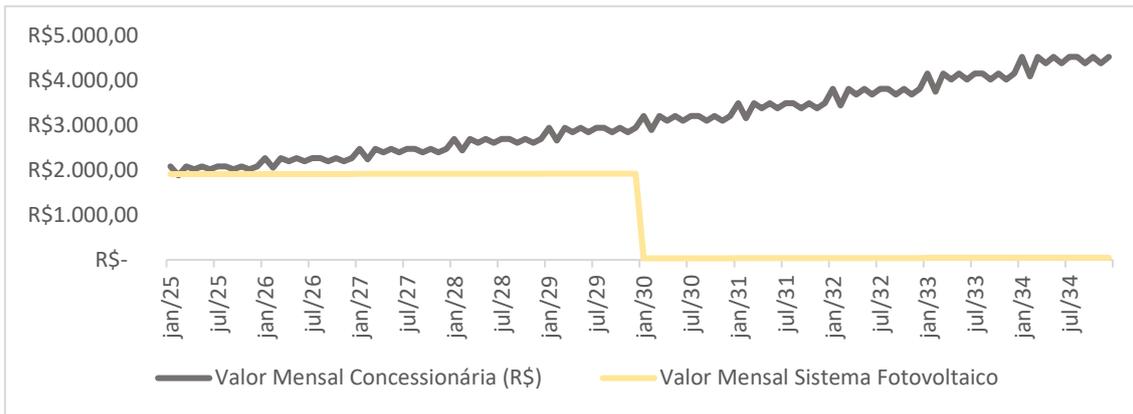
Para viabilizar o projeto, simulou-se um financiamento com três instituições financeiras: A, B e C, avaliando taxas de juros, prazos de parcelamento e facilidade de contratação. As instituições A e B apresentaram processos mais burocráticos e taxas mais altas, por não serem especializadas em geração de energia, sendo a instituição C escolhida para embasar a simulação, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1:** Simulação de Financiamento – Instituição Financeira C.

| <b>Simulação de Financiamento - Instituição Financeira C</b> |                |
|--|----------------|
| Valor total financiado (R\$)                                 | R\$ 62.257,00  |
| Taxa de juros (a.a)  | 26,74%         |
| Número de parcelas   | 60             |
| Valor mensal da parcela                                      | R\$ 1.799,68   |
| Valor total a ser pago                                       | R\$ 107.980,82 |
| Percentual investido x Custo da implantação                  | 173,44%        |

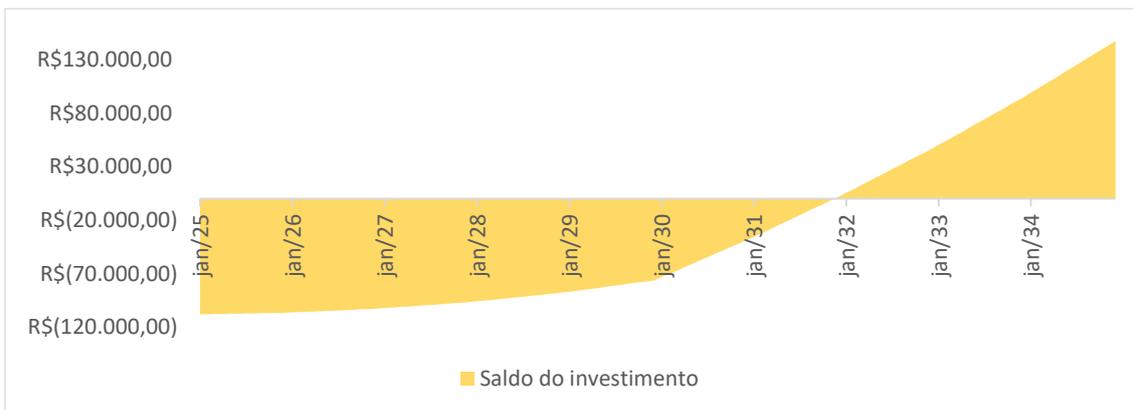
análise econômica comparou o custo de geração do sistema fotovoltaico com o custo da energia fornecida pela concessionária local. Considerou-se uma tarifa inicial de **R\$0,75/kWh** para a energia da concessionária, com aumento anual de **9%** conforme o histórico tarifário da fornecedora (EQUATORIAL ENERGIA, 2024), e um fluxo de pagamento de 10 anos. Para o sistema fotovoltaico, o período também foi de 10 anos, com os 5 primeiros anos incluindo o valor do financiamento simulado e a taxa mínima de energia para a concessionária. Nos 5 anos finais, o cálculo considerou apenas o custo da taxa mínima, que contemplou o consumo mínimo de **30kWh/mês** devido à instalação monofásica da residência (PORTAL SOLAR, 2023).

A análise de demanda energética mensal considerou a quantidade de dias de cada mês e o aumento da tarifa da concessionária ao longo do tempo. No primeiro ano, os valores pagos à concessionária e ao financiamento do sistema fotovoltaico são semelhantes. No entanto, com o aumento da tarifa, essa diferença cresce, alcançando uma média de **R\$530,28** mensais nos 5 primeiros anos. Após a quitação do financiamento, o custo do sistema fotovoltaico se estabiliza em um valor mínimo, gerando uma diferença média mensal de **R\$3.723,07**, conforme demonstrado no Quadro 3 e no Quadro 4 (Apêndices C e D). Esse grande distanciamento torna a instalação do sistema fotovoltaico economicamente viável, como ilustrado na Figura 5.



**Figura 5:** Análise comparativa de custo com energia elétrica.

Além disso, o investimento inicial na instalação do sistema fotovoltaico, que começa com um valor negativo de **R\$107.980,82** devido à contratação do financiamento, diminui progressivamente ao longo dos anos. Nos primeiros 5 anos, essa redução é sutil, resultando em um saldo ainda negativo de **R\$76.163,98** ao fim desse período. Nos últimos 5 anos, com a quitação do financiamento, a economia gerada pelo sistema fotovoltaico se intensifica significativamente, superando o valor pago à concessionária. Dessa forma, no final do 7º ano após a implantação, o saldo do investimento, que inicialmente era negativo, é zerado e começa a gerar economia com o sistema. Ao término dos 10 anos analisados, esse saldo finaliza com **R\$147.220,28** positivos, o que representa uma economia **36%** superior ao valor inicial, conforme demonstrado na Figura 6.



**Figura 6:** Análise de resultados do investimento.

Com base nas análises realizadas, a viabilidade econômica da instalação do sistema fotovoltaico é claramente evidenciada. O investimento inicial, embora elevado, se traduz em um retorno substancial ao longo dos 10 anos, especialmente após a quitação do financiamento. A redução progressiva do custo nos primeiros anos, combinada com a crescente economia gerada pela energia solar, demonstra que o sistema se torna uma opção financeiramente vantajosa, superando os custos da concessionária. Esses resultados

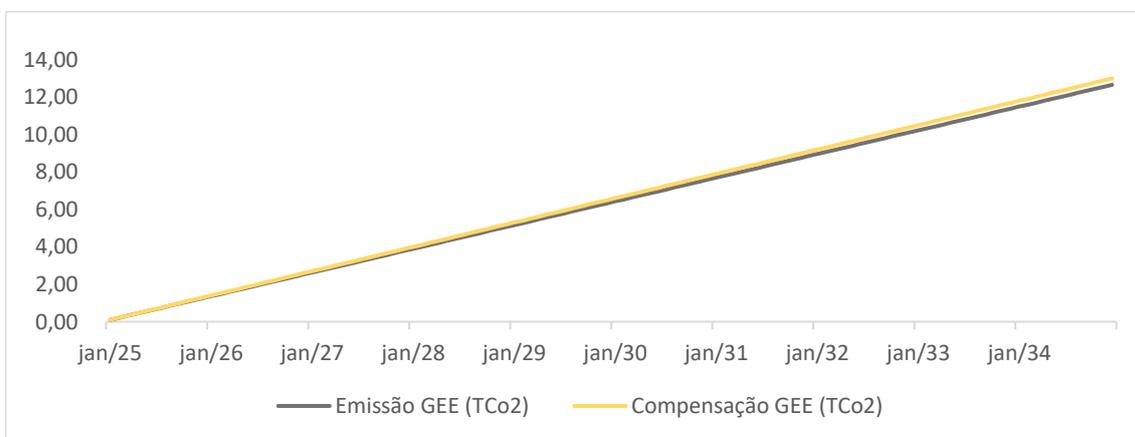
reforçam a ideia de que a adoção do sistema fotovoltaico é uma decisão financeiramente rentável a longo prazo, com retorno significativo sobre o investimento, além dos benefícios ambientais. A análise confirma a viabilidade do projeto, destacando sua importância econômica e sustentável.

#### 4.5. Análise de viabilidade ambiental

A análise de viabilidade ambiental foi realizada para avaliar o impacto do sistema fotovoltaico na redução das emissões de gases de efeito estufa, em comparação com o uso da energia fornecida pela concessionária local. Para isso, foi utilizado o consumo mensal de energia elétrica da residência, considerando que cada kWh de energia consumido resulta em uma emissão de aproximadamente **3,85x10<sup>5</sup> toneladas de CO<sub>2</sub>** (MCTI, 2022).

Inicialmente, foi calculada a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido mensalmente devido ao consumo de energia da concessionária. Em seguida, foi determinada a produção mensal de energia pelo sistema fotovoltaico, e o quanto de gases de efeito estufa seria compensado, com a geração de energia solar. A compensação foi calculada com base no total de energia produzida e a quantidade correspondente de CO<sub>2</sub> deixaria de ser emitida.

Ao longo dos 10 anos do projeto, a análise mostrou que, utilizando energia da concessionária, seriam emitidas aproximadamente **12,66 toneladas de CO<sub>2</sub>**. Por outro lado, com o uso do sistema fotovoltaico, a compensação de CO<sub>2</sub> alcançaria **13,00 toneladas**, segundo é demonstrado no Quadro 5 e no Quadro 6 (Apêndices E e F) e conforme demonstrado na Figura 7.



**Figura 7:** Análise de Emissão x Compensação de GEE.

A análise de viabilidade ambiental mostrou que, em 10 anos, o sistema fotovoltaico compensaria uma quantidade significativa das emissões de CO<sub>2</sub> do consumo de energia da concessionária. A redução líquida das emissões indica que o sistema fotovoltaico pode reduzir o impacto ambiental, reforçando o papel das fontes renováveis na mitigação dos efeitos da geração de energia convencional.

## **5. Conclusão**

O estudo sobre a viabilidade do uso da energia fotovoltaica em canteiros de obras e residências de alto padrão demonstrou seu grande potencial econômico e ambiental. A análise de custos, retorno do investimento e benefícios ambientais indicou que a energia solar pode reduzir a dependência de fontes não renováveis, especialmente no Brasil, com sua alta irradiação solar. A adoção de energia fotovoltaica em residências gera economia no longo prazo e contribui para reduzir emissões de gases de efeito estufa, mitigando mudanças climáticas. A comparação com o fornecimento da concessionária mostrou que o retorno do investimento ocorre em prazo razoável, tornando a tecnologia viável.

Contudo, embora o projeto evidencie sua viabilidade, é necessário considerar variáveis como a inconstância da irradiação solar ao longo do ano, o ângulo de inclinação das placas, a variação da eficiência do sistema e os custos de manutenção, não detalhados no trabalho. A objetividade deste estudo limitou os aprofundamentos, destacando a necessidade de análises futuras mais abrangentes.

Desafios na legislação e tributação ainda impactam projetos em larga escala. Apesar de a Lei nº 14.300/2022 incentivar a microgeração, é necessário simplificar processos e aprimorar políticas públicas para ampliar a adoção dessa tecnologia. A energia solar é uma alternativa sólida, mas avanços em pesquisa, tecnologia e regulação são cruciais para que o Brasil atinja uma matriz elétrica mais sustentável, até 2050.

## **6. Referências Bibliográficas**

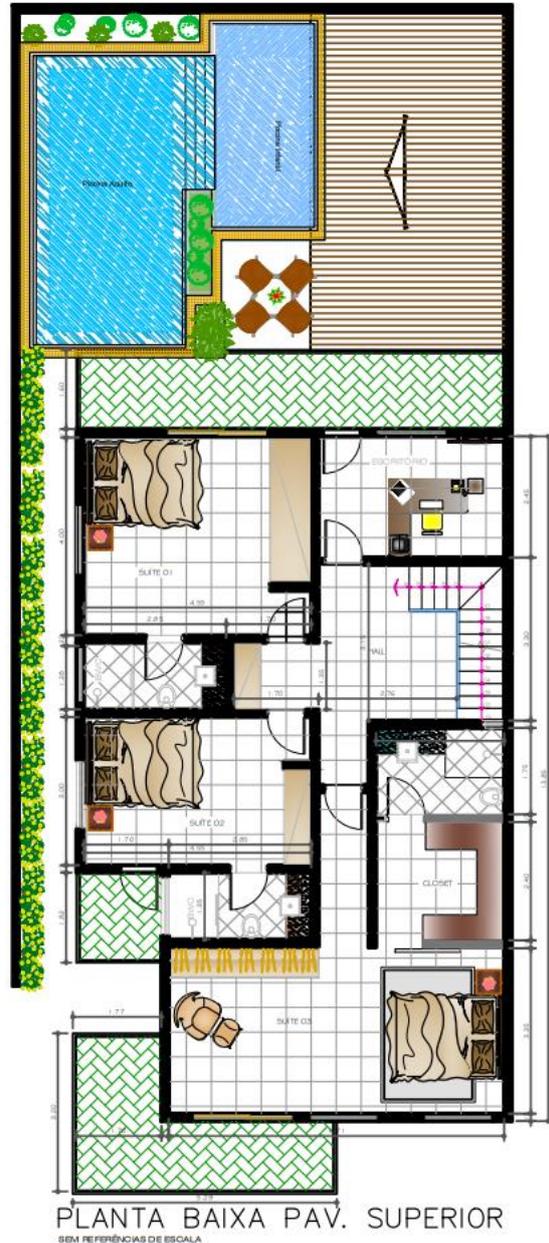
1. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica: Relatórios e Indicadores. Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores>.
2. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica: Plano Nacional de Energia 2050. Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-nacional-de-energia/plano-nacional-de-energia-2050/relatorio-final/relatorio-final/relatorio-final-do-pne-2050.pdf/view>.

3. CAAMAL-CHAN, E.M., LÓPEZ-PONCE, M.E., BARROSO-TANOIRA, F.G.: Sistema Fotovoltaico para Melhorar la Economía de Familias en Zonas Mayas. Un Estudio en Dzitbalché, Campeche. 593 Digital Publisher CEIT. Acesso em 28 de novembro de 2024; 9(2). Disponível em: <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.2.2246>.
4. ELETROBRAS: Manual de Eficiência Energética. Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Home.aspx>.
5. EQUATORIAL ENERGIA: Valor de Tarifas e Serviços. Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: <https://pa.equatorialenergia.com.br/informacoes-gerais/valor-de-tarifas-e-servicos/>.
6. FILHO, V.G., SANTOS, T.: Energy Security Transition: clean energy, critical minerals and new dependencies. *Ambiente e Sociedade*, 25; (2022).
7. GEHRKE, P., GORETTI, A.A.T., ÁVILA, L.V.: Impactos da matriz energética no desenvolvimento sustentável do Brasil. *Revista de Administração da UFSM*, 14, 1032-1049; (2021).
8. GUERRERO, A.L.V.: La nueva geopolítica de la energía en la región sudamericana: tendencias, actores y conflictos en la industria do gás. Universidad Nacional del Sul, Bahía Blanca; (2016).
9. INPE - CCST: Atlas Brasileiro de Energia Solar 2 - Goiás (Tabela Global). Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: [https://labren.ccst.inpe.br/atlas2\\_tables/GO\\_glo.html](https://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/GO_glo.html).
10. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY: World Energy Outlook 2024. Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.
11. KOVACIKOVA, M., JANOSKOVA, P., KOVACIKOVA, K: The Impact of Emissions on the Environment within the Digital Economy. *Transportation Research Procedia*. Elsevier B.V.; (2021).
12. LINDSEY, R.: Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>.
13. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI): Fator de emissão de CO<sub>2</sub> na geração de energia elétrica no Brasil em 2023 é o menor em 12 anos. Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/02/fator-de-emissao-de-co2-na-geracao-de-energia-eletrica-no-brasil-em-2023-e-o-menor-em-12-anos>.
14. PORTAL SOLAR: Brasil está entre os países mais atrativos para investimento em energia renovável. Acesso em 28 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/brasil-esta-entre-os-paises-mais-atrativos-para-investimento-em-energia-renovavel>.
15. SILVA, H.M.F. DA, ARAÚJO, F.J.C.: Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 8(3), 859-869; (2022).
16. TAVARES, L.A.: Matriz elétrica brasileira e as tendências futuras. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 4(5), e453135; (2023).

**Anexo A – Projeto residencial unifamiliar de alto padrão**



PLANTA BAIXA PAV. INFERIOR  
SEM REFERÊNCIAS DE ESCALA



PLANTA BAIXA PAV. SUPERIOR  
SEM REFERÊNCIAS DE ESCALA



FACHADA PRINCIPAL  
SEM REFERÊNCIAS DE ESCALA

## Apêndice A – Quadro 1: Levantamento do consumo de energia da residência

| Ambiente              | Equipamento                          | Potência (W) | Tempo de uso diário (h) | Consumo diário (kWh) |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------|-------------------------|----------------------|
| Jardim frontal        | Iluminação decorativa (LED)          | 50           | 5                       | 0,25                 |
| Jardim frontal        | Irrigação automática                 | 60           | 0,5                     | 0,03                 |
| Garagem               | Iluminação (LED)                     | 30           | 2                       | 0,06                 |
| Garagem               | Portão automático                    | 300          | 0,16                    | 0,048                |
| Sala de estar         | Televisor LED (70")                  | 165          | 3                       | 0,495                |
| Sala de estar         | Ar-condicionado (Split, 12.000 BTU)  | 1300         | 5                       | 6,5                  |
| Sala de estar         | Iluminação (LED)                     | 60           | 5                       | 0,3                  |
| Sala de estar         | Som ambiente                         | 50           | 2                       | 0,1                  |
| Sala de jantar        | Ar-condicionado (Split, 12.000 BTU)  | 1300         | 0,5                     | 0,65                 |
| Sala de jantar        | Iluminação (LED)                     | 60           | 3                       | 0,18                 |
| Cozinha               | Geladeira Side-by-Side               | 200          | 24                      | 4,8                  |
| Cozinha               | Forno elétrico                       | 1500         | 0,5                     | 0,75                 |
| Cozinha               | Fogão elétrico                       | 1200         | 1,5                     | 1,8                  |
| Cozinha               | Micro-ondas                          | 1500         | 0,5                     | 0,75                 |
| Cozinha               | Lava-louças                          | 1300         | 1                       | 1,3                  |
| Cozinha               | Coifa                                | 300          | 0,5                     | 0,15                 |
| Cozinha               | Iluminação (LED)                     | 40           | 4                       | 0,16                 |
| Lavanderia            | Máquina de lavar roupas              | 500          | 1                       | 0,5                  |
| Lavanderia            | Secadora de roupas                   | 3000         | 1                       | 3                    |
| Lavanderia            | Ferro de passar                      | 1200         | 0,5                     | 0,6                  |
| Lavanderia            | Iluminação (LED)                     | 30           | 2                       | 0,06                 |
| Dormitório de serviço | Ar-condicionado portátil (9.000 BTU) | 900          | 2                       | 1,8                  |
| Dormitório de serviço | Televisor LED (32")                  | 60           | 2                       | 0,12                 |
| Dormitório de serviço | Iluminação (LED)                     | 15           | 2                       | 0,03                 |
| Lavabo estar          | Iluminação (LED)                     | 15           | 0,5                     | 0,0075               |
| Lavabo estar          | Exaustor                             | 50           | 0,5                     | 0,025                |
| Jardim posterior      | Iluminação decorativa (LED)          | 40           | 5                       | 0,2                  |
| Jardim posterior      | Irrigação automática                 | 60           | 1                       | 0,06                 |
| Lavabo gourmet        | Iluminação (LED)                     | 15           | 1                       | 0,015                |
| Lavabo gourmet        | Exaustor                             | 50           | 0,5                     | 0,025                |
| Depósito              | Iluminação (LED)                     | 15           | 0,5                     | 0,0075               |
| Gourmet               | Iluminação (LED)                     | 40           | 4                       | 0,16                 |
| Churrasqueira         | Iluminação (LED)                     | 40           | 4                       | 0,16                 |
| Piscina infantil      | Iluminação subaquática (LED)         | 30           | 2                       | 0,06                 |
| Piscina infantil      | Bomba de filtragem                   | 750          | 2                       | 1,5                  |
| Piscina infantil      | Aquecimento                          | 1500         | 2                       | 3                    |
| Piscina adulto        | Iluminação subaquática (LED)         | 60           | 2                       | 0,12                 |
| Piscina adulto        | Bomba de filtragem                   | 1500         | 2                       | 3                    |
| Piscina adulto        | Aquecimento                          | 3000         | 2                       | 6                    |
| Sacada suíte 03       | Iluminação (LED)                     | 15           | 2                       | 0,03                 |
| Suíte 03              | Ar-condicionado (Split, 12.000 BTU)  | 1300         | 8                       | 10,4                 |
| Suíte 03              | Televisor LED (42")                  | 100          | 2                       | 0,2                  |
| Suíte 03              | Iluminação (LED)                     | 40           | 5                       | 0,2                  |
| Closet suíte 03       | Iluminação (LED)                     | 20           | 1                       | 0,02                 |
| Banheiro suíte 03     | Iluminação (LED)                     | 15           | 2                       | 0,03                 |
| Banheiro suíte 03     | Chuveiro elétrico                    | 5500         | 0,5                     | 2,75                 |
| Banheiro suíte 03     | Exaustor                             | 50           | 1                       | 0,05                 |
| Sacada suíte 02       | Iluminação (LED)                     | 15           | 2                       | 0,03                 |
| Suíte 02              | Ar-condicionado (Split, 12.000 BTU)  | 1300         | 8                       | 10,4                 |
| Suíte 02              | Televisor LED (42")                  | 100          | 2                       | 0,2                  |
| Suíte 02              | Iluminação (LED)                     | 40           | 5                       | 0,2                  |
| Banheiro suíte 02     | Iluminação (LED)                     | 15           | 2                       | 0,03                 |
| Banheiro suíte 02     | Chuveiro elétrico                    | 5500         | 0,5                     | 2,75                 |
| Banheiro suíte 02     | Exaustor                             | 50           | 1                       | 0,05                 |
| Suíte 01              | Ar-condicionado (Split, 12.000 BTU)  | 1300         | 8                       | 10,4                 |
| Suíte 01              | Televisor LED (42")                  | 100          | 2                       | 0,2                  |
| Suíte 01              | Iluminação (LED)                     | 40           | 5                       | 0,2                  |
| Banheiro suíte 01     | Iluminação (LED)                     | 15           | 2                       | 0,03                 |
| Banheiro suíte 01     | Chuveiro elétrico                    | 5500         | 0,5                     | 2,75                 |
| Banheiro suíte 01     | Exaustor                             | 50           | 1                       | 0,05                 |
| Escritório            | Computador (desktop)                 | 400          | 6                       | 2,4                  |
| Escritório            | Impressora multifuncional            | 50           | 0,5                     | 0,025                |
| Escritório            | Ar-condicionado (Split, 12.000 BTU)  | 1300         | 6                       | 7,8                  |
| Escritório            | Iluminação (LED)                     | 20           | 6                       | 0,12                 |
| <b>TOTAIS</b>         |                                      | <b>45120</b> | <b>176,66</b>           | <b>90,088</b>        |

## Apêndice B – Quadro 2: Orçamento paramétrico do projeto

| Item | Descrição  | Classificação | Unidade | Quantidade (un.) | Preço unitário (R\$) | Preço final (R\$) |
|------|--|---------------|---------|------------------|----------------------|-------------------|
| 0    | Instalação do sistema fotovoltaico                                 |               |         |                  |                      | R\$ 62.256,12     |
| 1    | Limpeza preliminar   |               |         |                  |                      | R\$ 1.390,00      |
| 1.1  | Auxiliar de limpeza  | Mão de obra   | VB      | 1                | R\$ 400,00           | R\$ 400,00        |
| 1.2  | Escada de extensão 4m  | Material      | UN      | 1                | R\$ 500,00           | R\$ 500,00        |
| 1.3  | Vassoura de cerdas longas  | Material      | UN      | 1                | R\$ 30,00            | R\$ 30,00         |
| 1.4  | Pá de lixo coletora  | Material      | UN      | 1                | R\$ 30,00            | R\$ 30,00         |
| 1.5  | Balde plástico multiuso  | Material      | L       | 18               | R\$ 20,00            | R\$ 360,00        |
| 1.6  | Pano de microfibras 80cm x 120cm                                   | Material      | UN      | 3                | R\$ 10,00            | R\$ 30,00         |
| 1.7  | Sabão líquido neutro 5L  | Material      | UN      | 1                | R\$ 40,00            | R\$ 40,00         |
| 2    | Equipamentos de segurança  |               |         |                  |                      | R\$ 1.365,00      |
| 2.1  | Luva de proteção   | Material      | UN      | 3                | R\$ 10,00            | R\$ 30,00         |
| 2.2  | Óculos de proteção   | Material      | UN      | 3                | R\$ 15,00            | R\$ 45,00         |
| 2.3  | Camisa de proteção solar   | Material      | UN      | 3                | R\$ 60,00            | R\$ 180,00        |
| 2.4  | Calça de proteção solar  | Material      | UN      | 3                | R\$ 60,00            | R\$ 180,00        |
| 2.5  | Bota de proteção   | Material      | UN      | 3                | R\$ 120,00           | R\$ 360,00        |
| 2.6  | Cinto de proteção com talabarte                                    | Material      | UN      | 3                | R\$ 150,00           | R\$ 450,00        |
| 2.7  | Capacete de proteção com apoio jugular                             | Material      | UN      | 3                | R\$ 40,00            | R\$ 120,00        |
| 3    | Preparação da superfície de instalação                             |               |         |                  |                      | R\$ 6.826,60      |
| 3.1  | Servente de instalações elétricas                                  | Mão de obra   | VB      | 1                | R\$ 800,00           | R\$ 800,00        |
| 3.2  | Trena de 10m   | Material      | UN      | 1                | R\$ 50,00            | R\$ 50,00         |
| 3.3  | Nível a laser  | Material      | UN      | 1                | R\$ 250,00           | R\$ 250,00        |
| 3.4  | Caixa de giz de marcação   | Material      | UN      | 1                | R\$ 10,00            | R\$ 10,00         |
| 3.5  | Linha nylon de marcação 100m                                       | Material      | UN      | 1                | R\$ 5,00             | R\$ 5,00          |
| 3.6  | Martelo de mão   | Material      | UN      | 1                | R\$ 20,00            | R\$ 20,00         |
| 3.7  | Parafusadeira elétrica   | Material      | UN      | 1                | R\$ 300,00           | R\$ 300,00        |
| 3.8  | Parafusos de fixação   | Material      | UN      | 228              | R\$ 0,05             | R\$ 11,40         |
| 3.9  | Buchas de expansão   | Material      | UN      | 304              | R\$ 0,05             | R\$ 15,20         |
| 3.10 | Massa de vedação   | Material      | KG      | 5                | R\$ 5,00             | R\$ 25,00         |
| 3.11 | Vigas de reforço metálicas   | Material      | M       | 40               | R\$ 80,00            | R\$ 3.200,00      |
| 3.12 | Chapas de alumínio 0,3m x 1m                                       | Material      | UN      | 40               | R\$ 50,00            | R\$ 2.000,00      |
| 3.13 | Rolo de manta térmica  | Material      | UN      | 2                | R\$ 70,00            | R\$ 140,00        |
| 4    | Instalação do sistema fotovoltaico                                 |               |         |                  |                      | R\$ 49.290,12     |
| 4.1  | Profissional eletricitista   | Mão de obra   | VB      | 1                | R\$ 1.300,00         | R\$ 1.300,00      |
| 4.2  | Técnico de instalações elétricas fotovoltaicas                     | Mão de obra   | VB      | 1                | R\$ 2.000,00         | R\$ 2.000,00      |
| 4.3  | Responsável técnico (engenheiro civil ou engenheiro eletricitista) | Mão de obra   | VB      | 1                | R\$ 12.000,00        | R\$ 12.000,00     |
| 4.4  | Projeto de instalações elétricas fotovoltaicas                     | Mão de obra   | VB      | 1                | R\$ 3.054,52         | R\$ 3.054,52      |
| 4.5  | Painéis fotovoltaicos  | Material      | UN      | 38               | R\$ 600,00           | R\$ 22.800,00     |
| 4.6  | Inversor fotovoltaico  | Material      | UN      | 1                | R\$ 1.200,00         | R\$ 1.200,00      |
| 4.7  | Parafusos de fixação   | Material      | UN      | 228              | R\$ 0,05             | R\$ 11,40         |
| 4.8  | Porcas de fixação  | Material      | UN      | 228              | R\$ 0,05             | R\$ 11,40         |
| 4.9  | Fita de aterramento  | Material      | M       | 50               | R\$ 20,00            | R\$ 1.000,00      |
| 4.10 | Conectores de aterramento  | Material      | UN      | 76               | R\$ 30,00            | R\$ 2.280,00      |
| 4.11 | Condutor de aterramento  | Material      | M       | 15               | R\$ 10,00            | R\$ 150,00        |
| 4.12 | Eletrodos de aterramento   | Material      | UN      | 3                | R\$ 20,00            | R\$ 60,00         |
| 4.13 | Conectores MC4   | Material      | UN      | 76               | R\$ 0,30             | R\$ 22,80         |
| 4.14 | Condutores 6mm <sup>2</sup>  | Material      | M       | 380              | R\$ 5,00             | R\$ 1.900,00      |
| 4.15 | Disjuntor CA   | Material      | UN      | 1                | R\$ 70,00            | R\$ 70,00         |
| 4.16 | Disjuntor CC   | Material      | UN      | 4                | R\$ 70,00            | R\$ 280,00        |
| 4.17 | Quadro de proteção fotovoltaico                                    | Material      | UN      | 1                | R\$ 350,00           | R\$ 350,00        |
| 4.18 | Sistema de monitoramento geral                                     | Material      | UN      | 1                | R\$ 800,00           | R\$ 800,00        |
| 5    | Taxas e impostos   |               |         |                  |                      | R\$ 3.384,41      |
| 5.1  | ICMS   | Tributação    | VB      | 1                | R\$ -                | R\$ -             |
| 5.2  | ISS  | Tributação    | VB      | 1                | R\$ 684,41           | R\$ 684,41        |
| 5.3  | Licença prévia de instalação                                       | Tributação    | VB      | 1                | R\$ 800,00           | R\$ 800,00        |
| 5.4  | Licença de instalação  | Tributação    | VB      | 1                | R\$ 800,00           | R\$ 800,00        |
| 5.5  | Licença de operação  | Tributação    | VB      | 1                | R\$ 800,00           | R\$ 800,00        |
| 5.6  | Anotação de responsabilidade técnica                               | Tributação    | VB      | 1                | R\$ 300,00           | R\$ 300,00        |

### Apêndice C – Quadro 3: Custos com o sistema concessionária

| Ano  | Mês       | Dias | Sistema Concessionária   |                             |                                   |
|------|-----------|------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
|      |           |      | Consumo de Energia (kWh) | Tarifa Concessionária (R\$) | Valor Mensal Concessionária (R\$) |
| 2025 | Janeiro   | 31   | 2.792,73                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.083,18                      |
|      | Fevereiro | 28   | 2.522,46                 | R\$ 0,75                    | R\$ 1.881,58                      |
|      | Março     | 31   | 2.792,73                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.083,18                      |
|      | Abril     | 30   | 2.702,64                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.015,98                      |
|      | Maio      | 31   | 2.792,73                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.083,18                      |
|      | Junho     | 30   | 2.702,64                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.015,98                      |
|      | Julho     | 31   | 2.792,73                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.083,18                      |
|      | Agosto    | 31   | 2.792,73                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.083,18                      |
|      | Setembro  | 30   | 2.702,64                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.015,98                      |
|      | Outubro   | 31   | 2.792,73                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.083,18                      |
|      | Novembro  | 30   | 2.702,64                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.015,98                      |
|      | Dezembro  | 31   | 2.792,73                 | R\$ 0,75                    | R\$ 2.083,18                      |

### Apêndice D – Quadro 4: Custos com o sistema fotovoltaico.

| Ano  | Mês       | Dias | Sistema Fotovoltaico      |                                      |                                   |
|------|-----------|------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
|      |           |      | Valor Financiamento (R\$) | Taxa Mínima de Energia Elétrica(R\$) | Valor Mensal Sistema Fotovoltaico |
| 2025 | Janeiro   | 31   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Fevereiro | 28   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Março     | 31   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Abril     | 30   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Maiο      | 31   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Junho     | 30   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Julho     | 31   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Agosto    | 31   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Setembro  | 30   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Outubro   | 31   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Novembro  | 30   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |
|      | Dezembro  | 31   | R\$ 1.889,46              | R\$ 22,38                            | R\$ 1.911,84                      |

### Apêndice E – Quadro 5: Impactos ambientais com o sistema concessionária

| Ano           | Sistema Concessionária   |                    |
|---------------|--------------------------|--------------------|
|               | Consumo de Energia (kWh) | Emissão GEE (TCO2) |
| 2025          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2026          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2027          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2028          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2029          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2030          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2031          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2032          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2033          | 32.882,12                | 1,27               |
| 2034          | 32.882,12                | 1,27               |
| <b>TOTAIS</b> | <b>328.821,20</b>        | <b>12,66</b>       |

**Apêndice F – Quadro 6: Retornos ambientais com o sistema fotovoltaico**

| <b>Ano</b>    | <b>Sistema Fotovoltaico</b>              |                               |
|---------------|--|-------------------------------|
|               | <b>Energia Fotovoltaica Gerada (kWh)</b> | <b>Compensação GEE (TCO2)</b> |
| 2025          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2026          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2027          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2028          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2029          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2030          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2031          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2032          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2033          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| 2034          | 33.763,36                                | 1,30                          |
| <b>TOTAIS</b> | <b>337.633,60</b>                        | <b>13,00</b>                  |