



**FATEC Guarulhos**

**Autor: Ivair Ferreira de Almeida**

**Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Batista Silva**

**Energia Fotovoltaica em Empresa de Pequeno Porte para Redução de Custos Operacionais**

**Guarulhos – SP**

**2025**

## RESUMO

O presente trabalho analisa a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico em uma empresa de pequeno porte do setor automotivo, localizada em Guarulhos/SP, com o objetivo de reduzir custos operacionais e aumentar a competitividade. A metodologia adotada foi a pesquisa-ação diagnóstica, conforme Barbier (2007), que permitiu levantar dados de consumo energético, dimensionar o sistema fotovoltaico, estimar a geração mensal de energia e calcular o retorno do investimento. O estudo demonstrou que o consumo médio mensal da empresa é de 12.930 kWh, com um gasto aproximado de R\$ 11,7 mil em energia elétrica. O sistema projetado, de 82,34 kWp, foi dimensionado para atender 70% da demanda energética, proporcionando uma economia anual estimada de R\$ 98,6 mil. Com um investimento inicial de R\$ 186.025,85 e uma taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, obteve-se um payback descontado de 2 anos e 2 meses. Os resultados confirmam a viabilidade econômica do projeto e destacam as perspectivas de redução de custos operacionais no longo prazo, reforçando a sustentabilidade financeira e ambiental da organização.

**Palavras-chave:** energia solar fotovoltaica; custos operacionais; viabilidade econômica; payback.

## ABSTRACT

This study analyzes the feasibility of implementing a photovoltaic system in a small-sized automotive company located in Guarulhos/SP, aiming to reduce operational costs and increase competitiveness. The methodology adopted was the diagnostic action-research approach, according to Barbier (2007), which enabled the collection of energy consumption data, photovoltaic system sizing, monthly energy generation estimation, and investment return calculation. The results showed that the company's average monthly consumption is 12,930 kWh, with an approximate expenditure of BRL 11,700 on electricity. The designed system, with 82.34 kWp capacity, was sized to meet 70% of the energy demand, providing an estimated annual saving of BRL 98,600. With an initial investment of BRL 186,025.85 and a minimum attractiveness rate of 10% per year, the discounted payback was calculated at 2 years and 2 months. The findings confirm the economic feasibility of the project and highlight the long-term

perspectives for reducing operational costs, reinforcing the company's financial and environmental sustainability.

**Keywords:** fotovoltaic solar energy; operational costs; economic feasibility; payback.

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão eficiente dos custos operacionais é uma das maiores preocupações enfrentadas pelas empresas. (Assaf Neto, 2014).

Esses custos operacionais abrangem todas as despesas necessárias para manter a estrutura produtiva em funcionamento, como matérias-primas, mão de obra, manutenção, transporte e insumos. Como destaca Martins (2010), compreender a natureza dos custos — sejam eles fixos ou variáveis, diretos ou indiretos — é fundamental para que gestores tomem decisões eficazes, sobretudo em contextos em que os recursos são limitados.

Nesse sentido, o consumo de energia elétrica representa um desafio constante. Por ser um custo recorrente e muitas vezes subestimado, pode chegar a comprometer uma parcela significativa do orçamento empresarial. De acordo com o Sebrae (2023), a energia pode representar até 20% dos custos operacionais de uma pequena empresa, o que evidencia sua relevância no planejamento financeiro. Além disso, trata-se de um custo sujeito a fatores externos, como variações tarifárias, bandeiras energéticas e instabilidades no fornecimento, exigindo atenção especial dos gestores na busca por alternativas que ofereçam maior previsibilidade e controle (Brasil, 2023).

Diante dessa realidade, muitas organizações adotam estratégias para otimizar seus recursos e reduzir os impactos financeiros da operação. Entre as soluções mais utilizadas estão a reestruturação de processos, o investimento em automação e eficiência energética, a modernização de equipamentos e, cada vez mais, a adoção de fontes alternativas de energia. Conforme observa Torelli (2018), ações voltadas à eficiência no consumo de energia configuram-se como medidas de baixo custo com potencial significativo de impacto na produtividade e competitividade, sobretudo no ambiente das pequenas indústrias.

Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica tem se destacado como uma alternativa promissora. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2023), o Brasil vem registrando sucessivos recordes de expansão da energia solar, mesmo sem considerar os sistemas de micro e minigeração, o que demonstra a consolidação dessa alternativa no setor energético nacional.

Sendo assim, a transição para fontes renováveis como a energia fotovoltaica deixa de ser apenas uma tendência e passa a representar uma resposta concreta aos desafios impostos pelo atual contexto econômico e ambiental (Cavalcante, 2014). Diante deste cenário, desenvolve-se os objetivos deste trabalho.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a aplicação da energia solar fotovoltaica como meio de redução de custos operacionais em uma empresa de pequeno porte, através de um estudo baseado em pesquisa-ação diagnóstica.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Dimensionar, de forma simplificada, uma estrutura fotovoltaica adequada ao perfil energético da empresa com base no histórico de consumo em um período de 12 meses e estimar a geração mensal de energia solar a partir da estrutura proposta;
- Calcular a redução no consumo da rede elétrica e a economia financeira mensal esperada nos custos com eletricidade, além de determinar o tempo de retorno do investimento (payback);
- Refletir os possíveis impactos dessa redução de custos na competitividade e margem de lucro da empresa.

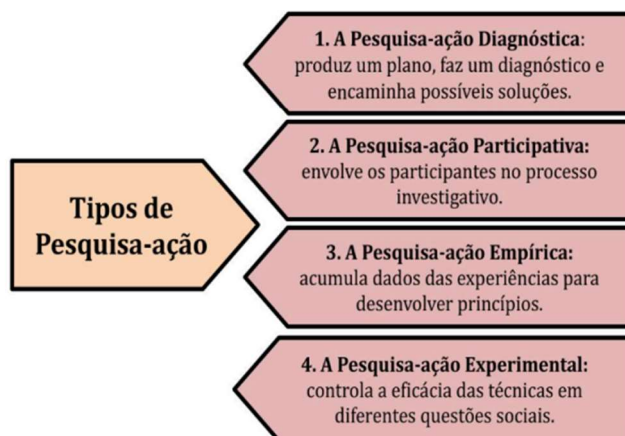
## **3 METODOLOGIA**

Este trabalho utiliza a pesquisa-ação como metodologia de estudo, definida por Barbier (2007) como uma forma de investigação que visa transformar a realidade por

meio da articulação entre ação e reflexão crítica, fundamentada teoricamente e aplicada de forma prática em contextos concretos.

Silva, Oliveira e Ataídes (2021) na Figura 1 classificam a pesquisa-ação em 4 tipos distintos, com base nos princípios delineados por Barbier (2007):

Figura 1 - Tipos de Pesquisa-ação



**Fonte:** Silva, Oliveira e Ataídes (2021) com fundamento em Barbier (2007)

Dentre essas vertentes, este estudo adota a pesquisa-ação diagnóstica, por se adequar ao propósito técnico-aplicado da investigação: diagnosticar o perfil de consumo energético de uma empresa de pequeno porte e propor a implementação de um sistema fotovoltaico como forma de redução de custos operacionais. A partir das etapas propostas por Barbier (2007) para a pesquisa-ação, que foram adaptadas e estruturadas para a aplicação especificamente neste estudo, conforme apresentado pelo Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas da pesquisa-ação adotadas neste estudo

| <b>Etapas da pesquisa-ação</b>                  | <b>Função na abordagem diagnóstica</b>                                                                                  | <b>Aplicação neste estudo</b>                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Identificação do problema e contextualização | Delimita a situação-problema a partir de um contexto real, com escuta ativa da demanda e definição clara dos objetivos. | Identificação dos gastos com energia elétrica como oportunidade de redução dos custos operacionais na empresa estudada.                                      |
| 2. Planejamento e realização em espiral         | Organiza as ações em ciclos, com ajustes progressivos conforme o retorno das análises e simulações realizadas.          | Coleta de dados e análise do consumo elétrico, estrutura física e perfil da empresa para definição do tipo de sistema fotovoltaico a ser aplicado no estudo. |
| 3. Aplicação de técnicas adequadas              | Utiliza ferramentas práticas e adaptadas à realidade da organização para garantir diagnósticos e projeções confiáveis.  | Análise dos dados obtidos para realização do cálculo energético, dimensionamento do sistema fotovoltaico e estimativas de economia e payback.                |

|                             |                                                                                                                             |                                                                                                                                                          |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Avaliação dos resultados | Reflete sobre os impactos esperados, valida as conclusões com base técnica e organiza os resultados para tomada de decisão. | Avaliação da viabilidade técnica e econômica da proposta elaborada e o potencial impacto na redução de custos operacionais e competitividade da empresa. |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em Barbier (2007)

## 4 DESENVOLVIMENTO

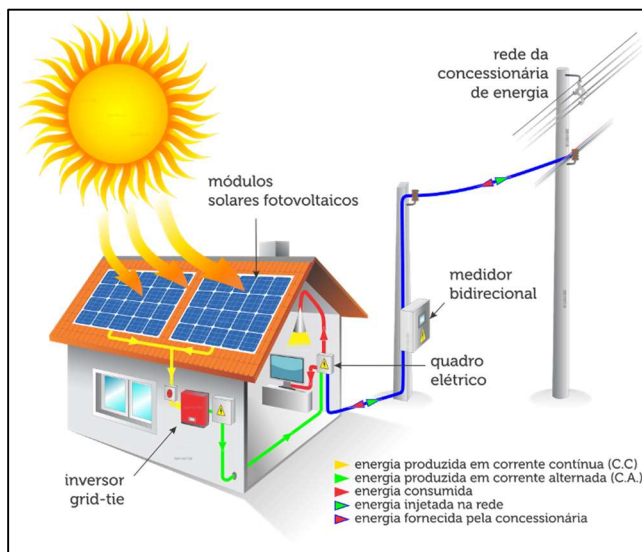
### 4.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA: PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

A energia fotovoltaica converte a luz solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. Nesse processo, os fótons atingem as células de silício, excitam elétrons e, conduzidos pela junção p-n, produzem corrente elétrica (Cresesb, 2006). As células são reunidas em módulos ou painéis, interligados em série e paralelo, aumentando a eficiência e a tensão gerada (Pinho e Galdino, 2014).

A energia produzida é em corrente contínua (CC) e precisa ser convertida em alternada (CA) por inversores. Esses dispositivos, além da conversão, exercem funções de controle, monitoramento e segurança do sistema (Lima et al., 2020). A instalação exige locais com boa insolação, preferencialmente orientados ao norte no hemisfério sul.

Os principais componentes de um sistema fotovoltaico são módulos solares, inversores, baterias e controladores de carga, responsáveis por regular a tensão enviada ao armazenamento. A Figura 2 ilustra o esquema de ligação do sistema, auxiliando na compreensão de seu funcionamento.

*Figura 2 - Diagrama esquemático da energia solar*



**Fonte:** luzsolar.com.br

## 4.2 CUSTOS OPERACIONAIS

### 4.2.1 Conceito de Custos Operacionais

Segundo Martins (2010), custos operacionais são todos os gastos necessários para garantir o funcionamento contínuo de uma organização, abrangendo todas as atividades relacionadas ao processo produtivo de uma empresa. Eles envolvem gastos com matérias-primas, mão de obra, energia elétrica, água, manutenção, transporte, comunicações, entre outros elementos que sustentam a operação diária, sendo o conhecimento e a correta classificação dos custos são indispensáveis para a tomada de decisões gerenciais e para o planejamento eficiente, especialmente em contextos em que os recursos são mais limitados, como nas micro e pequenas empresas.

### 4.2.2 Custos Operacionais com Energia Elétrica

A energia elétrica é insumo essencial em ambientes industriais, usada em máquinas, iluminação e infraestrutura. Classifica-se, em geral, como custo indireto e fixo, com grande impacto nas finanças. Segundo o Sebrae (2023), pode representar

até 20% dos custos operacionais de pequenos negócios, tornando-se ainda mais relevante pela limitação de capital dessas empresas. A adoção de sistemas fotovoltaicos pode reduzir significativamente os custos operacionais das pequenas empresas, sobretudo pelas economias nas contas de energia elétrica. Em um cenário de preços instáveis, trata-se de uma solução viável em regiões com alta radiação solar (Almeida, 2021). Além disso, a manutenção é simples e de baixo custo, estimada em cerca de 3% da receita anual, e a vida útil pode chegar a 25 anos, aumentando a atratividade e a estabilidade financeira do investimento (Roedel; Mafra, 2019).

### 4.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

#### 4.3.1 Características da Rede Elétrica e Consumo de Energia da Empresa

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico inicia-se pela análise do consumo energético. Para Ursulino (2024), considerar condições locais, perdas e características técnicas é essencial para assegurar desempenho e viabilidade econômica.

Dessa forma, foram levantadas as características da ligação da rede elétrica da empresa (Quadro 2) e coletado o consumo e gasto de energia em 12 meses, entre fevereiro/2024 e janeiro/2025 (Tabela 1). Os dados abrangem toda a empresa, incluindo áreas administrativa e fabril, refletindo o perfil produtivo e os custos operacionais.

Quadro 2 - Características da Ligação da Rede Elétrica da Empresa

| <b>Característica</b> | <b>Descrição</b> |
|-----------------------|------------------|
| Grupo/Subgrupo        | B - B3           |
| Classe/Subclasse      | Industrial       |
| Tipo de Fornecimento  | Trifásico        |
| Modalidade Tarifária  | Convencional     |
| Tensão Nominal        | 220 / 127 V      |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Tabela 1 - Consumo de Energia da Empresa

| <b>Mês/Ano</b> | <b>Consumo (kWh)</b> | <b>Valor da Fatura (R\$)</b> |
|----------------|----------------------|------------------------------|
| fev/24         | 12.480               | 11.408,98                    |
| mar/24         | 14.400               | 12.890,38                    |

|        |        |           |
|--------|--------|-----------|
| abr/24 | 12.280 | 10.839,94 |
| mai/24 | 13.120 | 11.792,29 |
| jun/24 | 12.680 | 10.700,53 |
| jul/24 | 12.720 | 11.799,18 |
| ago/24 | 13.440 | 12.146,62 |
| set/24 | 13.360 | 12.403,13 |
| out/24 | 12.680 | 12.776,41 |
| nov/24 | 11.560 | 11.095,80 |
| dez/24 | 13.600 | 12.177,24 |
| jan/25 | 12.840 | 10.935,54 |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

#### 4.3.2 Análise da Estrutura Física e Potencial de Instalação

Para avaliar a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico, foi realizada uma análise preliminar da estrutura física da unidade industrial em estudo.

O Quadro 3 a seguir apresenta os principais dados coletados:

Quadro 3 - Análise da Estrutura Física e Potencial de Instalação

| <b>Informação</b>                                         | <b>Dado</b>                                |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Cobertura                                                 | Cidade de Guarulhos/SP                     |
| Tipo de Imóvel                                            | Galpão industrial                          |
| Cobertura                                                 | Telhado metálico                           |
| Área útil disponível (para instalação de painéis solares) | 408 m <sup>2</sup>                         |
| Orientação solar                                          | Favorável (sem sombreamento significativo) |
| Inclinação do telhado                                     | Adequada para captação solar               |
| Modalidade tarifária                                      | Convencional (Grupo B – B3)                |
| Espaço para inversores                                    | Sim, disponível internamente               |
| Acessibilidade para manutenção                            | Sim                                        |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Os dados indicam que a empresa possui condições técnicas e estruturais adequadas para a instalação de um sistema fotovoltaico, com espaço, infraestrutura e compatibilidade elétrica favoráveis à demanda energética.

#### 4.3.3 Levantamento do Consumo Diário De Energia

Essa etapa tem como objetivo identificar o quanto de energia a unidade consome em média por dia, servindo como base para dimensionar o sistema que suprirá essa demanda. Os dados são obtidos a partir das faturas mensais de energia. Segundo Ribeiro (2018), esse valor é calculado dividindo-se o consumo mensal por 30 dias:

$$E_{diaria} = E_{mensal}/30$$

Onde:

$E_{diaria}$  = consumo médio diário (kWh/dia)

$E_{mesal}$  = consumo médio mensal (kWh)

Com base nos dados das faturas analisadas, o consumo médio mensal da unidade é de:

$$E_{mensal} = 12.930 \text{ kWh}$$

Portanto o consumo médio diário da empresa é:

$$E_{diaria} = \frac{E_{mensal}}{30} = \frac{12.930}{30} \approx 431 \text{ kWh/dia}$$

#### 4.3.4 Irradiação Solar no Local (HSP – Horas de Sol Pleno)

Essa etapa visa avaliar o potencial solar da região. A HSP (Horas de Sol Pleno) representa a quantidade média diária de energia solar incidente, expressa em horas por dia, correspondendo ao número de horas em que a radiação solar atinge a intensidade de 1.000 W/m<sup>2</sup>. Esse valor é fundamental para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, pois permite estimar a geração de energia com base na potência instalada (INPE, 2017).

$$HSP = \text{Horas de Sol Pleno (horas)}$$

Segundo o portal PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), desenvolvida pelo Centro Comum de Pesquisa da Comissão Europeia, a região de Guarulhos/SP apresenta cerca de 4,5 horas de sol pleno por dia, equivalentes a 4,58 kWh/m<sup>2</sup>/dia (Tabela 2). Esse valor será adotado no estudo como base para o dimensionamento energético, estimativa da geração anual e análise de viabilidade.

Tabela 2 - Irradiação Solar Média (HSP) em Guarulhos-SP

| Mês         | Irradiação Solar Média Diária (HSP) (kWh/m <sup>2</sup> /dia) |
|-------------|---------------------------------------------------------------|
| Janeiro     | 5,32                                                          |
| Fevereiro   | 5,67                                                          |
| Março       | 5,05                                                          |
| Abril       | 4,38                                                          |
| Mai         | 3,56                                                          |
| Junho       | 3,25                                                          |
| Julho       | 3,59                                                          |
| Agosto      | 4,11                                                          |
| Setembro    | 4,48                                                          |
| Outubro     | 4,72                                                          |
| Novembro    | 5,27                                                          |
| Dezembro    | 5,63                                                          |
| Média Anual | 4,58                                                          |

**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados retirados do portal PVGIS (<https://re.jrc.ec.europa.eu/>)

#### 4.3.5 Escolha do Tipo De Sistema (On Grid Ou Off Grid) e Objetivo de Geração

A definição do tipo de sistema fotovoltaico é etapa inicial do dimensionamento e depende das condições do local e da necessidade de autonomia. Conforme Pinho e Galdino (2014), os sistemas podem ser On Grid, conectados à rede e indicados para áreas urbanas; Off Grid, autônomos com baterias e ideais para locais isolados; ou híbridos, que combinam ambas as modalidades. A escolha adequada influencia diretamente os componentes e a viabilidade do sistema.

Após a análise realizada sobre o consumo atual de energia elétrica e a estrutura física com seu potencial de instalação dos painéis solares, definiu-se que este estudo irá considerar a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede (on-grid), dimensionado para atender 70% da demanda média mensal de energia da empresa, aproveitando do potencial solar e área disponíveis no local.

#### 4.3.6 Cálculo da Potência do Sistema Fotovoltaico

Essa etapa calcula a potência necessária do sistema para atender o consumo diário, considerando a irradiação local e as perdas. Segundo Pinho e Galdino (2014),

essas perdas incluem limitações dos inversores, perdas ôhmicas, de temperatura, sombreamento, sujeira e desvios de orientação, afetando o rendimento global (performance ratio). Conforme o Fraunhofer ISE (2025), esse índice evoluiu de cerca de 70% antes de 2000 para valores entre 80% e 90% atualmente, recomendando-se adotar essa faixa em projetos fotovoltaicos. Assim, a potência do sistema pode ser estimada a partir do consumo médio diário, da irradiação solar (HSP) e do rendimento global, conforme a relação apresentada.

$$P_{FV} = E_{diaria} / (HSP \times n)$$

Onde:

$P_{FV}$  = potência necessária do sistema fotovoltaico (kWp)

$E_{diaria}$  = consumo médio diário (kWh/dia)

$HSP$  = horas de sol pleno (horas)

$n$  = rendimento global do sistema (performance ratio)

Para o dimensionamento proposto, calculou-se a potência do sistema para atender 70% da demanda média diária da empresa, considerando eficiência global (performance ratio) de 80% para compensar perdas:

$$P_{FV} = \frac{E_{diaria}}{HSP \times n} = \frac{431 \times 0,70}{4,58 \times 0,80} \approx 82,34 \text{ kWp}$$

Com isso conclui-se que a potência necessária estimada para o sistema fotovoltaico atender 70% do consumo diário da empresa é de aproximadamente 82,34 kWp.

#### 4.3.7 Dimensionamento dos Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são os componentes que convertem a energia solar em energia elétrica. A quantidade de módulos necessários pode ser obtida pela razão entre a potência do sistema e a potência de cada módulo, conforme adaptado de Pinho e Galdino (2014):

$$N_{modulos} = P_{FV} / P_{modulo}$$

Onde:

$N_{modulos}$  = número de módulos fotovoltaicos

$P_{FV}$  = potência do sistema fotovoltaico (kWp)

$P_{\text{modulo}}$  = potência de cada módulo (kWp)

Para o dimensionamento, adotou-se potência total de 82,34 kWp. A quantidade de módulos foi definida pela potência unitária de 550 Wp, típica dos módulos monocristalinos PERC, amplamente usados no Brasil pelo bom custo-benefício e eficiência acima de 19% (Canal Solar). A fórmula aplicada é:

$$N_{\text{modulos}} = \frac{P_{FV}}{P_{\text{modulo}}} = \frac{82,34}{0,550} \approx 149,7$$

Portando, serão necessários 150 módulos, arredondando para cima, garantindo cobertura completa da demanda energética prevista.

#### 4.3.8 Dimensionamento do Inversor

O inversor converte a corrente contínua dos módulos em alternada para a rede elétrica. Sua potência é definida por um fator de dimensionamento, que, segundo Zilles et al. (2012, apud Kroth; Rampinelli, 2020), permite reduzir custos quando aplicado corretamente, mas pode comprometer a vida útil do equipamento em casos de subdimensionamento excessivo. Pinho e Galdino (2014) indicam valores entre 60% e 80%. A fórmula adaptada de Pinho e Galdino (2014) e da NBR 16149:2013 apresenta o cálculo do inversor a partir do fator de dimensionamento (FDI).

$$FDI = P_{\text{inversor}} / P_{FV}$$

Onde:

$FDI$  = fator de dimensionamento do inversor (entre 0,6 e 0,8)

$P_{\text{inversor}}$  = potência nominal do inversor (kW)

$P_{FV}$  = potência do gerador fotovoltaico (kWp)

Para dimensionamento do sistema fotovoltaico deste estudo, adota-se FDI de 0,8, ou seja, inversor com 80% da potência instalada:

$$FDI = \frac{P_{\text{inversor}}}{P_{FV}} \rightarrow P_{\text{inversor}} = FDI \times P_{FV}$$

Aplicando a fórmula:

$$P_{\text{inversor}} = 0,8 \times 82,34 = 65,87 \text{ kW}$$

Portanto, a potência nominal necessária do inversor é de 65,87 kW, podendo ser dividida em equipamentos menores, como 2 de 33 kW ou 3 de 25 kW, conforme preço e disponibilidade. A escolha final será analisada posteriormente no levantamento de custos de instalação.

#### 4.3.9 Verificação da Área Necessária e Estrutura

A estrutura é o suporte físico responsável por sustentar os módulos fotovoltaicos, devendo ser dimensionada conforme as condições climáticas do local, o tipo de cobertura e o espaço disponível na edificação. Para estimar a área mínima necessária, utiliza-se a relação, baseada na quantidade de módulos e sua área ocupada:

$$A_{necessaria} = N_{modulos} \times A_{modulo}$$

Onde:

$A_{necessaria}$  = área mínima necessária (m<sup>2</sup>)

$N_{modulos}$  = número de módulos fotovoltaicos

$A_{modulo}$  = área média ocupada por módulo (m<sup>2</sup>)

Considerando que cada módulo de 550 Wp encontrado no mercado em geral possui dimensões aproximadas de 2,2 m<sup>2</sup>, incluindo folgas mínimas. Com base na quantidade calculada de 150 módulos, a calcula-se a área estimada do sistema dimensionado:

$$A_{necessaria} = N_{modulos} \times A_{modulo} = 150 \times 2,2 = 330 \text{ m}^2$$

Com isso a área mínima estimada para o sistema é de 330 m<sup>2</sup>, compatível com os 408 m<sup>2</sup> disponíveis na cobertura da empresa (Quadro 3). Isso justifica a proposta de atender 70% da demanda, evitando ocupação total da cobertura ou custos extras com alternativas de instalação.

#### 4.4 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA

Essa etapa visa prever a geração mensal do sistema, considerando a potência instalada, o potencial solar e a eficiência global. Ribeiro (2018) e Marinoski et al. (2004) propõem:

$$E_{(mensal\_gerado)} = P_{FV} \times HSP \times 30 \times n$$

Onde:

$E_{(mensal\_gerado)}$  = energia gerada mensalmente (kWh)

$P_{FV}$  = potência instalada (kWp)

$HSP$  = horas de sol pleno (horas)

$n$  = eficiência global do sistema (geralmente entre 0,75 e 0,85)

#### 4.4.1 Geração Estimada por Mês

Com base nos cálculos do item 4.3 e nas HSP da Tabela 2 (PVGIS – Guarulhos/SP), atualizou-se a estimativa de geração mensal do sistema de 82,34 kWp (150 módulos de 550 Wp), adotando-se performance ratio médio de 80%. A Tabela 3 apresenta os resultados.

Tabela 3 - Estimativa de geração mensal (kWh) do sistema fotovoltaico

| Mês       | HSP (Tabela 2) | Geração Estimada (kWh)<br>PR = 80% |
|-----------|----------------|------------------------------------|
| Janeiro   | 5,32           | 10.864                             |
| Fevereiro | 5,67           | 11.578                             |
| Março     | 5,05           | 10.312                             |
| Abril     | 4,38           | 8.944                              |
| Maio      | 3,56           | 7.270                              |
| Junho     | 3,25           | 6.637                              |
| Julho     | 3,59           | 7.331                              |
| Agosto    | 4,11           | 8.393                              |
| Setembro  | 4,48           | 9.148                              |
| Outubro   | 4,72           | 9.638                              |
| Novembro  | 5,27           | 10.762                             |
| Dezembro  | 5,63           | 11.497                             |
| Total     | —              | 112.343                            |

Fonte: Elaborado pelo Autor

**Observações:** Geração Estimada = Potência Instalada (82,34 kWp) × HSP × dias do mês × Performance Ratio (80%)

#### 4.4.2 Comparação Entre Consumo e Geração

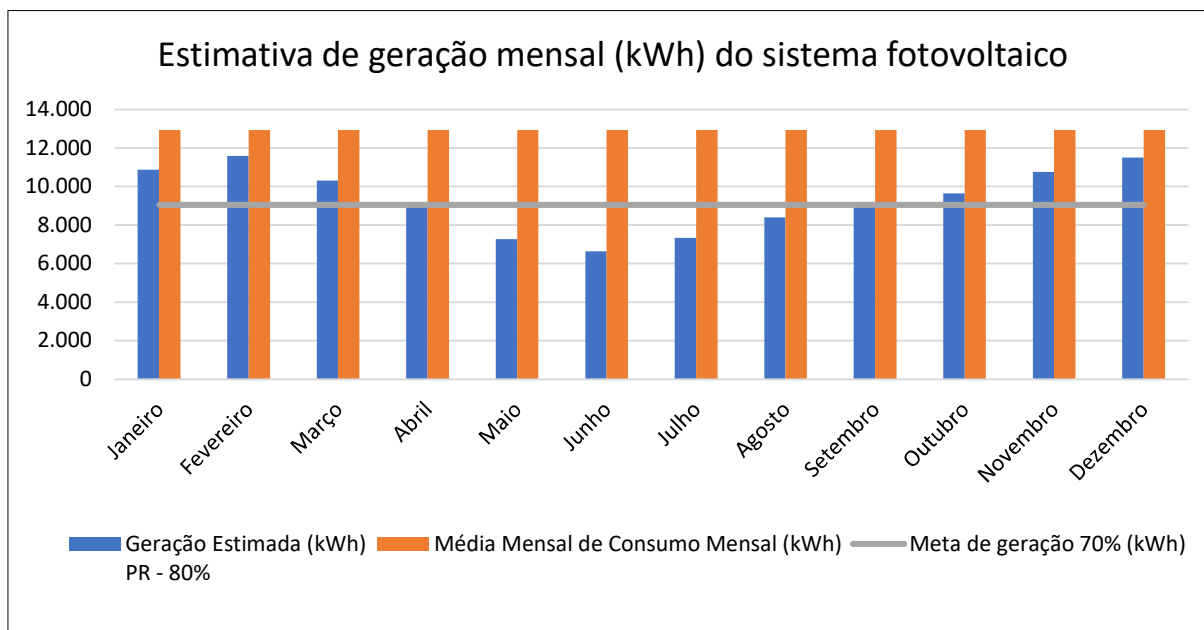
Com base no consumo médio mensal de 12.930 kWh, na estimativa de geração da Tabela 3 e na proposta de atender 70% dessa demanda, elaborou-se a Tabela 4 para comparação dos parâmetros. Já o Gráfico 1 demonstra a relação entre a demanda da empresa e a geração solar projetada.

Tabela 4 - Comparação Geração Estimada X Consumo Médio Mensal X Meta de Geração

| Mês          | Geração Estimada (kWh)<br>PR - 80% | Média Mensal de<br>Consumo Mensal (kWh) | Meta de geração<br>70% (kWh) |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|
| Janeiro      | 10.864                             | 12.930                                  | 9.051                        |
| Fevereiro    | 11.578                             | 12.930                                  | 9.051                        |
| Março        | 10.312                             | 12.930                                  | 9.051                        |
| Abril        | 8.944                              | 12.930                                  | 9.051                        |
| Maio         | 7.270                              | 12.930                                  | 9.051                        |
| Junho        | 6.637                              | 12.930                                  | 9.051                        |
| Julho        | 7.331                              | 12.930                                  | 9.051                        |
| Agosto       | 8.393                              | 12.930                                  | 9.051                        |
| Setembro     | 9.148                              | 12.930                                  | 9.051                        |
| Outubro      | 9.638                              | 12.930                                  | 9.051                        |
| Novembro     | 10.762                             | 12.930                                  | 9.051                        |
| Dezembro     | 11.497                             | 12.930                                  | 9.051                        |
| <b>Total</b> | <b>112.373</b>                     | <b>155.160</b>                          | <b>108.612</b>               |

Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 1 - Comparação entre Consumo Médio Mensal e Geração Estimada



Fonte: Elaborado pelo Autor

A geração estimada supera 70% do consumo médio em 8 meses, exceto de maio a agosto devido à menor radiação no inverno. Ainda assim, no balanço anual, o sistema cumpre o objetivo de reduzir a demanda da rede, mantendo média acima de 70%, conforme mostrado na Tabela 4.

#### 4.5 Custos de Instalação

O custo de instalação de um sistema fotovoltaico depende de múltiplos fatores, abaixo segue o Quadro 4, que levanta os principais fatores a serem abordados para se estimar o custo de implementação de um sistema fotovoltaico:

Quadro 4 - Fatores para Custo de um Sistema Fotovoltaico

| <b>Aspecto Avaliado</b> | <b>Descrição</b>                                                                                                      | <b>Fonte</b>                        |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de Sistema         | Sistemas conectados à rede (on grid) e sistemas autônomos com baterias (off grid).                                    | Intelbras (2022)                    |
| Tamanho do Sistema      | A capacidade (em kW) influencia diretamente os custos; sistemas maiores têm custos por watt menores devido à escala.  | Portal Solar (2025)                 |
| Componentes Utilizados  | Painéis solares, inversores, estruturas de montagem, fiação e conectores; marcas e qualidade afetam os custos.        | Portal Solar (2025)                 |
| Local de Instalação     | A distância e dificuldade de acesso ao local da instalação influenciam significativamente os custos de implementação. | Portal Solar (2025)                 |
| Condições Estruturais   | Custos adicionais podem ocorrer devido à necessidade de reforços estruturais para suportar os painéis solares.        | Portal Solar (2025)                 |
| Incentivos e Subsídios  | Programas governamentais e incentivos fiscais podem reduzir o investimento inicial.                                   | Portal Solar (2025); Reinova (2024) |
| Custos de Mão de Obra   | Varia conforme complexidade do projeto e experiência dos instaladores envolvidos.                                     | Portal Solar (2025)                 |
| Manutenção e Operação   | Custos periódicos para inspeção e reparos são necessários para garantir a eficiência contínua do sistema.             | Portal Solar (2025); Reinova (2024) |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

##### 4.5.1 Custos dos Equipamentos

O levantamento de custos do sistema fotovoltaico proposto considerou os equipamentos necessários para o sistema de 82,34 kWp e as características da rede elétrica da empresa (Quadro 2). Foram pesquisados preços de mercado em fornecedores nacionais (Tabela 5), adotando três modelos de referência para módulos e inversores e um modelo representativo para os demais itens.

Tabela 5 - Preços médios de referência dos equipamentos fotovoltaicos (2025)

| <b>Equipamento</b>           | <b>Fabricante / Modelo</b>  | <b>Preço (R\$)</b> | <b>Fonte</b>      |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|
| Módulo Fotovoltaico 550 Wp   | Canadian Solar / CS6W-550MS | 599,00             | Multimaq          |
|                              | Osda / ODA550-36-MH         | 1.099,00           | Pichau            |
|                              | SGV Solar / SF-M18/144550   | 1039,00            | SGV Solar         |
| Inversor 36kW 220V Trifásico | SAJ / R6-36K-T3-32          | 11.250,00          | Buyers Solar      |
| Inversor 36kW 220V Trifásico | GROWATT / 36KTL3-XL2        | 13.500,00          | Stentor do Brasil |

|                              |                                         |           |                                    |
|------------------------------|-----------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Inversor 35kW 220V Trifásico | DEYE / SUN-35K-G02-LV                   | 14.925,90 | One Shop Solar (via Mercado Livre) |
| String Box 32A 1040V CC      | Clamper / PC 02/02                      | 449,10    | MinhaCasaSolar                     |
| Cabo Solar CC                | Cobremack / 6 mm <sup>2</sup> (par 5 m) | 80,00     | Loja Solar Brasil                  |

**Fonte:** Pesquisa de Preço – Elaborado pelo Autor (2025)

Com base nos valores da Tabela 5, adotou-se o módulo Canadian Solar CS6W-550MS pelo equilíbrio entre preço e confiabilidade, e o inversor Growatt 36KTL3-XL2, em duas unidades para totalizar 72 kW e atender à demanda de 65,87 kW definida no item 4.2.4. A Tabela 6 apresenta os custos totais dos equipamentos selecionados. Para os cabos, estimou-se 550 metros lineares, cálculo proporcional a kits solares disponíveis no mercado, como o de 3,72 kWp que utiliza 30 metros (Neosolar), podendo variar conforme a disposição dos módulos e a distância aos inversores.

Tabela 6 - Estimativa de custos totais dos equipamentos do sistema

| Equipamento                  | Fabricante / Modelo                     | Qtde | Preço Unitário (R\$) | Custo Total (R\$) |
|------------------------------|-----------------------------------------|------|----------------------|-------------------|
| Módulo Fotovoltaico 550 Wp   | Canadian Solar – CS6W-550MS             | 150  | 599,00               | 89.850,00         |
| Inversor 36kW 220V Trifásico | GROWATT / 36KTL3-XL2                    | 2    | 13.500,00            | 27.000,00         |
| String Box 32A 1040V CC      | Clamper / PC 02/02                      | 2    | 449,10               | 898,20            |
| Cabo Solar CC                | Cobremack / 6 mm <sup>2</sup> (par 5 m) | 110  | 80,00                | 8.800,00          |
| Subtotal                     | —                                       | —    | —                    | 126.548,20        |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Com base nos valores apresentados, o custo total estimado apenas para os principais equipamentos do sistema fotovoltaico é de aproximadamente R\$ 126.548,20. Ressalta-se que esse valor pode variar conforme condições de mercado, região, negociação com fornecedores e ajustes no dimensionamento definitivo do projeto.

#### 4.5.2 Custo da Estrutura e Instalação

A estimativa dos custos de estrutura e instalação baseou-se em referências da literatura. Segundo o Canal Solar (2024), os painéis correspondem a 25%–40% do valor total e a instalação a cerca de 37%. O fornecedor GDFix indica que a estrutura metálica representa cerca de 10%. Esses parâmetros foram adotados como base para estimar os custos no contexto brasileiro, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Estimativa de custos da estrutura e da instalação

| Item                                 | % sobre o custo de equipamentos | Estimativa de Custo (R\$) |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Estrutura de fixação metálica        | 10%                             | 12.654,82                 |
| Instalação (mão de obra + logística) | 37%                             | 46.822,83                 |
| Total – estrutura e instalação       | —                               | 59.477,65                 |

**Fonte:** Adaptado de Canal Solar (2024) e GDFix (2021)

Com essa estimativa, o custo total das etapas de estrutura e instalação para o sistema fotovoltaico de 82,34 kWp fica em aproximadamente R\$ 59.477,65. Esse valor reflete uma prática comum de dimensionamento orçamentário e está alinhado com os percentuais citados por especialistas, devendo ser ajustado caso surjam orçamentos ou projetos executivos mais detalhados.

#### 4.5.3 Custo Total Estimado do Projeto

Com base nos custos levantados, consolidou-se a estimativa do investimento no sistema fotovoltaico. No item 4.5.1, os equipamentos principais somaram cerca de R\$ 126.548,20, enquanto no item 4.5.2 a estrutura e instalação totalizaram R\$ 59.477,65. Assim, o custo final do sistema de 82,34 kWp foi estimado em R\$ 186.025,85.

#### 4.6 PAYBACK

Segundo Lapponi (2000), o método do Payback avalia o tempo necessário para recuperar o capital investido a partir dos fluxos de caixa, sendo indicador de liquidez e risco. Pode ser calculado pelo Payback Simples (PBS), que desconsidera o valor do dinheiro no tempo, ou pelo Payback Descontado (PBD), que aplica a taxa mínima de atratividade (TMA) para maior rigor financeiro.

Neste estudo, adota-se exclusivamente o Payback Descontado (PBD), pois que considera o valor do dinheiro no tempo e confere maior rigor técnico (Lapponi, 2000). Ao incorporar uma taxa de desconto, o Payback Descontado supera a limitação do método simples. Seu modelo matemático é dado por:

$$\sum_{t=1}^{PBD} \frac{FC_t}{(1+i)^t} = 1$$

Onde:

$FC_t$  = fluxo de caixa no período  $t$  (em R\$)

$i$  = taxa mínima requerida (em %)

$I$  = investimento inicial (em R\$)

$PBD$  = tempo de payback descontado (anos)

#### 4.6.1 Economia Financeira Mensal Estimada

Antes de calcular o payback, é necessário estimar a economia anual proporcionada pela implantação do sistema fotovoltaico. Para isso, utilizou-se o consumo médio da empresa e os valores pagos à concessionária no período de 12 meses (Tabela 1).

O consumo médio mensal foi obtido pela média aritmética dos registros mensais:

$$E_m = \frac{12.480 + 14.400 + 12.280 + 13.120 + 12.680 + 12.720 + 13.440 + 13.360 + 12.680 + 11.560 + 13.600 + 12.840}{12} = 12.930 \text{ kWh/mês}$$

De forma análoga, obteve-se o custo médio mensal:

$$C_m = \frac{1211.408,98 + 12.890,38 + 10.839,94 + 11.792,29 + 10.700,53 + 11.799,18 + 12.146,62 + 12.403,13 + 12.776,41 + 11.095,80 + 12.177,24 + 10.935,54}{12} = \text{R\$ } 11.747,17/\text{mês}$$

A tarifa média efetiva é então calculada pela razão entre custo médio e consumo médio:

$$T_m = \frac{C_m}{E_m} = \frac{\text{R\$ } 11.747,17}{12.930 \text{ kWh}} = \text{R\$ } 0,9085/\text{kWh}$$

Como o sistema foi dimensionado para atender 70% do consumo médio anual da empresa, a energia compensada será:

$$E_{70\%} = 0,70 \times 155.160 = 108.612 \text{ kWh/ano}$$

Assim, a economia anual é:

$$\text{Economia Anual} = E_{70\%} \times T_m = 108.612 \times \text{R\$ } 0,9085 = \text{R\$ } 98.676,23/\text{ano}$$

E a economia mensal:

$$Economia\ Mensal = \frac{R\$ 98.676,23}{12} = R\$ 8.223,02/mês$$

Portanto, o sistema fotovoltaico permitirá à empresa uma redução média de aproximadamente R\$ 8,2 mil por mês em gastos com eletricidade, totalizando cerca de R\$ 98,7 mil ao ano.

#### 4.6.2 Cálculo do Payback

Com a economia anual estimada, calcula-se o tempo de retorno do investimento inicial de R\$ 186.025,85 (seção 4.5.3) pelo Payback Descontado. Dantas e Pompermayer (2018) indicam taxa mínima de 5% a.a., mas neste estudo adotou-se 10% a.a. como parâmetro conservador, conforme mostra a Tabela 8 com o fluxo de caixa descontado.

$$\sum_{t=1}^{PBD} \frac{FC_t}{(1+i)^t} = I_0$$

Onde:

$FC_t$  = R\$ 98.676,23 (fluxo de caixa anual constante)

$i$  = 10% a.a. (taxa mínima de atratividade)

$I_0$  = R\$ 186.025,85 (investimento inicial)

Tabela 3 - Fluxo de Caixa Descontado do Sistema Fotovoltaico Dimensionado

| Fluxo de Caixa Descontado ( $i = 10\% \text{ a.a.}$ ) |                      |                      |                                |
|-------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| Ano                                                   | Economia Anual (R\$) | Valor Presente (R\$) | Valor Presente Acumulado (R\$) |
| 1                                                     | 98.676,23            | 89.705,66            | 89.705,66                      |
| 2                                                     | 98.676,23            | 81.550,60            | 171.256,26                     |
| 3                                                     | 98.676,23            | 74.136,91            | 245.393,17                     |
| 4                                                     | 98.676,23            | 67.397,19            | 312.790,37                     |
| 5                                                     | 98.676,23            | 61.270,17            | 374.060,54                     |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

No segundo ano, o valor presente acumulado é de R\$ 171.256,26. Ainda faltam R\$ 14.769,59 para cobrir o investimento de R\$ 186.025,85. No terceiro ano, o valor presente do fluxo é de R\$ 74.136,91. A fração necessária do terceiro ano é:

$$\alpha = \frac{14.769,59}{74.136,91} = 0,1992 \text{ ano}$$

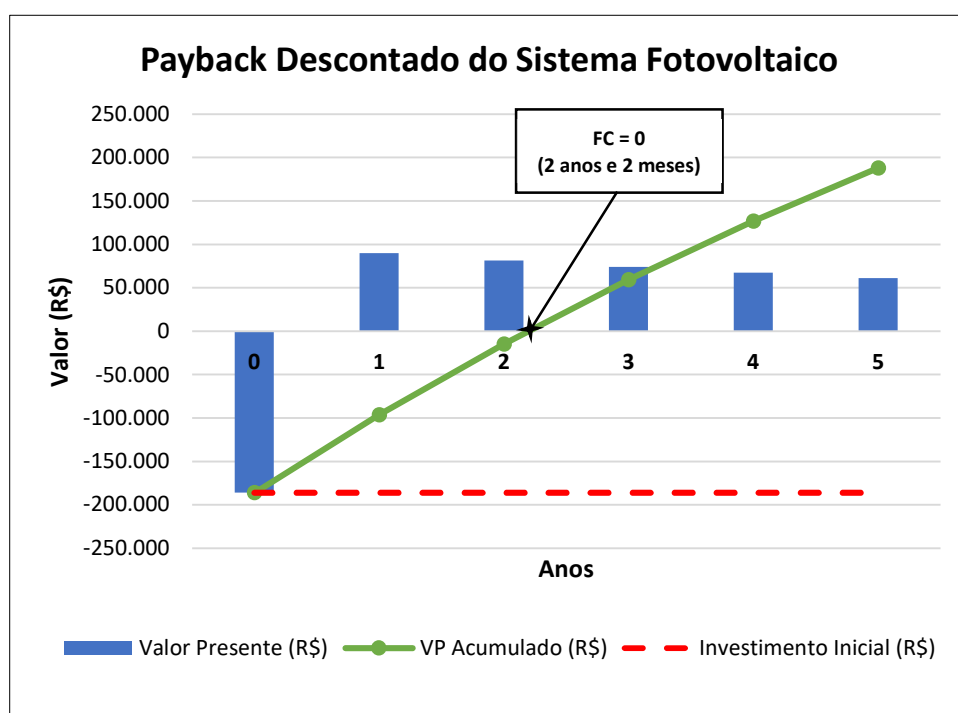
Assim, o tempo de retorno descontado é:

$$PBD = 2 + 0,1992 \approx 2,2 \text{ anos}$$

$$PBD = 2 \text{ anos e } (12 \text{ meses} \times 0,2) = 2 \text{ anos e } 2,4 \text{ meses}$$

O retorno do investimento para o sistema de 82,34 kWp ocorre em cerca de 2 anos e 2 meses. O Gráfico 2 ilustra o payback em 5 anos, destacando o ponto em que o fluxo de caixa se torna positivo.

Gráfico 2 - Payback Descontado do Sistema Fotovoltaico



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

O resultado mostra retorno rápido do investimento, reforçando sua atratividade econômica, já que os equipamentos possuem vida útil superior a 25 anos (Dantas; Pompermayer, 2018).

#### 4.7 PERSPECTIVAS DE REDUÇÃO DE CUSTOS OPERACIONAIS COM O SISTEMA FOTOVOLTAICO DIMENSIONADO

A adoção da energia solar fotovoltaica projeta significativa redução de custos operacionais. O investimento de R\$ 186.025,85 apresenta retorno em cerca de 2 anos e 2 meses, com economia média mensal de R\$ 8,2 mil. Considerando a vida útil

superior a 25 anos (Dantas; Pompermayer, 2018), a empresa terá mais de duas décadas de geração quase gratuita, resultando em economia acumulada acima de R\$ 2,4 milhões. Além do ganho econômico, a redução da despesa fixa aumenta a previsibilidade do fluxo de caixa, fortalece a competitividade e possibilita reinvestimentos. O uso da energia solar também reforça a imagem sustentável, ampliando a eficiência e o posicionamento estratégico da empresa no setor automotivo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico em uma empresa de pequeno porte do setor automotivo em Guarulhos/SP, aplicando a pesquisa-ação diagnóstica (Barbier, 2007). Foram levantados dados de consumo, dimensionado um sistema de 82,34 kWp para atender 70% da demanda anual e aplicado o Payback Descontado. A empresa consome em média 12.930 kWh/mês, com gasto de R\$ 11,7 mil; o sistema projetado gera economia de R\$ 98,6 mil ao ano. O investimento de R\$ 186.025,85 apresenta retorno em cerca de 2 anos e 2 meses, considerando TMA de 10%.

Além da atratividade financeira, a vida útil superior a 25 anos (Dantas; Pompermayer, 2018) garante mais de duas décadas de geração própria e economia acumulada. O projeto também fortalece a sustentabilidade, a eficiência energética e a imagem institucional, reduzindo a vulnerabilidade a reajustes tarifários. Conclui-se que o sistema fotovoltaico é uma decisão estratégica viável e benéfica sob aspectos econômicos, organizacionais e socioambientais. Recomenda-se, para estudos futuros, ampliar a análise com indicadores como VPL e TIR, além de cenários de sensibilidade para tarifas e radiação.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ednaldo de Ceita Vicente de. **Potencialidade da energia solar fotovoltaica no semiárido nordestino e sua relação com o desenvolvimento sustentável**. 2021. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Campina Grande, PB, 2021.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16149:2013**

BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Brasília, DF: Liber Livro Editora, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023**. Brasília: MME, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023>. Acesso em: 17 maio 2025.

CANAL SOLAR. **Painel solar PERC: o que é e quais as vantagens?** Campinas: Canal Solar, 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/painel-solar-perc-o-que-e-e-quais-as-vantagens/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

CANAL SOLAR. **Valor da energia solar: quanto custa em média a instalação?** Canal Solar, 12 ago. 2024. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/valor-da-energia-solar/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

CAVALCANTE, Jaqueline Martinelli. **Sustentabilidade & competitividade na indústria automotiva**. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade São Francisco, Campinas, 2014. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2619.pdf>. Acesso em: 17 maio 2025.

CRESESB – Centro de Referência para as Energias Sustentáveis do Brasil. **Centro de Referência para as Energias Sustentáveis do Brasil**. São Paulo: CRESESB, 2006. Disponível em: <https://cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. Rio de Janeiro: Ipea, 2018. (Texto para Discussão, n. 2388).

EUROPEAN COMMISSION. **Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)**. 2025. Disponível em: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html). Acesso em: 07 abr. 2025.

FRAUNHOFER ISE. **Photovoltaics Report, Maio 2025**. Relatório técnico. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Acesso em: 7 set. 2025.

GDFIX. **Você sabia que estruturas representam 10% do investimento para instalação de energia solar?** Blog GDFix, 7 jun. 2021. Disponível em: <https://www.gdfix.com.br/blog/313/voce-sabia-que-estruturas-representam-10-do-investimento-para-instalacao-de-energia-solar>. Acesso em: 28 ago. 2025.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/repositorio/>. Acesso em: 07 abr. 2025.

INTELBRAS. **Diferenças entre os sistemas on grid e off grid de energia solar**. 2022. Disponível em: <https://blog.intelbras.com.br/diferencas-entre-os-sistemas-on-grid-e-off-grid-de-energia-solar/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KROTH, Geóvio; RAMPINELLI, Giuliano Arns. **Análise de indicadores de desempenho de um sistema fotovoltaico com distintos fatores de dimensionamento de inversor e diferentes ângulos azimutais**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR – CBENS, 8., 2020, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: ABENS, 2020. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/download/835/835>. Acesso em: 7 set. 2025.

LAPPONI, João Carlos. **Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa**. São Paulo: Atlas, 2000.

LIMA, Ariane A. et al. **Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, e20190191, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0191>. Acesso em: 03 maio 2025.

LUZ SOLAR. **Como funciona o sistema fotovoltaico?** Disponível em: <https://luzsolar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico/>. Acesso em: 08 jun. 2025.

MARINOSKI, D.; SALAMONI, I. T.; RÜTHER, R. **Pré-dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. UFSC, 2004.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MINHA CASA SOLAR. Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

NEOSOLAR. **Kit Híbrido Deye 3,72 kWp + Bateria Solar Lítio 100Ah**. Disponível em: [https://www.neosolar.com.br/loja/kit-hibrido-deye-3-72-kwp-bateria-solar-litio-100ah-26645.html?msclkid=426c27d52d301b18c6514f6884391cc1&utm\\_source=bing&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=B%20-%20%5BPM%5D%20Todos%20os%20produtos&utm\\_term=2334675503472214&utm\\_content=Perene](https://www.neosolar.com.br/loja/kit-hibrido-deye-3-72-kwp-bateria-solar-litio-100ah-26645.html?msclkid=426c27d52d301b18c6514f6884391cc1&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=B%20-%20%5BPM%5D%20Todos%20os%20produtos&utm_term=2334675503472214&utm_content=Perene). Acesso em: 7 set. 2025.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014. 528 p. Disponível em: [https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf). Acesso em: 3 maio 2025.

PORTAL SOLAR. **Tipos de energia solar: quais são, como funcionam e qual a melhor.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-energia-solar.html>. Acesso em: 29 mar. 2025.

PORTAL SOLAR. **Valor da energia solar: quanto custa para instalar energia solar?** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>. Acesso em: 29 mar. 2025.

REINOVA SOLUÇÕES. **Preço da energia solar: conheça os fatores que influenciam no valor pago por você.** Disponível em: <https://reinovasolucoes.com.br>. Acesso em: 29 mar. 2025.

RIBEIRO, M. da S. **Concepção e dimensionamento básico de um sistema fotovoltaico.** USP, 2018.

ROEDEL, Tamily; MAFRA, Gustavo. **Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaico: estudo de caso em uma escola de idiomas, de Brusque – SC.** Revista Tecnologia e Sociedade, Curitiba, v. 15, n. 37, p. 612–634, jul./set. 2019.

SEBRAE. **Energia tem impacto de até 20 % nos custos do pequeno negócio.** 28 mar. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/energia-tem-impacto-de-ate-20-nos-custos-do-pequeno-negocio,c8d89532cc417810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 08 jun. 2025.

SILVA, R. A.; OLIVEIRA, A. A.; ATAÍDES, J. D. **Pesquisa-ação: princípios e fundamentos.** Revista Prisma, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 2–15, 2021.

TORELLI, Gabriel. **Eficiência energética em pequenas indústrias: estratégias de baixo custo objetivando aumento de produtividade.** Monografia (MBA em Gestão Empresarial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

URSULINO, Iury Matheus de Lira. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico utilizando PVSYST: estudo de caso real de cliente do grupo A.** João Pessoa: Instituto Federal da Paraíba, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/4230/1/Dimensionamento%20de%20um%20sistema%20fotovoltaico%20utilizando%20PVSYST%20-%20Iury%20Matheus%20de%20Lira%20Ursulino.pdf>. Acesso em: 03 maio 2025.

## DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

*“Declaro, para os devidos fins, que este trabalho é original e que todas as fontes utilizadas foram devidamente referenciadas.”*