

## VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAL E INDUSTRIAL NO SUL DO RS

Wagner dos Santos Nunes<sup>1</sup>, Tiarajú Alves de Freitas<sup>2</sup>, Gibran da Silva Teixeira<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos em contextos residencial e industrial no sul do Rio Grande do Sul - RS. O setor solar tem apresentado significativa expansão, impulsionada pela Resolução Normativa ANEEL-REN nº 482/2012, que regulamenta a geração distribuída no Brasil. A adoção de sistemas fotovoltaicos desempenha papel estratégico na diversificação da matriz elétrica brasileira, destacando a importância de incentivos públicos e privados para sua popularização. Essa transição favorece o desenvolvimento tecnológico, cria empregos e contribui para a sustentabilidade ambiental e econômica. A análise realizada no município de Rio Grande - maior PIB entre os municípios do sul do RS, com um porto estratégico pela sua forte atuação no extremo sul - revelou que todos os projetos considerados, tanto residenciais quanto industriais, apresentaram viabilidade ao longo de um período de 25 anos. Os resultados mostraram uma relação inversa entre o consumo de energia elétrica e o tempo de retorno do investimento, enfatizando os benefícios econômicos e ambientais dos sistemas fotovoltaicos, apesar dos custos iniciais elevados. A pesquisa concluiu que a expansão da geração distribuída é essencial para acelerar a transição para uma matriz energética mais sustentável e para garantir benefícios duradouros para consumidores e comunidades locais.

**Palavras-chave:** energia renovável; indústria; sistema fotovoltaico; viabilidade econômica.

- 
- 1 Mestre em Economia Aplicada pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, RS. Contato: [wagner.wn@outlook.com](mailto:wagner.wn@outlook.com)
  - 2 Doutor em Economia Aplicada pelo PPGE da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2010), professor Associado do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal do Rio Grande (PPGE/FURG). Contato: [tiarajufreitas@hotmail.com](mailto:tiarajufreitas@hotmail.com)
  - 3 Doutor em economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGE/UFRGS, 2013), professor Associado do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal do Rio Grande (PPGE/FURG). Contato: [tgibran@hotmail.com](mailto:tgibran@hotmail.com)

---

-- ARTIGO RECEBIDO EM 18/06/2025. ACEITO EM 25/02/2026. --

# ECONOMIC-FINANCIAL FEASIBILITY OF IMPLEMENTING RESIDENTIAL AND INDUSTRIAL PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN SOUTH RS

**Abstract:** This study aims to evaluate the economic and financial viability of implementing photovoltaic systems in residential and industrial contexts in the south of Rio Grande do Sul - RS. The solar sector has shown significant expansion, driven by ANEEL-REN Normative Resolution No. 482/2012, which regulates distributed generation in Brazil. The adoption of photovoltaic systems plays a strategic role in the diversification of the Brazilian electricity matrix, highlighting the importance of public and private incentives for its popularization. This transition favors technological development, creates jobs and contributes to environmental and economic sustainability. The analysis carried out in the municipality of Rio Grande - with the largest GDP among the municipalities in the south of RS, with a strategic port due to its strong presence in the extreme south - revealed that all projects considered, both residential and industrial, showed viability over a period of 25 years. The results showed an inverse relationship between electricity consumption and the return-on-investment time, emphasizing the economic and environmental benefits of photovoltaic systems, despite the high initial costs. The research concluded that expanding distributed generation is essential to accelerate the transition to a more sustainable energy matrix and to ensure lasting benefits for consumers and local communities.

**Keywords:** renewable energy; industry; photovoltaic system; economic viability.

## 1 INTRODUÇÃO

A energia solar desempenha um papel essencial na sustentação da vida no planeta, proporcionando benefícios variados e servindo como fonte de iluminação natural. Localizado a uma distância de aproximadamente 150 milhões de quilômetros da Terra, o sol emite luz a uma velocidade de cerca de 300 mil Km/s (Junior; Souza, 2025). Essa fonte de energia desperta a curiosidade humana não apenas por ser fundamental para a manutenção da vida como a conhecemos, mas também pelo potencial de aproveitamento dessa imensa potência irradiada no globo terrestre. À medida que a energia elétrica se torna uma peça vital que impulsiona o mundo, a adoção da energia solar na geração de eletricidade emerge como uma estratégia promissora para mitigar os impactos ambientais prejudiciais na sociedade.

Com o aumento populacional, a necessidade crescente por eletricidade, impulsionada por fatores populacionais e tecnológicos, destaca a importância de abordar essa demanda de maneira sustentável e econômica (Lotte, 2023). O planejamento energético, conforme salientado por Reis (2018), desempenha um papel crucial no desenvolvimento regional, incentivando a busca por matrizes elétricas diversificadas e sustentáveis. A harmonia entre o homem e o meio ambiente é essencial, promovendo a exploração de fontes como vento, sol e ondas dos oceanos para a geração elétrica, visando a sustentabilidade.

Contrastando com as fontes não renováveis, que são finitas e têm reposição lenta, as fontes renováveis, como a energia fotovoltaica, representam alternativas viáveis para atender à crescente demanda por energia de forma sustentável (Wanderley, 2022). A energia fotovoltaica, gerada a partir da radiação solar, destaca-se como uma opção direta para consumidores finais, apresentando benefícios econômicos, ambientais e sociais (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR, 2024).

No contexto brasileiro, onde a energia elétrica industrial e residencial representam fatias significativas do consumo total de energia com 37,3% e 27% respectivamente, a

adoção da energia fotovoltaica tem o potencial não apenas de gerar economia de até 95% nas contas de energia, mas também de valorizar os imóveis, gerar empregos e promover a ideia de sustentabilidade (Balanço Energético Nacional - BEN, 2023) aos dois setores em questão.

Os dois tipos de sistemas fotovoltaicos mais populares são o *off-grid* e o *on-grid* (Villalva; Gazoli, 2012). O primeiro funciona sem conexão à rede elétrica, sendo ideal para regiões sem infraestrutura de distribuição. Já o sistema fotovoltaico *on-grid* opera conectado à rede elétrica, convertendo a energia gerada de corrente contínua para alternada por meio de um inversor, permitindo a injeção de eletricidade na rede e contribuindo para a eficiência e sustentabilidade da matriz energética conforme Gonsalves (2023).

A opção entre os sistemas *off-grid* e *on-grid* oferece flexibilidade aos consumidores, com o primeiro atendendo áreas isoladas e rurais, enquanto o segundo, mais amplamente utilizado, se conecta à rede elétrica da concessionária, possibilitando a troca de energia excedente por descontos na conta do consumidor (Boso, Gabriel; Filho, 2015).

Em muitos países, políticas públicas e incentivos têm impulsionado a adoção da energia fotovoltaica, como exemplificado pela Alemanha, que já possui 35% de sua produção anual proveniente dessa fonte (Soares, 2019). A análise financeira, com o uso de indicadores como VPL, TIR e *payback* descontado, é fundamental para avaliar a viabilidade econômica dessas instalações (Dalfovo *et al.*, 2019).

Neste contexto, alinhando-se em especial ao Objetivo 7, dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS – das Organizações das Nações Unidas – ONU, que é de “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos”, o presente artigo busca preencher uma lacuna de pesquisa sobre a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico em unidade consumidoras residenciais e industriais na região mais ao sul do Brasil. Ou seja, verificou-se escassez de estudos sobre viabilidade econômico-financeira das instalações de sistema fotovoltaico em municípios no sul do Brasil.

O município de Rio Grande utilizado neste trabalho é um relevante polo industrial e o segundo maior município, em termos de população, da região sul do Rio Grande do Sul. É o quarto maior PIB do estado. O sul do Rio Grande do Sul é um ponto estratégico, pois possui um porto consolidado por sua forte atuação no extremo sul do país, sendo considerado o segundo mais importante porto em desenvolvimento do comércio internacional brasileiro.

Em termos de incidência solar, Rio Grande apresenta um grau de exposição solar superior à Alemanha (Cabral; Torres; Senna, 2013). O ponto de investigação no presente trabalho, a partir da escolha do município de Rio Grande, é se a instalação de um sistema fotovoltaico no município é economicamente viável. Para responder de forma adequada, considerando as características das diferentes unidades consumidoras, são consideradas residências e indústrias com variados padrões de consumo de energia elétrica no município.

Portanto, para a realização da análise deste estudo, foram definidos alguns objetivos específicos que orientam a abordagem da pesquisa. Primeiramente, caracteriza-se os padrões de consumo de energia elétrica residencial e industrial no município de Rio Grande, a fim de compreender as particularidades de cada perfil de consumidor. Em seguida, investiga-se

as diferenças nos padrões de consumo energético entre indústrias, conforme o tamanho da demanda por energia, identificando variáveis que possam impactar o desempenho e a viabilidade da implementação de sistemas fotovoltaicos.

Outro objetivo realizado foi a elaboração de orçamentos detalhados de três empresas do setor fotovoltaico da região, elaborando assim uma lista de materiais necessários para a instalação de sistemas fotovoltaicos, para efeito de cálculo foi levado em consideração os orçamentos mais econômicos, levando em conta a demanda de energia conforme os padrões de consumo identificados. Por fim, a pesquisa analisa a viabilidade da instalação desses sistemas de energia fotovoltaica, utilizando indicadores de avaliação de investimento como VPL, TIR e *Payback*, interpretando os resultados conforme os diferentes padrões de consumo de energia elétrica em nível residencial e industrial na cidade de Rio Grande.

A análise foi conduzida com base em referências internacionais e nacionais, levando em consideração consumos de energias para diferentes padrões de consumidores, considerando também consumidores residenciais e industriais, a partir de demandas (kWh) distintas, com o auxílio dos cálculos do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o *payback* descontado.

O estudo é composto por quatro seções principais, além desta introdução. A segunda seção aborda a revisão da literatura, proporcionando o embasamento teórico necessário para a compreensão do tema. A terceira seção detalha a metodologia adotada, explicando os procedimentos e técnicas utilizados na pesquisa. Na quarta seção, são apresentados e analisados os resultados obtidos, com foco em suas implicações e relevância. Por fim, a última seção reúne as considerações finais, destacando os principais achados e as contribuições do trabalho.

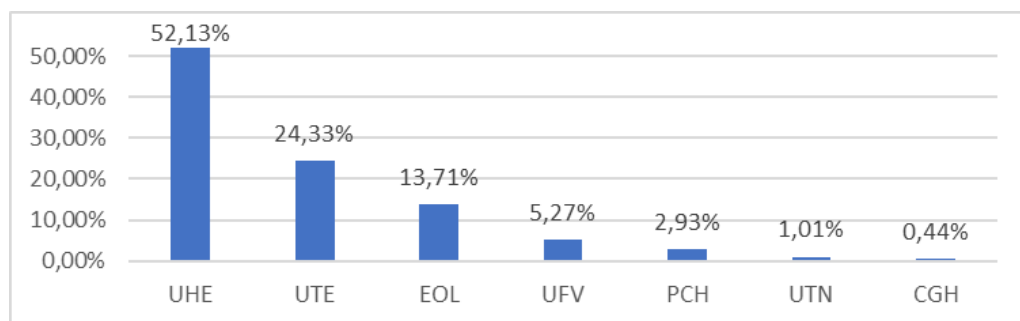
## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A transição energética e os desafios relacionados à sustentabilidade têm impulsionado discussões sobre o uso de fontes renováveis e a modernização dos sistemas de energia elétrica. Neste capítulo, são apresentados os principais conceitos e estudos que embasam o debate sobre a matriz elétrica brasileira e o processo de distribuição, com destaque para a integração da geração distribuída de energias renováveis. Além disso, são exploradas as interações entre o consumo de energia elétrica e o bem-estar, bem como o papel dos sistemas solares como alternativas sustentáveis, enfatizando suas contribuições para a construção de um futuro mais equilibrado e resiliente.

### **2.1 Matriz Elétrica Brasileira e o Processo de Distribuição**

Uma vantagem significativa dos sistemas fotovoltaicos é a sustentabilidade. De acordo com Feil e Schreiber (2017), desenvolvimento sustentável significa manter o estilo de vida atual sem prejudicar as gerações futuras, pois a energia solar contribui para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> na Terra.

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira (2023)



Fonte: Elaborada a partir de dados da ANEEL (2023).

Ao instalar esse sistema, há uma diminuição no uso de combustíveis fósseis, que normalmente são utilizados em usinas termelétricas para a produção de energia através da queima de matérias-primas como petróleo, carvão mineral e gás natural, o uso de combustíveis finitos resulta em energia não renovável, a Figura 1 representa a matriz elétrica brasileira.

Segundo dados da ANEEL (2023) observados na Figura 1, a matriz elétrica brasileira é pouco diversificada. As termelétricas (UTE), foram responsáveis por 24,33%, estando atrás apenas de usinas hidrelétricas (UHE), que apesar de serem consideradas como energia renovável por suas turbinas gerarem energia através da água, uma fonte natural, abastece a matriz elétrica com 52,31% e têm suas desvantagens. Conforme o Movimento dos Atingidos por Barragem - MAB (2021), o uso de usinas hidrelétricas modifica todo um ecossistema, a região onde a mesma é instalada tem de ser inundada (enormes hectares de terra), causando desalojamento de animais e de seres humanos que vivem nesses locais. Também gera mudanças na vegetação nativa, no solo, no ar e na água, feita pelos alagamentos de grandes regiões.

Dessa forma, é importante ressaltar que as usinas hidrelétricas também contribuem para as emissões de gases de efeito estufa. Essas emissões ocorrem devido ao acúmulo de matéria orgânica em decomposição, resultando na produção de dióxido de carbono e metano, o que contribui para o aumento do aquecimento global (Fearnside, 2009). Além disso, as usinas hidrelétricas apresentam outras desvantagens, como por exemplo, durante períodos de seca, os níveis das barragens diminuem, o que afeta a geração constante de energia. Porém, é durante esses períodos que as temperaturas são mais elevadas, o que provoca o aumento significativo do consumo de energia elétrica.

Ainda, na Figura 1, aparecem as usinas eólicas (EOL) 13,71%, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) 2,93%, centrais geradoras fotovoltaicas (UFV) 5,27%, usinas term nucleares (UTN) 1,01%, centrais geradoras hidrelétricas (CGH) 0,44%. No entanto, para que ocorra uma maior diversificação da matriz elétrica brasileira, o país deve investir mais em novas tecnologias, para com isso não ficar na dependência de apenas dois tipos de fontes geradoras de energia. Sendo que com maiores investimentos nos setores de fontes

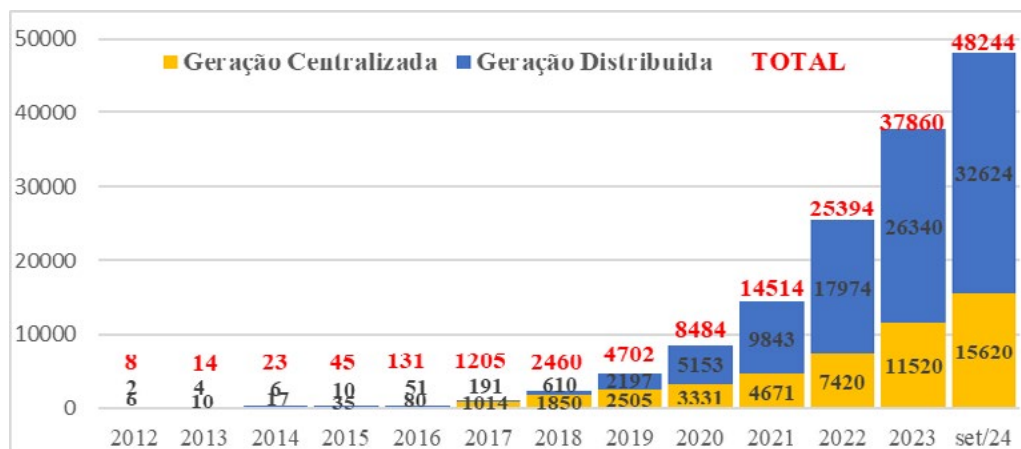
alternativas no país, como, por exemplo, energia eólicas e energia solar, diversificariam a matriz energética, pois ambas usam recursos renováveis com poucos impactos ambientais. Gerar-se-ia, assim, sustentabilidade, diversificação e qualidade dessa eletricidade oferecida. A diversificação contribuiria para minimizar crises energéticas, como as ocorridas no Brasil 2001 e 2021.

## 2.2 Geração Distribuída de Energias Renováveis

Conforme destacado pelo Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE (2020), o conceito de geração distribuída refere-se à produção de energia elétrica próxima ou junto aos consumidores, independentemente da potência, tecnologia ou fonte de energia utilizada. Esse conceito tem evoluído constantemente e, de acordo com Braun-Grabolle (2010), além de reduzir os custos operacionais do sistema elétrico como um todo, em relação à interligação e distribuição de energia, a geração distribuída também ajuda a diminuir as perdas e traz diversos benefícios tanto para o sistema elétrico quanto para a população que se beneficia dessas gerações próximas.

Após a entrada em vigor da Resolução Normativa 482/2012, que colocou a geração distribuída em destaque público pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), esse setor tem experimentado um crescimento significativo a cada ano, conforme Figura 2.

Figura 2 - Crescimento de Potência Instalada (MW) no Setor de Sistemas Fotovoltaicos



Fonte: Infográfico Absolar (2024)

A Figura 2 apresenta a evolução da potência instalada de geração de energia elétrica no Brasil, destacando as categorias de geração centralizada e geração distribuída entre 2012 e setembro de 2024. Nota-se um crescimento expressivo da geração distribuída, especialmente a partir de 2018, que passa a representar uma fração significativa do total de potência instalada, chegando a 32.624 MW em 2024. Em contraste, a geração centralizada, embora ainda dominante, viu sua participação relativa reduzir, evidenciando o início de um processo de diversificação nas fontes de geração. Esse aumento na geração distribuída reflete uma tendência crescente de investimento em fontes renováveis, como a energia solar

fotovoltaica aos quais com diferentes tipos de geração distribuídas vem crescendo conforme os diferentes tipos a seguir.

**Sistemas Autônomos ou Isolados (*Off-Grid*):** Esses sistemas funcionam de forma independente da rede elétrica convencional e são ideais para regiões sem acesso à infraestrutura de distribuição elétrica. Há dois tipos principais de sistemas *off-grid*: os que incluem armazenamento de energia (como baterias) e os que operam sem ele. Sistemas com armazenamento são usados em aplicações como iluminação pública e carregamento de veículos elétricos, enquanto os sem armazenamento são populares em bombas de água e outras aplicações que não exigem eletricidade constante (Villalva; Gazoli, 2012).

**Sistemas Conectados à Rede (*On-Grid*):** Também chamados de sistemas *on-grid*, esses sistemas estão conectados à rede elétrica. A energia gerada pelo painel solar é convertida de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA) por meio de um inversor, permitindo sua integração à rede. Esse sistema possibilita a troca de energia com a distribuidora: o excedente gerado é injetado na rede, proporcionando créditos ao consumidor, que podem ser abatidos em futuras contas de energia. Este modelo maximiza o uso da energia solar e contribui para a sustentabilidade energética (Gonsalves, 2023).

**Sistemas Híbridos:** Os sistemas híbridos combinam fontes fotovoltaicas com outras fontes de energia, como motores a diesel ou geradores eólicos, e armazenam a energia gerada para uso em períodos de baixa geração solar. Embora complexos, esses sistemas são vantajosos em locais com variabilidade solar significativa, pois permitem um fornecimento estável de energia. Estudos indicam que, além de reduzir o uso de combustíveis fósseis, os sistemas híbridos apresentam um retorno do investimento atrativo, com impacto ambiental reduzido (Al-Ghussain; Ahmed; Haneef, 2018).

Esses sistemas fotovoltaicos apresentam opções diversificadas para atender diferentes necessidades de consumo e localização, destacando-se como soluções adaptáveis para a transição energética sustentável.

### 2.3 Consumo de Energia Elétrica e Bem-Estar

O consumo de energia elétrica pode ser modelado de forma semelhante ao consumo de bens mais concretos, utilizando princípios de microeconomia como bem-estar, elasticidade e utilidade. Cada consumidor, ao buscar maximizar seu bem-estar, ajusta seu consumo de energia de acordo com as mudanças no ambiente, como preço da energia, condições climáticas ou período do dia. Entende-se que esses ajustes são feitos de maneira independente por cada indivíduo, visando alcançar um nível máximo de satisfação (Samadi *et al.*, 2010). Portanto o bem-estar de consumir esta energia elétrica de maneira mais sustentável e economicamente mais rentável com outras formas de geração se diferencia conforme a demanda deste consumidor, tanto residencial, comercial ou industrial e, ainda, a região geográfica que estes consumidores estão localizados.

A elasticidade, por sua vez, refere-se à sensibilidade da demanda às variações de preço, indicando o quanto a quantidade demandada de um produto muda em resposta às flutuações de preço. Já a utilidade é a capacidade dos bens ou serviços de satisfazerem uma ou mais necessidades dos consumidores. Em termos teóricos, a satisfação derivada de

cada bem ou serviço é quantificada por uma função conhecida como função utilidade. Essa função permite medir, de maneira estruturada, o grau de satisfação que um consumidor obtém ao utilizar um produto ou serviço, proporcionando uma visão mais detalhada da relação entre consumo e maximização do seu bem-estar (Rebelatto, 2004).

Outra forma de valorizar economicamente este consumo de energia elétrica de maneira a escolher entre vários tipos de geração de energia está relacionada ao conceito de externalidades (Furtado, 2016). Externalidades referem-se a efeitos colaterais ou impactos secundários que a atividade de uma pessoa ou empresa pode ter sobre outros indivíduos ou sobre o ambiente, sem que esses efeitos sejam refletidos no custo, no preço do bem ou serviço em questão. Esses impactos podem ser positivos ou negativos (Massoli; Borges, 2014).

No setor de energia elétrica, o processo de definição de preços apresenta falhas de mercado. A geração de eletricidade está associada a elevadas emissões de poluentes, o que gera graves consequências para o clima, a saúde pública e outras áreas. Esses impactos ambientais não são considerados nas transações do mercado, resultando em externalidades negativas para a sociedade. Em outras palavras, o sistema de precificação no mercado elétrico não incorpora os efeitos ambientais decorrentes da geração de energia.

No modelo econômico do setor elétrico, as fontes de energia alternativas e limpas, cujos preços não refletem seus benefícios ambientais, continuam com menor competitividade no mercado. Com isso, as fontes convencionais, cujos impactos ambientais negativos não são incorporados nos preços da energia, permanecem mais competitivas e predominantes (Lopes, 2009). Para corrigir essas falhas de mercado e alcançar uma alocação eficiente de recursos, é necessário internalizar as externalidades, ou seja, incluí-las no sistema econômico para que sejam refletidas nos preços de bens e serviços. Um aspecto crucial na quantificação das externalidades é a atribuição de valor monetário (Gordilho; Duarte, 2022).

Ainda segundo os autores, existem valores inegociáveis aos quais é impossível atribuir um preço, como a vida humana, espécies animais, uma floresta e outros exemplos semelhantes. Contudo, o alcance da valoração monetária restringe-se a determinar o valor de uma mudança marginal na disponibilidade desses bens. Essas alterações na disponibilidade incluem modificações na qualidade e quantidade de um bem ou serviço oferecido à sociedade.

O que se avalia é a disposição a pagar (DAP) para evitar uma mudança ou para compensar uma alteração subsequente. Por exemplo, a valoração econômica não pretende estabelecer uma medida de valor absoluto para uma vida humana, mas sim determinar o valor que as pessoas estão dispostas a pagar por pequenas variações na expectativa ou qualidade de vida.

## **2.4 Sustentabilidade a Partir de Sistemas Solares**

O estudo e a aplicação do conceito de sustentabilidade vêm ganhando destaque, estando estreitamente ligado ao desenvolvimento sustentável. Segundo Elkington e Rowlands (1999), envolve a criação e a manutenção de condições que permitam a coexistência harmoniosa e equilibrada entre o desenvolvimento humano e a preservação

do meio ambiente. O objetivo é atender às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.

Esse conceito conforme Molina (2019), se desdobra em três pilares principais. Primeiro, o econômico, que envolve práticas que promovam o crescimento econômico sem causar danos ambientais ou sociais. Isso inclui a utilização eficiente dos recursos, a inovação tecnológica, e a criação de empregos sustentáveis. O segundo pilar, o social, que foca na promoção de equidade, justiça social e melhoria de qualidade de vida. Por fim, o ambiental, refere-se à proteção dos ecossistemas e a gestão responsável dos recursos naturais. Nesse contexto de desenvolvimento sustentável, a necessidade de cidades inteligentes tem sido amplamente difundida em escala global, impulsionada pelos desafios emergentes decorrentes do crescimento populacional.

A geração de energia fotovoltaica, que aproveita a luz solar para produzir eletricidade, é uma solução chave para a sustentabilidade ambiental. Esse tipo de energia limpa e renovável não emitindo gases de efeito estufa não gera poluentes durante sua operação, ao contrário das fontes fósseis tradicionais como carvão e petróleo. Alguns de seus benefícios são redução de emissões de carbono, conservação dos recursos naturais, autossuficiência energética, preservação da biodiversidade e, criação de empregos. A integração da energia fotovoltaica na matriz energética é uma estratégia essencial para alcançar a sustentabilidade. Ao adotar essa tecnologia, é possível promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental de forma equilibrada e inter-relacionado.

Para Taylan, Samu e Fahrioglu (2016) promovendo a adoção de sistemas fotovoltaicos nos setores residenciais, comerciais e industriais, este conjunto de iniciativas não apenas incentiva, mas também aborda a implantação efetiva dessa tecnologia. Desde o início de sua expansão da energia fotovoltaica no Brasil, por volta de 2010 até os dias atuais, observa-se um crescimento anual contínuo, consolidando os sistemas fotovoltaicos como a fonte mais disseminada e acessível de energia elétrica renovável na contemporaneidade. Esta tecnologia destaca-se não apenas por seu baixo impacto ambiental durante a implementação, mas também por suas reduzidas emissões de CO<sub>2</sub> e retorno de investimento de curto a médio prazo, particularmente notável para consumidores residenciais.

No entanto, conforme Vichi e Mansor (2009) apesar dos avanços significativos na adoção de sistemas solares, ainda existem desafios a serem enfrentados para alcançar uma transição completa para fontes de energia renovável. Um dos obstáculos cruciais é a necessidade de infraestrutura adequada e investimentos substanciais para garantir a eficiência e a confiabilidade dos sistemas fotovoltaicos. Além disso, a conscientização e a educação continuam desempenhando papéis essenciais na promoção da sustentabilidade, pois muitas comunidades e empresas podem não estar plenamente informadas sobre os benefícios e as oportunidades oferecidas pela energia solar.

Segundo Patel e Beik (2021), para superar esses desafios, é de suma importância que os governos, as instituições acadêmicas e as empresas colaborem de forma estratégica, promovendo políticas que incentivem a integração de sistemas solares em larga escala. O estabelecimento de incentivos fiscais, de subsídios e de programas educacionais podem ser fundamentais para acelerar a transição para uma matriz energética mais sustentável. Além disso, a pesquisa contínua e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras são cruciais para

aprimorar a eficiência dos sistemas solares e torná-los ainda mais acessíveis. Ao enfrentar esses desafios de maneira proativa, podemos transformar progressivamente nossa infraestrutura energética e avançar em direção a um futuro mais verde e sustentável.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Caracterização da Pesquisa**

O presente estudo objetivou investigar a viabilidade econômico-financeira da implementação de um sistema fotovoltaico, considerando tanto residências quanto indústrias com diferentes padrões de consumo de energia elétrica na cidade de Rio Grande, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Esta pesquisa se mostra relevante, uma vez que estudos anteriores têm demonstrado a viabilidade da geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos em outras localidades do país, como exemplificado por Dalfovo *et al.* (2019) no caso da cidade de Sinop - MT, além de estar alinhada com a proposta de diversificação da matriz energética com foco na sustentabilidade e frente à escassez de pesquisas nesta área para a região em questão.

#### **3.2 Coleta de Dados Residencial e Industrial**

A caracterização dos padrões de consumo foi realizada a partir das contas de energia elétrica de cinco residências, selecionadas com base na classificação dos bairros da cidade segundo o IBGE, além de dois indústrias localizadas na zona industrial da Barra, pertencentes ao mesmo setor, mas com consumos fora de ponta diferenciados. Os dados, emitidos mensalmente pela Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE), do grupo Equatorial, abrangem o período de 2023/2024. As residências foram escolhidas considerando diferentes valores de consumo e características como localização, cultura e renda domiciliar per capita. Já os setores foram selecionados com base na similaridade do setor, mas com variação nos consumos de energia em horários regulados pela operação.

#### **3.3 Levantamento do Sistema *On-Grid***

Portanto, após selecionar os bairros de estudo com base em dados do IBGE, que indicaram diferenças nas médias de renda domiciliar, foi determinada a viabilidade da instalação de um sistema fotovoltaico. É essencial inicialmente identificar a localização geográfica da cidade em questão. No caso presente, a cidade em estudo está situada nas coordenadas geográficas de latitude 32° 1' 60" Sul e longitude 52° 5' 55" Oeste. Cada região possui uma irradiação solar específica, fornecida pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB), em função de suas coordenadas geográficas.

Assim, para a região de Rio Grande, assim como para a média nacional, é disponibilizada a Irradiação Solar Média (ISM), que representa a quantidade de energia solar propagada mensalmente, conforme detalhado na Tabela 1. O valor destacado ao término da tabela corresponde à média anual da irradiação solar, servindo como referência fundamental para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Tabela 1 - Irradiação Solar Média no Município de Rio Grande – RS (kWh/m<sup>2</sup> Dia)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Rio Grande	6,38	5,74	4,85	3,63	2,65	2,21	2,38	3	3,62	4,93	6,23	6,79	4,37
Brasil	5,09	5,13	4,86	4,61	4,29	4,31	4,48	5,11	5,23	5,31	5,27	5,25	4,91

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do CRESESB (2024)

Dessa forma, utilizando como referência a demanda registrada na conta de energia elétrica fornecida pela CEEE ao qual faz parte do grupo Equatorial e a Irradiação Solar Média da cidade, procedeu-se ao dimensionamento do sistema de energia fotovoltaica. Os valores obtidos junto à concessionária permitiram calcular o consumo médio mensal de energia em kWh. A análise desses dados possibilitou a obtenção da média anual de consumo de energia elétrica, visando maior precisão nos cálculos. Com base na média diária de consumo em kWh/dia e na média diária de irradiação solar da região, foi calculada a potência total que o sistema fotovoltaico necessita fornecer. Esse processo é crucial para garantir uma adequada correspondência entre a demanda energética e a capacidade de geração do sistema.

A partir desses dados, procedeu-se à análise da variação do consumo ao longo do ano de 2023 e início de 2024. Utilizando a média diária expressa em kWh/dia, foi determinado o valor de kWp, que representa a potência total que o sistema de energia fotovoltaica instalado deve fornecer. Conforme explica Masutti, Tabarelli e Santos (2015), o cálculo da potência total é realizado de acordo com a Equação 1, que leva em consideração diversos fatores relevantes para a eficiência e adequação do sistema às necessidades de consumo.

Ainda segundo estes autores, as perdas do sistema ( $\eta_{\text{rendimento}}$ ) levam em consideração perda de temperatura, incompatibilidade elétrica, acúmulo de sujeira, cabeamento corrente contínua, cabeamento corrente alternada (CA) e inversor portanto o valor utilizado foi de 20% de perdas para o rendimento.

$$PotênciaTotal_{\text{painéis}} = \frac{EnergiaGeração}{TempoExposição * \eta_{\text{Rendimento}}} \quad (1)$$

Onde:

Potência Total<sub>Painéis</sub>: valor da demanda de energia do cliente precisa para cálculo do equipamento;

Energia<sub>Geração</sub>: Média diária kWh/dia;

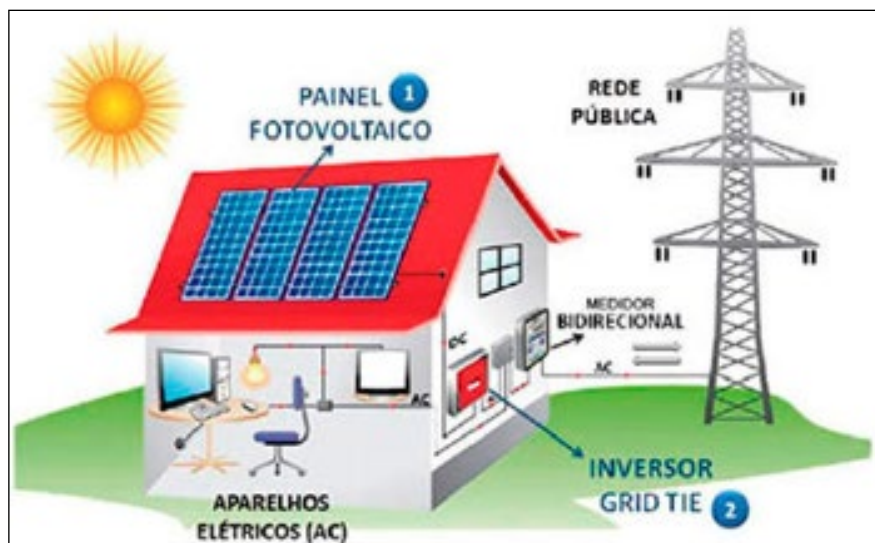
Tempo<sub>Exposição</sub>: Irradiação solar média anual;

$\eta_{\text{rendimento}}$ : Perdas do sistema

Para calcular os equipamentos necessários neste estudo, foram seguidas as exigências técnicas para a instalação do sistema fotovoltaico. Buscando uma avaliação detalhada dos custos, realizou-se uma pesquisa de mercado com três empresas especializadas na cidade em análise, solicitando orçamentos para cada residência e indústria incluída no estudo. O orçamento de menor valor foi utilizado como referência para os cálculos de viabilidade econômico-financeira. As empresas forneceram listas detalhadas dos equipamentos

necessários, incluindo quantidades, além de informações sobre mão de obra, manutenção e garantias, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Kit de Energia Solar Fotovoltaica



Fonte: Iluminasol (2023).

A partir disso ao analisar o orçamento mais econômico das empresas relacionadas ao setor de projetos e instalações fotovoltaicas, foi solicitado uma lista que englobasse projeto, materiais (kit solar), execução e garantias, com o objetivo de garantir uma perspectiva realista. Os detalhes completos dos equipamentos estão disponíveis na lista de materiais da empresa selecionada, apresentada no Apêndice A desta pesquisa.

### 3.4 Análise Financeira na Viabilidade de Sistemas Solares

Para elaborar um projeto de análise financeira de viabilidade é essencial identificar os principais elementos do mercado e realizar um estudo aprofundado. Segundo Rebelatto (2004), a análise deve seguir uma sequência de procedimentos em espiral, garantindo que o investimento esteja fundamentado. A análise de um investimento exige um objetivo sólido, que pode ser reforçado por um plano de ação estruturado. O uso do fluxo de caixa como ferramenta auxilia na tomada de decisões e, para alcançar bons resultados, é fundamental considerar todas as variáveis em conjunto. Esse planejamento é essencial para a execução de um projeto no futuro. Os três indicadores financeiros - valor presente líquido, taxa interna de retorno e período de retorno do investimento - conforme Bergmann *et al.* (2023), permitem testar se o projeto é viável ou não, ou seja, verificando se o modelo é adequado para determinada empresa, comércio ou residência.

### 3.4.1 Valor Presente Líquido

De acordo com o estudo de Silva e Fontes, 2005, p. 932, o conceito de “valor presente líquido (VPL) de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado”, representando, portanto, a discrepância entre o valor atualizado das entradas financeiras e o valor atualizado das saídas monetárias.

O método do Valor Presente Líquido é reconhecido como uma abordagem tradicional e altamente eficaz para a avaliação de investimentos, conforme discutido por Schroeder *et al.* (2005). Esta metodologia busca otimizar a seleção entre diversos projetos, examinando os valores presentes dos fluxos de caixa futuros após aplicar uma taxa de desconto. Na avaliação de decisões entre alternativas de projetos, esse método se destaca como uma ferramenta útil e avançada, como observado por Groppelli e Nikbakht (2002). O cálculo do VPL segue os princípios definidos na Equação 2.

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_n}{(1+TMA)^n} - InvestimentoInicial \quad (2)$$

Onde:

VPL: Valor Presente Líquido;

$FC_n$ : Fluxo de caixa n períodos;

TMA: Taxa Mínima de Atratividade;

n: período de cada fluxo de caixa.

Quando o Valor Presente Líquido (VPL) é positivo (>0), indica que o projeto em análise é considerado viável. Isso significa que não só cobre o investimento inicial, mas também gera retorno para o investidor, resultando em excedentes financeiros. Se o VPL for nulo (=0), o projeto ainda é viável, mas apenas o suficiente para recuperar o investimento inicial. No entanto, se o VPL for negativo (<0), isso indica que o projeto não é economicamente viável, (De Abreu Filho; Cury, 2018).

### 3.4.2 Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) representa a taxa de remuneração de um empreendimento ao longo de um período específico, considerando o fluxo de caixa associado. Em outras palavras, é a rentabilidade do projeto após o desconto do fluxo de caixa ao longo do tempo, resultando na anulação do investimento inicial do projeto quando o VPL do fluxo de caixa é igual a zero, conforme discutido por (Olortegui; Nogueira, 2023).

Ainda segundo os autores, a taxa de juros aplicada ao valor presente das receitas geradas pelo projeto é igual ao valor presente dos gastos. Portanto, a Taxa Interna de Retorno (TIR) se torna uma ferramenta valiosa para a comparação de investimentos, como destacado por Pilão e Hummel (2003). A Equação 3 apresenta o método de cálculo da TIR.

$$0 = \sum_{i=1}^{n=N} \frac{FC_i}{(1+TIR)^i} - InvestimentoInicial \quad (3)$$

Onde:

TIR: Taxa Interna de Retorno;

FC<sub>i</sub>: Fluxo de caixa líquido no momento;

i: Período de cada investimento.

Segundo Felippin e Souza (2023), um projeto é considerado mais vantajoso e viável quanto maior for sua Taxa Interna de Retorno (TIR), desde que esta supere a taxa mínima de atratividade (TMA).

### 3.4.3 Período de Retorno do Investimento - *payback*

Um *payback* menor sugere um menor risco associado ao investimento, pois representa um período mais curto para o retorno do capital investido, esse método apresenta uma vantagem significativa em seu cálculo, fornecendo uma indicação direta do tempo necessário para o retorno do investimento, o que está diretamente relacionado ao risco envolvido, como explicado por Felippin e Souza (2023). Assim, um período de recuperação mais longo indica um maior risco. Esse método sugere que um projeto é rentável quando os fluxos de caixa recuperam o investimento inicial dentro de um prazo determinado, tornando-o atraente para investimento. No entanto, sua desvantagem reside na falta de consideração do valor do dinheiro ao longo do tempo, conforme descrito na Equação 4.

$$PB_{(Payback)} = \frac{InvestimentoInicial}{Ganhosoperiodo} \quad (4)$$

Onde:

PB<sub>(payback)</sub>: Período de Retorno esperado do investimento

Já o *payback* descontado, conforme explicado por Souza e Clemente (2004), avalia o tempo necessário para recuperar o investimento inicial de um projeto, levando em conta o valor do dinheiro ao longo do tempo.

Resumidamente, foi conduzida a avaliação e cálculo do investimento requerido para a implantação do sistema proposto, levando em conta os custos dos equipamentos, do projeto e da instalação. A partir desses dados, procedeu-se à análise da viabilidade econômico-financeira dos sistemas em diversos níveis de consumo de energia elétrica na cidade de Rio Grande, utilizando as médias anuais de consumo obtidas das faturas de energia elétrica dos domicílios como base.

A análise desses indicadores será efetuada em relação à taxa mínima de atratividade para investimentos, que corresponde à média do Certificado de Depósito Interbancário (CDI), fixada em 10,65%. Isso permitirá avaliar a viabilidade financeira do projeto em diferentes consumos de energia elétrica. Para tanto, serão utilizadas medidas como o valor

presente líquido, a taxa interna de retorno e o período de retorno do investimento (*payback*), considerando um horizonte de investimento de 25 anos.

Esse prazo é determinante para a eficiência dos painéis solares ao longo de sua vida útil, além de representar o tempo máximo para recuperar o investimento. Adicionalmente, a análise levou em conta uma taxa de inflação acumulada em 12 meses (fevereiro de 2024) de 4,50% obtida por meio da média do IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) (IPCA, 2023), ao longo dos 25 anos, conforme garantido pelos fabricantes.

#### 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O município brasileiro em análise é localizado no litoral sul do estado do Rio Grande do Sul, com uma população estimada em 191.900 habitantes. Em 2021 registrou o quarto maior Produto Interno Bruto – PIB – dentre as cidades gaúchas (IBGE, 2022). Situado no bioma pampa, fica entre a Lagoa Mirim, Lagoa dos Patos (a maior laguna do Brasil) e é banhado também pelo Oceano Atlântico. Sua principal atividade econômica gira em torno do setor industrial e do porto de Rio Grande, que segundo o Anuário Estatístico Aquaviário (ANTAQ, 2021) é o quarto em movimento de carga do Brasil e, a principal via marítima de importação e exportação do Rio Grande do Sul, sendo considerado um porto regional de grande porte.

A cidade de Rio Grande segundo o painel de geração distribuída fotovoltaica no Rio Grande do Sul, ao qual apresenta dados do mês de junho de 2009 até agosto de 2024, apresenta uma potência instalada de mais que 16MW, com 2558 instalações ao longo de seu território e com 3340 unidades consumidoras atendidas, ficando em 40ª posição no estado.

##### 4.1 Consumo de Energia Elétrica das Residências e Indústria em Estudo

Levando em conta distintos padrões de consumo, tanto residencial quanto industrial, os domicílios analisados compartilham algumas características comuns, embora se distingam pela localização dos bairros onde foram coletados os dados. A Tabela 2 mostra o consumo mensal em kWh em cada residência de bairros diferentes da cidade em estudo. As indústrias por sua vez ficam na área industrial da cidade. Elas possuem a mesma demanda contratada de 250 kW. Porém, o cálculo do sistema fotovoltaico foi realizado em função da demanda fora de ponta, valores esses aos quais se diferenciam entre essas empresas. Esse intervalo é das 0h às 17h59 e das 21h às 23h59 (ANEEL, 2024).

Tabela 2 – Consumo Mensal de Energia (kWh)

	BGV	Centro	Cassino	Jardim do sol	Hidráulica	Industria A	Industria B
Fev/24	66	227	695	1.714	4.368	46.549	82.638
Jan/24	72	214	501	1.875	3.887	50.947	73.423
Dez/23	61	166	406	1.820	3.774	63.458	71.452
Nov/23	50	176	387	1.690	3.067	43.559	74.578

	BGV	Centro	Cassino	Jardim do sol	Hidráulica	Industria A	Industria B
Out/23	65	194	368	1.531	4.011	74.845	79.099
Set/23	50	172	372	1.463	2.857	45.604	72.098
Ago/23	79	180	388	1.276	3.007	44.308	80.789
Jul/23	80	151	381	1.200	3.227	66.296	82.978
Jun/23	90	227	384	1.163	4.405	43.508	89.908
Mai/23	93	249	362	1.155	4.515	73.296	86.794
Abr/23	79	224	407	1.201	4.692	55.729	67.767
Mar/23	85	252	456	1.223	4.681	60.643	87.658
Média mensal	73	203	426	1.443	3.874	55.729	79.099
Média Diária	2,39	6,68	14,03	47,51	127,62	1.832,19	2.600,52
Total	870	2.432	5.107	17.311	46.491	668.742	949.182

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados coletados de contas de energia

\* Valores da tabela são do consumo mensal das residências em estudo em kWh.

A Tabela 2 apresenta o consumo mensal na conta de luz de cada residência e indústria coletada, assim como a média mensal, média diária e o consumo anual. Dados esses coletados para efeito de cálculo tanto do sistema fotovoltaico quanto para a análise de viabilidade econômico-financeira desses sistemas em estudo. De acordo com os trabalhos realizados por Cohen (2002), existe uma relação direta entre a renda das famílias e o seu consumo de energia residencial. As famílias de maior renda não apenas consomem significativamente mais energia do que as de renda mais baixa, mas também direcionam grande parte desse consumo para eletricidade e serviços de transporte. Em contraste, as famílias de menor renda têm um consumo de energia reduzido.

Assim com os valores de consumo médio diário das residências e indústrias bem como da exposição do sol no município de Rio Grande, pode-se determinar a quantidade de energia elétrica de um sistema solar a ser instalado. Quanto maior for a irradiação solar, maior será a eficiência do projeto de painéis fotovoltaicos. De acordo com a Tabela 1 a média de irradiação solar em Rio Grande é de 4,37 kWh/m<sup>2</sup>.

Foi considerado também, para todas residências e indústrias, um rendimento de 80% levando em conta fatores como perda de temperatura, incompatibilidade elétrica, acúmulo de sujeira nos equipamentos externos, cabeamento CC e CA e inversor. Fixando assim 20% de perdas ao longo dos 25 anos de garantia dos fabricantes. Esse rendimento é calculado para proporcionar uma folga ao sistema, permitindo que ele opere com uma margem de segurança e evitando que o projeto atenda apenas à demanda exata de energia do domicílio. Utilizando a Equação 1, foi calculado o valor de potência total de cada instalação conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Potência Total (kWp)

Bairro	Média do Custo do (kWh/mês) R\$	Média Diária (kWh/dia)	Potência Total (kWp)
BGV	76,47	2,39	0,68
Centro	210,26	6,68	1,90
Cassino	459,81	14,03	4,00
Jardim do sol	1.538,86	47,51	13,53
Hidráulica	4.160,29	127,62	36,35
Industria A	35.630,57	1.832,19	521,90
Industria B	50.572,42	2.600,52	740,76

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados coletados.

A partir do consumo de energia elétrica levando em consideração os anos de 2023 e 2024, foi possível calcular o dimensionamento do sistema de energia fotovoltaico que será instalado no telhado desta residência. Essas contas geram um custo médio mensal. A seguir tira-se a relação diária e chega-se em valores de potência total. Com esses valores foi pedido um orçamento a três empresas diferentes de energia solar para cada cliente, fixadas na cidade em estudo, para dimensionar o número de placas necessárias para instalação desses sistemas de energia fotovoltaica, assim como mão de obra e projeto.

Com base na análise do valor da potência total, determina-se o número de placas necessárias para atender 100% das demandas das residências pesquisadas e, no caso das indústrias, foi projetado um sistema fotovoltaico apenas para os horários fora de ponta. A Tabela 4 apresenta um resumo dos resultados, incluindo a potência gerada por cada equipamento, que depende do dimensionamento do projeto, podendo variar para mais ou para menos. Além disso, os custos dos kits de equipamentos fotovoltaicos também irão diferir.

No Apêndice A, encontram-se as especificações de cada kit conforme consumo considerado de todas residências e indústrias indicadas no estudo. As empresas do setor fotovoltaico responsável pelos orçamentos dos equipamentos elaboraram projetos próximos, e o número de placas foi diferente para cada caso de estudo, nesses respectivos projetos. Assim a potência gerada pelos equipamentos variou ligeiramente conforme os orçamentos destas empresas. Essas variações ocorrem devido aos dados inseridos pelos projetistas e, qualquer alteração nos valores ou no rendimento resultará em diferenças. Nos orçamentos, já estão inclusas todas as despesas, como a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), a instalação, os equipamentos e o material de instalação. A Tabela 4 mostra esses valores de forma resumida.

Tabela 4 - Sistema Dimensionado Conforme Demanda de Cada Residência e Indústria

Bairro	Número de placas	Potência Gerada kWp	Orçamento R\$
BGV	3	1,65	7.263,31
Centro	4	2,20	8.374,43
Cassino	8	4,40	12.512,48
Jardim do sol	25	13,75	34.895,59
Hidráulica	67	36,85	92.255,60
Industria A	967	531,85	1.552.731,96
Industria B	1.372	754,60	2.056.822,71

Nota: Potência gerada foi especificado pelo fabricante das placas dados coletados no orçamento

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados fornecidos dos orçamentos mais econômicos (2024)

Após a instalação dos sistemas residenciais e industriais, a conta de energia não é completamente zerada devido à taxa mínima cobrada pela concessionária, que varia conforme o tipo de ligação, segundo a ANEEL (2015). Todo excedente produzido por esses sistemas, que são homologados pela concessionária, é injetado na rede elétrica. Os créditos gerados podem ser utilizados dentro da mesma área de concessão ou permissão por um período de até 60 meses, conforme a Resolução Normativa 687/2015.

Para avaliar a viabilidade econômico-financeira de um sistema fotovoltaico, foram calculados o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o *payback* descontado. Esses cálculos foram feitos com base em uma taxa mínima de atratividade de investimento, definida pela taxa média do Certificado de Depósito Interbancário (CDI), que foi considerada em 10,65% a taxa acumulada de abril de 2024. Portanto, ao longo dos 25 anos, a estimativa de produção de energia anual diminuiu, refletindo a perda de rendimento ao longo do tempo.

Após a elaboração do fluxo de caixa para cada usina, foram detalhados os custos do sistema, levando em conta a depreciação anual e a vida útil garantida pelos fabricantes ao longo de 25 anos. Além disso, no preço da tarifa foi calculado um acréscimo de 4,50% ao ano, referente a inflação anual, considerou-se também uma perda de eficiência de 20%, conforme especificação dos fabricantes.

A Tabela 5 apresenta o resumo da análise financeira das residências e indústrias situadas na cidade de Rio Grande. Foi calculado a viabilidade de diferentes tipos de consumo de energia elétrica, não se tendo muitas diferenças pois a irradiação solar não tem muita variação dentro da cidade. Os valores do kWh de cada residência também não teve alterações pois o custo de energia se manteve o mesmo. Nas indústrias houve modificações em função do consumo do horário fora de ponta para ambas as indústrias.

Tabela 5 - Análise Indicadores Financeiros e Econômicos

Bairro	Investimento inicial (R\$)	TMA	VPL (R\$)	TIR	<i>Payback</i> descontado
BGV	-7.263,31	10,65%	23.414,25	13,26%	8 Anos
Centro	-9.684,41	10,65%	15.510,96	26,10%	5 Anos
Cassino	-12.512,48	10,65%	40.377,61	40,38%	3 Anos
Jardim do sol	-34.895,59	10,65%	144.420,27	48,31%	2 Anos
Hidráulica	-92.255,60	10,65%	389.310,05	49,01%	2 Anos
Industria A	-1.552.731,96	10,65%	2.603.735,03	26,76%	5 Anos
Industria B	-2.056.822,71	10,65%	3.842.682,24	28,46%	5 Anos

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Sendo analisado os valores apresentados na Tabela 5, pode-se observar o investimento inicial de cada tipo de consumo residencial assim como de cada indústria em questão. Nas residências, mostram-se viáveis as respectivas instalações de sistemas fotovoltaicos, porém quanto menor o valor da instalação mais tempo esse sistema leva para se pagar.

Para o caso residencial a TIR variou entre 13,26% e 49,01%, sendo a residência do bairro Getúlio Vargas (BGV) com investimento inicial na faixa dos sete mil reais a que apresentou a menor, porém com TMA acima de 10,65%, indicando a viabilidade do investimento. Já os investimentos nos Bairros Jardim do Sol e Hidráulica foram os que apresentaram maior TIR e menor tempo de retorno do investimento, com, respectivamente 48,31% e 49,01%, indicando assim a viabilidade dos investimentos para todos os bairros avaliados no município.

Na análise industrial, foi considerado a mesma instalação para diferentes tipos de indústrias, porém com consumos diferentes no horário fora de ponta. Isso se dá por várias questões operacionais que não foram levadas em consideração aqui neste trabalho, mas tanto a indústria A quanto a indústria B, mesmo com consumos diferentes nos horários fora de ponta, se mostraram viáveis com VPL positivo e TIR entre 26,76% e 28,46%, acima da TMA de 10,65%, e o tempo de retorno se mostrou igual aos dois casos. Portanto, para o caso avaliado, em 5 anos estes sistemas se pagariam nas indústrias da cidade em questão. Isso se dá pois não se obteve muita diferença de consumo relevante nas duas empresas.

Diante dos cenários retratados no estudo, tem-se que a implementação do sistema fotovoltaico em âmbito residencial e industrial é viável mesmo para municípios do sul do Brasil, onde a incidência solar não é tão intensa quanto as demais regiões do país. Além disso, dada a reduzida implementação desses sistemas, sobretudo no setor industrial e público, abre-se uma janela de oportunidades para esses segmentos, aumentando assim a diversificação do consumo de energias renováveis no sul do Brasil.

A adoção de sistemas de energia fotovoltaica tem sido amplamente analisada como uma alternativa sustentável e economicamente viável em diversos contextos. Outros estudos recentes, aos quais se soma o presente artigo, têm destacado a viabilidade desses sistemas

tanto em ambientes residenciais quanto comerciais, considerando diferentes métricas financeiras. Souza e Penha (2020), por exemplo, avaliaram a instalação de energia solar em uma fábrica de chapéus em Caicó – RN, constatando retorno do investimento a partir do quinto ano. Abel *et al.* (2019) analisaram um hotel em Tapes – RS, encontrando um payback inferior a quatro anos e uma economia de energia de 98%. Benevit (2017) explorou o cenário em capitais brasileiras com médias mensais de 200kWh, e Ciamponi (2015) apontou viabilidade para residências de baixo consumo. Esses estudos reforçam o potencial econômico e sustentável da energia fotovoltaica em diferentes escalas e localidades.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos residencial e industrial no sul do Rio Grande do Sul. Com base nessa análise pode-se observar que o consumo de energia elétrica está inversamente relacionado com o tempo de retorno de um sistema de energia fotovoltaica. Portanto quanto menor o consumo de eletricidade maior o tempo de retorno deste projeto, isso somado a diferentes motivações para instalar um projeto de sistema fotovoltaico.

Todos os projetos residenciais, mostraram-se economicamente viáveis, com um período de análise de 25 anos, conforme a durabilidade estabelecida pelos fabricantes dos equipamentos. Portanto em todos os bairros analisados obteve-se, em seu cálculo, o valor presente líquido positivo. As taxas internas de retorno também se situaram acima da taxa mínima de atratividade. E o *payback* descontado ficou abaixo do período de análise para todos os casos.

Para as residências, com um consumo mais elevado, o tempo de retorno do investimento foi semelhante, de dois anos. Os tempos de retorno dos investimentos são considerados curtos em comparação com os períodos de garantia dos equipamentos. Assim como na análise industrial, considerada a mesma instalação para diferentes tipos de indústrias, porém com consumos diferentes no horário fora de ponta, tanto a indústria A quanto a indústria B, mesmo com consumos diferentes nos horários fora de ponta, se mostraram viáveis com VPL positivo e a taxa interna de retorno acima da taxa mínima de atratividade. E o tempo de retorno (*payback* descontado) se mostrou igual aos dois casos.

A análise dos diferentes cenários mostrou que a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos é altamente dependente do perfil de consumo de energia. Residências com maior consumo obtiveram retornos de investimento mais rápidos, destacando a importância de adaptar os incentivos e as políticas para diferentes padrões de consumo. O suporte governamental e privado também é essencial para maximizar os benefícios econômicos e ambientais desses sistemas, promovendo uma transição mais rápida para uma matriz energética sustentável.

Além disso, a adoção de sistemas fotovoltaicos pode gerar impactos positivos significativos na economia local, criando empregos e incentivando o desenvolvimento tecnológico. A expansão da geração distribuída contribui para a diversificação da matriz elétrica e a redução da dependência de fontes de energia não renováveis. Com isso, incentivos públicos e privados para se ter uma melhoria como um todo da matriz elétrica nacional e para consumidores finais seria de grande valia a todos os tipos.

## REFERÊNCIAS

ABEL, D. D. C. *et al.* Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação de energia solar fotovoltaica no Hotel Praiano (Tapes/RS). **Anais do Encontro Internacional sobre Gestão Ambiental e Meio Ambiente**, v. 21, p. 1-11, 2019. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/21/anais/arquivos/214.pdf>. Acesso em: 22 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Matriz elétrica brasileira cresce mais de 1,2 GW em agosto**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023>. Acesso em: 22 maio 2025.

AL-GHUSSAIN, L.; AMED, H.; HANEEF, F. Optimization of hybrid PV-wind system: Case study Al-Tafilah cement factory, Jordan. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 30, p. 24-36, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.08.008>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR. **Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 22 maio 2025.

BENEVIT, M. G. **Desafios para a implementação da geração solar fotovoltaica domiciliar conectada ao sistema interligado no Brasil**: Um estudo comparativo. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/179939>. Acesso em: 22 maio 2025.

BERGMANN, B. H. *et al.* Estudo da combinação de indicadores para análise da viabilidade de projetos: uma revisão de literatura. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 6, p. 10644-10665, 2023. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2397>.

BOSO, A. C. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no Brasil. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 12, p. 57-66, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17271/1984324081220151138>.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Aprova a revisão do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Interligado Nacional. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/ced/bren2012482.pdf>. Acesso em: 22 maio 2025.

BRAUN-GRABOLLE, P. **A integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala no sistema elétrico de distribuição urbana**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93791>. Acesso em: 22 maio 2025.

CABRAL, I. S.; TORRES, A. C.; SENNA, P. R. Energia solar – Análise comparativa entre Brasil e Alemanha. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: IBEAS, 2013. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/congresso4.htm>. Acesso em: 22 maio 2025.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO – CRESESB. **Potencial Solar – SunData v 3.0**. 2023. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>. Acesso em: 22 maio 2025.

CIAMPONI, C. E. S. **Geração de energia elétrica domiciliar solar e eólica**: análise das condições socioeconômicas para implantação em residências de baixo consumo. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/8513>. Acesso em: 22 maio 2025.

COHEN, C. A. M. J. **Padrões de consumo**: desenvolvimento, meio ambiente e energia no Brasil. 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: [https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Claude\\_Ad%C3%A9liaMoemaJeanneCohen.pdf](https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Claude_Ad%C3%A9liaMoemaJeanneCohen.pdf). Acesso em: 22 maio 2025.

DALFOVO, W. C. T. *et al.* A viabilidade econômica da implantação de energia solar fotovoltaica para a redução dos custos com energia elétrica das famílias com diferentes níveis de renda: uma análise para a região norte de Mato Grosso. **Revista Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 14, n. 3, p. 118-143, 2019. DOI: [https://doi.org/10.21446/scg\\_ufrj.v0i0.23111](https://doi.org/10.21446/scg_ufrj.v0i0.23111).

DE ABREU FILHO, J. C. F.; CURY, M. V. Q. **Análise de projetos de investimentos**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2018. Disponível em: <http://www.fgv.br/editora>. Acesso em: 22 maio 2025.

ELKINGTON, J.; ROWLANDS, I. H. Canibais com garfos: o triplo resultado dos negócios do século XXI. **Alternatives Journal**, v. 25, n. 4, p. 42, 1999.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balço Energético Nacional 2023**: ano base 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos>. Acesso em: 22 maio 2025.

FEARNSIDE, P. M. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. **Novos Cadernos NAEA**, v. 12, p. 5-56, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5801/ncn.v12i2.315>.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 15, n. 3, p. 667-681, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1679-395157473>.

FELIPPIN, G. M. R.; SOUZA, S. S. F. Análise de viabilidade de implantação de um sistema de geração fotovoltaico a partir da nova legislação. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 12, p. 30870-30891, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n12-021>.

FURTADO, R. **Custos ambientais da produção de energia elétrica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2016. ISBN 978-85-61325-91-6.

GONSALVES, R. D. S. **Análise econômica e técnica da inserção de sistemas fotovoltaicos para consumidores industriais**. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/250561>. Acesso em: 22 maio 2025.

GORDILHO, H. J. S.; DUARTE, I. ISS ecológico sobre os serviços de construção civil. **Nomos: Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC**, v. 42, n. 1, p. 13-30, 2022. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/nomos/article/view/80875/227548>. Acesso em: 22 maio 2025.

GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2002. ISBN 978-85-02083-50-9.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **População estimada**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/rio-grande>. Acesso em: 22 maio 2025.

JUNIOR, E. B. D. M.; DE SOUZA, J. A. Valuing science and the teaching of Physics through theatrical communication. **arXiv preprint**, arXiv:2501.13325, 2025. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.13325>.

LOPES, D. G. **O impacto da energia elétrica proveniente do reformador de etanol e célula a combustível: cenário para a promoção do desenvolvimento socioambiental da comunidade “Pico do Amor” / MT**. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

LOTTE, W. R. **Avaliação setorial da qualidade de vida em Toledo - PR: uma análise a partir da percepção da população em 2023**. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2023. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/7189>. Acesso em: 22 maio 2025.

MASSOLI, E. C.; BORGES, F. Q. Análise das externalidades geradas pela Usina Hidrelétrica de Estreito (MA) e o processo de desenvolvimento. **Desenvolvimento em Questão**, v. 12, n. 28, p. 251-278, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=75232664011>. Acesso em: 22 maio 2025.

MASUTTI, M. C.; TABARELLI, G.; SANTOS, Í. P. dos. Potencial de implantação de um sistema fotovoltaico gerador de energia em coberturas de estacionamentos. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 4, p. 15-23, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v4n2p15-23>.

MOLINA, M. C. G. Desenvolvimento sustentável: do conceito de desenvolvimento aos indicadores de sustentabilidade. **Revista Metropolitana de Governança Corporativa**, v. 4, n. 1, p. 75-93, 2019. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/RMGC/article/view/1889>. Acesso em: 22 maio 2025.

OLORTEGUI, J. A. C.; NOGUEIRA, G. B. **Análise da viabilidade de investimento em uma empresa de serviços alimentares: Payback descontado, IBC, VPL e TIR**. Seven Editora, p. 1293-1302, 2023. DOI: <https://doi.org/10.56238/sevedi76016v22023-083>.

PATEL, M. R.; BEIK, O. **Wind and solar power systems: design, analysis, and operation**. Boca Raton: CRC Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003042952>.

PILÃO, N. E.; HUMMEL, P. R. V. **Matemática financeira e engenharia econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

REBELATTO, D. **Projeto de investimento**. 1. ed. Barueri: Manole, 2004. ISBN 978-85-20415-60-3.

REIS, L. B. **Geração de energia elétrica**. 3. ed. Santana de Parnaíba: Manole, 2018. ISBN 978-85-20445-61-7.

SAMADI, P. *et al.* Optimal real-time pricing algorithm based on utility maximization for smart grid. In: **2010 First IEEE International Conference on Smart Grid Communications**, p. 415-420, 2010. IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/SMARTGRID.2010.5622077>.

SCHROEDER, J. T. *et al.* O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, n. 2, p. 33-42, 2005. DOI: <https://doi.org/10.3895/S1808-04482005000200003>.

SILVA, M. L. D.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. **Revista Árvore**, v. 29, p. 931-936, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-7622005000600012>.

SOARES, M. F. V. **Análise comparativa de políticas públicas e desenvolvimento regulatório da energia solar fotovoltaica no Brasil e na Alemanha.** 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG. Disponível em: <http://hdl.manipular.net/1843/32898>. Acesso em: 22 maio 2025.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004. ISBN 978-85-224-5037-4.

SOUZA, G. R.; DA PENHA, R. S. Viabilidade econômica de um projeto de investimento de energia fotovoltaica. **Revista Auditoria Governança e Contabilidade**, v. 8, n. 35, p. 113-128, 2020. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/ragc/article/view/2076>. Acesso em: 22 maio 2025.

TAYLAN, O.; FAHRIOGLU, M.; SAMU, R. Feasibility study of a grid connected hybrid PV-wind power plant in Gwanda, Zimbabwe. *In: 2016 HONET-ICT*, p. 122-126, outubro de 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/HONET.2016.7753434>.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, p. 757-767, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300019>.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2012. ISBN 978-85-36514-89-5.

WANDERLEY, R. J. C. **Eficiência do peróxido de hidrogênio no pré-tratamento da exaustão industrial da macaúba (*Acrocomia aculeata*) para produção de etanol 2G.** 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/4318>. Acesso em: 22 maio 2025.

## APÊNDICE A – Lista de Materiais Fazem Parte do *Kit* de Sistemas Fotovoltaico

Na presente seção foi trazida a descrição dos materiais usados para instalação do sistema fotovoltaico de todos os consumos em estudo onde foram coletadas cinco residências e duas empresas distintas em regiões diferentes da cidade de Rio Grande RS.

Portanto, a Tabela 6 apresenta o detalhamento do *kit* para a residência no bairro Getúlio Vargas com uma média de 72,50 kWh mês, o valor mínimo calculado pelas empresas é de 250 kWh mês o valor calculado para dimensionamento do sistema foi de 0,68 kWp, e o dimensionamento do sistema foi calculado para uma potência de 1,65 kWp, valor muito superior ao calculado pois as empresas não costumam fazer instalações tão pequenas então este sistema ficaria com uma sobra muito grande de energia limpa para ser descontada em forma de créditos. A partir do indicado pela empresa ao qual forneceu os orçamentos mais econômico.

Tabela 6 - Lista de Material Bairro Getúlio Vargas

Quantidade	Descrição
3	Módulos de 550Wp
1	Inversor modelo SIW200G M030 WO
3	conectores cabo CC
1	estrutura de 3 módulos
1	área do sistema estimada: 7,80 m <sup>2</sup> peso estimado: 18Kg/m <sup>2</sup> serviços de instalação, projetos e solicitação de acesso à rede

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para o consumo médio registrado no bairro Centro, que é de 202,67 kWh por mês, o dimensionamento do sistema foi calculado em 1,90 kWp. No entanto, a empresa que forneceu o orçamento mais baixo, recomendou um sistema com potência de 2,20 kWp. A Tabela 7 apresenta a configuração do kit projetado para essa residência.

Tabela 7 - Lista de Material Bairro Centro

Quantidade	Descrição
4	módulos de 550Wp
1	inversor modelo SIW 200G MO30 WO cabo CC
3	conectores
1	estrutura de 4 módulos área do sistema estimada: 12,80 m <sup>2</sup> peso estimado: 18Kg/m <sup>2</sup> serviços de instalação, projetos e solicitação de acesso à rede

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para o Balneário Cassino a média de consumo desta residência é de 425,58 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 3,99 kWp, e o valor projetado é um sistema de 4,40 kWp. Conforme Tabela 8 detalha o sistema projetado pela empresa.

Tabela 8 - Lista de Material Bairro Cassino

Quantidade	Descrição
8	módulos de 550Wp
1	inversor modelo SIW 200G MO3O WO
	cabo CC
3	conectores
2	estrutura de 4 módulos
	área do sistema estimada: 20,80 m <sup>2</sup>
	peso estimado: 18Kg/m <sup>2</sup>
	serviços de instalação, projetos e solicitação de acesso à rede

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No Jardim do Sol a média de consumo desta residência é de 1.442,58 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 13,53 kWp, e o valor projetado é um sistema de 13,75 kWp. Conforme Tabela 9 detalha o sistema projetado pela empresa.

Tabela 9 - Lista de Material Bairro Jardim do Sol

Quantidade	Descrição
25	módulos de 550Wp
1	inversor modelo SIW 400G M305 WO
	cabo CC
4	conectores
3	estrutura de 3 módulos
4	estrutura de 4 módulos
	área do sistema estimada: 65,80 m <sup>2</sup>
	peso estimado: 18Kg/m <sup>2</sup>
	serviços de instalação, projetos e solicitação de acesso à rede

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Conforme Tabela 10 no bairro Hidráulica a média de consumo desta residência é de 3.874,25 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 36,35 kWp, e o valor projetado é um sistema de 36,85 kWp. Conforme detalha o sistema projetado pela empresa de energia fotovoltaica da região.

Tabela 10 - Lista de Material Bairro Hidráulica

Quantidade	Descrição
67	módulos de 550Wp
1	inversor modelo SIW 200G M105 W0
	cabo CC
4	conectores
3	estrutura de 3 módulos
4	estrutura de 4 módulos
	área do sistema estimada: 65,80 m <sup>2</sup>
	peso estimado: 18Kg/m <sup>2</sup>
	serviços de instalação, projetos e solicitação de acesso à rede

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Conforme Tabela 11 para a indústria A, a média de consumo desta indústria é de 55.729 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 521,90 kWp, e o valor projetado é um sistema de 531,85 kWp. Conforme detalha o sistema projetado.

Tabela 11 - Lista de Material Industria A

Quantidade	Descrição
967	módulos de 550Wp - Weg
4	inversores trifásicos 380V SIW500G T100 W0
4	monitoramento Gateway
88	conectores
	cabo CC
121	estrutura solo para 8 módulos
	área do sistema estimada: 2.514,20 m <sup>2</sup>
	serviços de instalação, projetos e solicitação de acesso à rede

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 12 - Lista de Material Industria B

Quantidade	Descrição
1.372	módulos de 550Wp - Weg
5	inversores trifásicos 380V SIW500G T100 W0
5	monitoramento Gateway
110	conectores cabo CC
172	estrutura solo para 8 módulos área do sistema estimada: 3.567,20 m <sup>2</sup> serviços de instalação, projetos e solicitação de acesso à rede

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Conforme Tabela 12 para a indústria B, a média de consumo desta indústria é de 79.099 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 740,76 kWp, e o valor projetado é um sistema de 754,60 kWp. Conforme detalha o sistema projetado pela empresa de energia fotovoltaica da região com valor de orçamento mais baixo.

Com esses dados pode-se ter uma melhor noção do tamanho dos sistemas e o quanto eles geram de energia, além de analisar a quantidade e qualidade dos equipamentos também.