REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA ESCOLA PRIVADA DE PORTO ALEGRE/RS

SIZING AND ECONOMIC ANALYSIS OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN A PRIVATE SCHOOL IN PORTO ALEGRE, BRAZIL

DIMENSIONAMIENTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA ESCUELA PRIVADA DE PORTO ALEGRE, BRASIL

Andressa Brum Martins
Engenheira Mecânica, UNIRITTER, Brasil
E-mail: andressa.brum.martins@gmail.com

Manoel Henrique Alves
Mestre em Engenharia, UFRGS, Brasil
https://orcid.org/0000-0002-1392-9607
E-mail: manoelh.alves@hotmail.com

Resumo

A geração solar fotovoltaica constitui uma alternativa para reduzir a energia demandada da rede elétrica e ampliar o uso de fontes renováveis em edificações. Este estudo teve como objetivo realizar o dimensionamento técnico e uma avaliação econômica preliminar de um sistema fotovoltaico conectado à rede para uma escola privada localizada em Porto Alegre/RS. A análise considerou consumo médio mensal de 981 kWh, energia mensal de compensação de 881 kWh, disponibilidade média do recurso solar equivalente a 4,61 horas de sol pleno e taxa global de desempenho de 0,80. A potência requerida foi estimada em 7,96 kWp, sendo adotada uma configuração com 22 módulos de 375 Wp, totalizando 8,25 kWp, associada a um inversor de 8 kW e Fator de Dimensionamento do Inversor de aproximadamente 0,97. A geração anual foi estimada em 11,11 MWh, já considerando as perdas globais do sistema. O investimento parcial nos módulos e no inversor foi estimado em R$ 38.580,00. Considerando a tarifa de referência adotada no estudo, obteve-se economia bruta anual de aproximadamente R$ 8.791,06 e payback simples de referência de 4,39 anos. Os resultados indicam coerência entre a demanda energética considerada, a potência dimensionada e a geração anual estimada, embora a avaliação econômica deva ser interpretada como preliminar, uma vez que o investimento não contempla o CAPEX integral e a economia efetiva depende das condições tarifárias e regulatórias aplicáveis à unidade consumidora.
Palavras-chave: energia solar; sistema fotovoltaico; viabilidade econômica; instituição de ensino; sustentabilidade.

Abstract

Photovoltaic solar generation represents an alternative for reducing electricity demand from the grid and expanding the use of renewable energy sources in buildings. This study aimed to perform the technical sizing and a preliminary economic assessment of a grid-connected photovoltaic system for a private school located in Porto Alegre, southern Brazil. The analysis considered an average monthly electricity consumption of 981 kWh, 881 kWh/month of energy to be compensated, an average solar resource equivalent to 4.61 peak sun hours per day, and an overall performance factor of 0.80. The required photovoltaic capacity was estimated at 7.96 kWp, leading to the adoption of 22 modules rated

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

at 375 Wp, totaling 8.25 kWp, coupled to an 8 kW inverter with an inverter sizing factor of approximately 0.97. Annual electricity generation was estimated at 11.11 MWh, already accounting for overall system losses. The partial investment in modules and inverter was estimated at BRL 38,580.00. Based on the reference electricity tariff adopted in the study, gross annual savings were estimated at approximately BRL 8,791.06, resulting in a reference simple payback period of 4.39 years. The results indicate consistency between the energy demand considered, the sized photovoltaic capacity, and the estimated annual generation. However, the economic assessment should be interpreted as preliminary because the investment does not include the full CAPEX and the actual financial benefit depends on the tariff and regulatory conditions applicable to the consumer unit.
Keywords: solar energy; photovoltaic system; economic feasibility; educational institution; sustainability.

Resumen

La generación solar fotovoltaica constituye una alternativa para reducir la energía demandada de la red eléctrica y ampliar el uso de fuentes renovables en edificaciones. Este estudio tuvo como objetivo realizar el dimensionamiento técnico y una evaluación económica preliminar de un sistema fotovoltaico conectado a la red para una escuela privada ubicada en Porto Alegre, Brasil. El análisis consideró un consumo medio mensual de 981 kWh, una energía mensual a compensar de 881 kWh, una disponibilidad media del recurso solar equivalente a 4,61 horas sol pico por día y un factor global de desempeño de 0,80. La potencia fotovoltaica requerida se estimó en 7,96 kWp, adoptándose una configuración de 22 módulos de 375 Wp, con una potencia total de 8,25 kWp, asociada a un inversor de 8 kW y un factor de dimensionamiento del inversor de aproximadamente 0,97. La generación anual se estimó en 11,11 MWh, considerando las pérdidas globales del sistema. La inversión parcial en módulos e inversor se estimó en R$ 38.580,00. A partir de la tarifa eléctrica de referencia adoptada en el estudio, se obtuvo un ahorro bruto anual aproximado de R$ 8.791,06 y un período simple de retorno de referencia de 4,39 años. Los resultados indican coherencia entre la demanda energética considerada, la potencia dimensionada y la generación anual estimada. Sin embargo, la evaluación económica debe interpretarse como preliminar, ya que la inversión no incluye el CAPEX total y el beneficio económico efectivo depende de las condiciones tarifarias y regulatorias aplicables a la unidad consumidora.
Palabras clave: energía solar; sistema fotovoltaico; viabilidad económica; institución educativa; sostenibilidad.

1. Introdução

O crescimento da demanda por energia elétrica, associado às preocupações ambientais e à necessidade de diversificação das fontes de geração, tem ampliado a utilização de fontes renováveis no cenário energético. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica destaca-se por permitir a geração descentralizada de eletricidade, com possibilidade de instalação em edificações residenciais, comerciais e institucionais. No Brasil, as condições de disponibilidade do recurso solar favorecem a utilização dessa tecnologia, tornando relevante a realização de estudos voltados ao seu dimensionamento e à sua viabilidade econômica.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede constituem uma alternativa para consumidores que buscam reduzir o consumo de energia proveniente da

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

concessionária por meio da geração local. Nesse tipo de configuração, a definição adequada do sistema depende de fatores como disponibilidade do recurso solar, demanda energética da unidade consumidora, potência instalada, características dos módulos e inversores e estimativa da energia produzida.

As instituições de ensino constituem um campo particularmente interessante para a aplicação da geração fotovoltaica. Além da possibilidade de redução dos gastos com energia elétrica, a presença de sistemas baseados em fontes renováveis no ambiente escolar pode contribuir para aproximar estudantes e comunidade de práticas relacionadas à sustentabilidade e ao uso racional dos recursos energéticos.

Entretanto, a adoção de sistemas fotovoltaicos envolve investimento inicial significativo, tornando necessário avaliar se a energia produzida e a economia proporcionada justificam os recursos empregados. Dessa forma, estudos de viabilidade aplicados a edificações específicas permitem relacionar características locais de consumo e disponibilidade solar às condições técnicas do sistema, produzindo informações que podem subsidiar decisões de investimento em empreendimentos semelhantes.

Nesse contexto, o presente estudo apresenta o dimensionamento técnico e uma avaliação econômica preliminar de um sistema fotovoltaico conectado à rede para uma escola privada localizada em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

O estudo considera o consumo médio mensal informado pela instituição, o recurso solar adotado, o redimensionamento do gerador com incorporação explícita das perdas globais, a estimativa de geração de energia e um indicador simplificado de retorno financeiro. Não se tratando esse estudo do desenvolvimento de projeto executivo ou orçamento completo.

2. Revisão da Literatura

A expansão das fontes renováveis de energia está associada tanto à necessidade de diversificação da matriz elétrica quanto à busca por alternativas de menor impacto ambiental. No contexto brasileiro, a disponibilidade de recursos renováveis e o elevado potencial solar favorecem a inserção da geração fotovoltaica

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

em diferentes setores. FREITAS e DATHEIN (2013) já destacavam que a ampliação das fontes renováveis poderia produzir efeitos positivos de natureza econômica, social e ambiental, enquanto estudos posteriores passaram a evidenciar o papel crescente da energia fotovoltaica no processo de diversificação da geração de eletricidade no país.

Os sistemas fotovoltaicos convertem diretamente a radiação solar em energia elétrica e podem ser configurados de forma isolada ou conectada à rede. Nos sistemas conectados à rede, a energia produzida pode ser utilizada pela própria unidade consumidora, possibilitando a redução da energia demandada da distribuidora. O dimensionamento desses sistemas envolve, entre outros aspectos, o levantamento do consumo, a disponibilidade do recurso solar, a definição da potência instalada, a escolha dos módulos, o dimensionamento do inversor e a verificação das condições elétricas do arranjo (PINHO e GALDINO, 2014). VIAN et al. (2021) ressaltam que a redução dos custos dos equipamentos e o desenvolvimento tecnológico contribuíram para ampliar as aplicações da geração fotovoltaica em edificações residenciais, comerciais e institucionais.

A disponibilidade do recurso solar constitui um dos principais fatores para a determinação da energia que pode ser produzida. Além da irradiância, a orientação e a inclinação dos módulos exercem influência sobre o desempenho energético do sistema. GASPARIN e KRENZINGER (2017), ao analisarem sistemas fotovoltaicos em diferentes cidades brasileiras, demonstraram que a produção anual varia de acordo com o posicionamento do arranjo, embora exista determinada faixa de orientações em que as perdas podem permanecer relativamente reduzidas.

Sob a perspectiva econômica, a geração fotovoltaica apresentou evolução significativa no Brasil ao longo das últimas décadas. FERREIRA et al. (2018) apontaram que, apesar do expressivo potencial solar existente no país, a consolidação dessa tecnologia esteve historicamente condicionada a aspectos como custos de implantação, mecanismos regulatórios e incentivos econômicos. O investimento inicial também aparece como uma das principais barreiras identificadas por GARLET et al. (2019) para a disseminação da geração fotovoltaica distribuída no Sul do Brasil, juntamente com aspectos tecnológicos, sociais,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

gerenciais e regulatórios.

Apesar dessas limitações, a geração distribuída apresentou forte expansão no país, modificando progressivamente a relação entre consumidores e o sistema elétrico. ROSA et al. (2021) destacam que a ampliação da geração distribuída altera o modelo tradicional baseado exclusivamente em grandes unidades centralizadas, ao permitir que consumidores também produzam energia próxima aos próprios locais de consumo. A disseminação desses sistemas, entretanto, introduz novos desafios técnicos, econômicos e organizacionais para as distribuidoras de energia.

A literatura mais recente confirma a continuidade desse processo. DAVID, SOUZA e RIZOL (2024), em revisão sobre a transição energética brasileira entre 2018 e 2023, identificaram crescimento e diversificação das aplicações da energia solar fotovoltaica no país e ressaltaram a interação entre avanço tecnológico, políticas energéticas e desenvolvimento do setor. De forma complementar, RIGO et al. (2024) analisaram a difusão dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil e demonstraram que fatores regulatórios, econômicos e relacionados às características dos consumidores interferem diretamente na velocidade de adoção da tecnologia.

As instituições de ensino representam uma aplicação particularmente interessante para sistemas fotovoltaicos devido ao consumo de eletricidade das edificações, à disponibilidade potencial de coberturas e à possibilidade de associar a geração de energia a práticas de sustentabilidade. No Rio Grande do Sul, HAAS, ROHR e SANTOS (2019) avaliaram a aplicação de sistemas fotovoltaicos em escolas municipais de Cruz Alta, considerando consumo de energia, características das coberturas e disponibilidade solar. Os autores verificaram a possibilidade de atendimento da demanda das escolas e destacaram que a utilização da geração fotovoltaica em prédios públicos poderia produzir benefícios econômicos e contribuir para a disseminação de soluções energéticas sustentáveis.

Além da viabilidade de implantação, a literatura recente também destaca a importância de considerar aspectos relacionados à operação, manutenção e gestão do ciclo de vida dos sistemas fotovoltaicos, especialmente em contextos institucionais (ALVES e GASPARIN, 2026).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

Resultados semelhantes foram observados por JESUS et al. (2021), que analisaram a viabilidade técnica e econômica de um sistema fotovoltaico em uma escola pública de Ituiutaba/MG. O dimensionamento considerou radiação solar, inclinação dos módulos e consumo de eletricidade da instituição, resultando em retorno estimado do investimento de aproximadamente seis anos e oito meses. O estudo demonstrou que a redução das despesas com eletricidade pode tornar a instalação economicamente atrativa em edificações escolares.

Estudos recentes também destacam que a adoção de sistemas fotovoltaicos está condicionada à interação entre desempenho energético, custos de implantação e características técnicas da edificação (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2025; OLIVEIRA; WANDERLEY, 2024).

Dessa forma, a literatura demonstra que a avaliação de sistemas fotovoltaicos depende da interação entre fatores técnicos, econômicos e regulatórios. Irradiação, orientação dos módulos, potência instalada, consumo da unidade, investimento inicial, tarifa de energia e regras de compensação interferem diretamente nos resultados. No caso de instituições de ensino, acrescenta-se ainda o potencial demonstrativo da tecnologia, embora benefícios educacionais devam ser diferenciados dos resultados técnicos e financeiros quando não forem avaliados empiricamente. Nesse contexto, estudos de caso permanecem relevantes, desde que as limitações dos dados sejam explicitadas e as conclusões sejam compatíveis com o grau de detalhamento efetivamente alcançado.

3. Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e caráter descritivo, voltado ao dimensionamento técnico e à avaliação econômica preliminar de um sistema fotovoltaico conectado à rede em uma escola privada localizada na zona norte de Porto Alegre/RS. A instituição analisada atende aproximadamente 130 alunos e conta com cerca de 30 funcionários. Para o dimensionamento energético, adotou-se consumo médio

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

mensal de 981 kWh, obtido a partir das faturas de energia elétrica da instituição.

Os procedimentos de dimensionamento foram fundamentados no Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (PINHO; GALDINO, 2014). Inicialmente, determinou-se a energia mensal a ser compensada pelo sistema fotovoltaico, considerando o consumo médio da unidade e a parcela mínima associada ao fornecimento trifásico. A energia mensal de compensação foi calculada conforme a Equação 1:

$$E_c = E_{mm} - C_D \quad (1)$$

em que E_c corresponde à energia de compensação mensal, E_{mm} ao consumo médio mensal de energia elétrica e C_D ao custo de disponibilidade do sistema trifásico, correspondente a 100 kWh. Posteriormente, a energia diária de compensação foi calculada pela razão entre a energia mensal de compensação e 30 dias.

A potência de pico requerida do gerador fotovoltaico foi determinada considerando a energia diária a compensar, as horas de sol pleno médias diárias e a taxa global de desempenho do sistema. Adotou-se disponibilidade média do recurso solar equivalente a 4,61 horas de sol pleno por dia e taxa global de desempenho de 0,80, destinada a representar, de forma simplificada, as perdas associadas à operação do sistema. A potência fotovoltaica requerida foi calculada pela Equação 2:

$$P_{FV} = \frac{E_{cd}}{H \times \eta} \quad (2)$$

em que:

- P_{FV} = potência de pico requerida do gerador fotovoltaico, em kWp;
- E_{cd} = energia diária a compensar, em kWh/dia;
- H = horas de sol pleno médias diárias no plano dos módulos, em h/dia;
- η = taxa de desempenho global do sistema, adimensional.

A quantidade de módulos fotovoltaicos foi determinada pela razão entre a

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

potência requerida e a potência nominal unitária do módulo selecionado. Como o resultado obtido não correspondeu a um número inteiro de módulos, adotou-se o número inteiro imediatamente superior. Foram considerados módulos de 375 Wp, resultando em 22 unidades e potência instalada de 8,25 kWp.

Para a conversão da energia gerada, foi considerado inversor com potência nominal de 8 kW. O Fator de Dimensionamento do Inversor foi calculado pela relação entre a potência nominal em corrente alternada do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico.

A verificação elétrica completa do arranjo depende das características específicas do módulo e do inversor, especialmente tensão de circuito aberto, tensão no ponto de máxima potência, corrente de operação, faixa de rastreamento de máxima potência, corrente máxima admissível por entrada e quantidade de strings permitida por MPPT. Dessa forma, o presente estudo restringe-se ao dimensionamento energético e à compatibilidade de potência entre gerador e inversor, não substituindo o detalhamento elétrico de um projeto executivo.

A geração anual de energia elétrica foi estimada a partir da potência instalada, das horas de sol pleno médias diárias, da taxa global de desempenho e do período anual de operação, conforme a Equação 3:

$$E_{anual} = P_{FV,inst} \times H \times 365 \times \eta \quad (3)$$

em que E_{anual} corresponde à geração anual estimada, $P_{FV,inst}$ à potência fotovoltaica instalada, H à irradiação solar média diária e η ao fator global de desempenho.

Para a estimativa mensal da geração, adotou-se a distribuição sazonal utilizada na análise, normalizada de modo que a soma dos valores mensais coincidisse com a geração anual calculada pela Equação 3. Assim, todos os valores mensais apresentados incorporam a taxa global de desempenho de 0,80.

A análise econômica foi conduzida de forma preliminar, considerando o investimento nos principais equipamentos do sistema. Foram contabilizados 22 módulos fotovoltaicos, ao custo unitário de R$ 1.390,00, e um inversor de 8 kW,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

estimado em R$ 8.000,00. O valor considerado não contempla estrutura de fixação, cabos, conectores, dispositivos de proteção, projeto, instalação, mão de obra, homologação, eventuais adequações elétricas e demais custos associados à implantação completa do sistema.

A economia bruta de referência foi estimada pela multiplicação da geração mensal pela tarifa de energia elétrica de R$ 0,791596/kWh considerada na análise. A partir da economia anual e do investimento parcial, determinou-se o tempo de retorno simples por meio da razão entre o investimento inicial considerado e a economia anual esperada.

A análise econômica foi tratada como preliminar também em razão das condições regulatórias aplicáveis à microgeração distribuída. A Lei nº 14.300/2022 estabeleceu o marco legal da micro e minigeração distribuída e do Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Para unidades submetidas às regras do art. 27, a incidência sobre determinadas componentes tarifárias é progressiva, alcançando 60% em 2026. Dessa forma, a economia efetiva depende do enquadramento da unidade consumidora, da distribuidora, da classe e modalidade tarifária, da composição TE/TUSD, dos tributos e do tratamento do custo de disponibilidade.

Por fim, os resultados obtidos correspondem a uma estimativa de desempenho energético e econômico nas condições adotadas. O estudo não substitui projeto executivo, análise estrutural da cobertura, detalhamento elétrico completo ou orçamento integral de implantação. Aspectos como orientação, inclinação, área disponível e possíveis sombreamentos devem ser verificados em etapa posterior de projeto.

4. Resultados e Discussão

O consumo médio mensal informado para a instituição foi de 981 kWh. Considerando-se a parcela mínima de 100 kWh associada ao fornecimento trifásico, obteve-se energia mensal de compensação de 881 kWh e energia diária

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

média de 29,37 kWh/dia.

Para o dimensionamento do gerador fotovoltaico, adotou-se uma irradiação solar média diária equivalente a 4,61 horas de sol pleno e uma taxa global de desempenho de 0,80. A consideração desse fator permite incorporar, de forma simplificada, as perdas associadas ao funcionamento real do sistema, incluindo efeitos relacionados à temperatura, conversão elétrica, cabeamento, incompatibilidades entre módulos e demais perdas operacionais.

A potência necessária do sistema foi determinada pela relação entre a energia diária a ser compensada, as horas de sol pleno e a taxa global de desempenho, resultando em 7,96 kWp.

Considerando módulos fotovoltaicos de 375 Wp, a potência calculada corresponde a aproximadamente 21,23 módulos. Como o número de módulos deve ser inteiro, foram adotadas 22 unidades, resultando em potência instalada de 8,25 kWp.

Esse valor representa uma configuração ligeiramente superior à potência mínima calculada, permitindo atender ao consumo médio considerado mesmo após a incorporação das perdas globais do sistema. A adoção de uma potência nominal imediatamente superior à calculada é coerente com o procedimento de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, uma vez que a potência final depende das capacidades unitárias dos módulos comercialmente disponíveis.

A configuração proposta é composta, portanto, por 22 módulos de 375 Wp, totalizando 8,25 kWp. Para conversão da energia gerada, foi considerado um inversor de 8 kW. A relação entre a potência nominal do inversor e a potência de pico do gerador resulta em um Fator de Dimensionamento do Inversor de aproximadamente 0,97.

Esse valor indica proximidade entre a potência do gerador fotovoltaico e a potência nominal do inversor, configurando uma relação tecnicamente compatível sob a perspectiva do dimensionamento de potência. A verificação definitiva do equipamento, entretanto, deve considerar também parâmetros elétricos como tensão de circuito aberto, tensão no ponto de máxima potência, correntes de entrada, número de MPPTs e limites operacionais informados pelo fabricante.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

Além da compatibilidade entre gerador e inversor, a instalação física do sistema depende das características da cobertura. A orientação, a inclinação, a área disponível e a eventual ocorrência de sombreamento podem modificar a produção efetiva de energia e devem ser verificadas na etapa executiva do projeto. Dessa forma, os resultados apresentados correspondem ao dimensionamento energético do sistema, constituindo referência para posterior detalhamento elétrico e construtivo.

4.2 Estimativa de geração de energia

A energia anual produzida foi estimada a partir da potência instalada de 8,25 kWp, da disponibilidade média do recurso solar e da taxa global de desempenho de 0,80. Para uma irradiação média diária equivalente a 4,61 horas de sol pleno, a geração anual estimada foi aproximadamente 11,11 MWh/ano.

A aplicação explícita do fator global de desempenho é relevante porque a estimativa baseada exclusivamente na potência nominal do gerador e no recurso solar corresponderia a uma condição teórica sem consideração das perdas operacionais. Para efeito de comparação, um sistema de 6,75 kWp submetido às mesmas condições de irradiação e a uma taxa de desempenho de 0,80 produziria aproximadamente 9,09 MWh/ano.

Dessa forma, o aumento da potência instalada para 8,25 kWp decorre justamente da incorporação das perdas ao dimensionamento e permite aproximar a produção anual estimada da demanda energética a ser compensada.

A distribuição mensal da geração é apresentada na Tabela 1. Os valores já incorporam a taxa global de desempenho de 0,80 e evidenciam a sazonalidade típica da geração fotovoltaica, com maior produção nos meses de maior disponibilidade solar e redução nos meses de inverno.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

Tabela 1 – Estimativa mensal de geração com taxa global de desempenho

Mês	Participação sazonal (%)	Fator global η	Energia produzida (kWh/mês)
Janeiro	10,39	0,80	1.154,20
Fevereiro	9,37	0,80	1.040,65
Março	9,40	0,80	1.043,88
Abril	8,14	0,80	903,45
Maio	6,88	0,80	764,01
Junho	5,84	0,80	648,43
Julho	6,40	0,80	710,90
Agosto	7,36	0,80	817,13
Setembro	6,96	0,80	772,97
Outubro	8,63	0,80	958,09
Novembro	10,00	0,80	1.111,03
Dezembro	10,63	0,80	1.180,75
Total anual	**100,00**	**0,80**	**11.105,49**

Fonte: elaborado pelos autores.

A variação mensal observada decorre principalmente da disponibilidade sazonal do recurso solar. A geração estimada varia de aproximadamente 648,43 kWh em junho a 1.180,75 kWh em dezembro, demonstrando diferença significativa entre os períodos de menor e maior disponibilidade solar. Esse comportamento é esperado em sistemas fotovoltaicos instalados na Região Sul do Brasil e reforça a necessidade de considerar a sazonalidade no planejamento energético da unidade consumidora.

Gasparin e Krenzinger (2017) destacam que a produtividade dos sistemas fotovoltaicos depende não apenas da irradiação incidente, mas também da orientação e inclinação dos módulos. Assim, embora a estimativa anual permita avaliar a ordem de grandeza da produção energética, a geração efetivamente obtida em campo dependerá das condições específicas de instalação.

A energia anual destinada à compensação, tomando-se como referência 881

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

kWh mensais, corresponde a aproximadamente 10,57 MWh/ano. A geração anual estimada de 11,11 MWh encontra-se próxima desse valor, indicando que o dimensionamento proposto é compatível, em termos anuais, com a demanda energética considerada no estudo.

Essa comparação, contudo, deve ser interpretada em escala anual. A geração fotovoltaica apresenta comportamento sazonal e o consumo de uma instituição de ensino também pode variar ao longo do ano em função do calendário escolar, períodos de férias, condições climáticas e utilização dos equipamentos. A avaliação mensal entre geração, consumo e créditos de energia pode ser aprofundada mediante a utilização da série mensal completa de faturamento da unidade consumidora.

4.3 Avaliação econômica preliminar e enquadramento regulatório

O investimento considerado foi atualizado em função do redimensionamento do sistema. Para 22 módulos de 375 Wp, ao custo unitário de R$ 1.390,00, o investimento em módulos totaliza R$ 30.580,00. Somando-se o inversor de 8 kW, estimado em R$ 8.000,00, obtém-se investimento parcial de R$ 38.580,00.

Esse valor contempla os principais equipamentos do sistema utilizados na análise, conforme apresentado na Tabela 2. Outros componentes necessários à implantação, como estruturas de fixação, condutores, conectores, dispositivos de proteção, quadros elétricos, projeto, mão de obra e serviços de instalação, devem ser incorporados em um orçamento executivo para obtenção do custo total de implantação.

A estimativa econômica foi inicialmente realizada tomando-se como referência a tarifa de R$ 0,791596/kWh. A aplicação desse valor à geração mensal permite estimar o benefício financeiro bruto associado à energia produzida.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

Tabela 2 – Estimativa bruta da economia mensal associada à geração fotovoltaica

Mês	Energia produzida (kWh/mês)	Tarifa de energia (R$/kWh)	Economia estimada (R$)
Janeiro	1.154,20	0,791596	913,66
Fevereiro	1.040,65	0,791596	823,77
Março	1.043,88	0,791596	826,33
Abril	903,45	0,791596	715,17
Maio	764,01	0,791596	604,79
Junho	648,43	0,791596	513,29
Julho	710,90	0,791596	562,75
Agosto	817,13	0,791596	646,84
Setembro	772,97	0,791596	611,88
Outubro	958,09	0,791596	758,42
Novembro	1.111,03	0,791596	879,49
Dezembro	1.180,75	0,791596	934,68
Total Anuak	—	—	8.791,06

A economia bruta anual estimada foi de aproximadamente R$ 8.791,06. A variação mensal acompanha diretamente a sazonalidade da geração, de modo que os maiores benefícios financeiros ocorrem nos meses de maior produção fotovoltaica.

Considerando o investimento parcial de R$ 38.580,00 e a economia anual bruta estimada, o tempo de retorno simples do investimento é de 4,39 anos.

O resultado indica que, sob as premissas adotadas e considerando exclusivamente os principais equipamentos, o investimento poderia ser recuperado em aproximadamente 4,4 anos. Entretanto, esse valor deve ser interpretado como *payback* simples de referência, uma vez que ainda não contempla todos os custos de implantação nem variáveis financeiras ao longo da vida útil do sistema.

A análise econômica de sistemas de microgeração distribuída também depende do enquadramento regulatório aplicável à unidade consumidora. A Lei nº 14.300/2022 estabeleceu o marco legal da micro e minigeração distribuída e introduziu regras específicas para a compensação da energia injetada na rede. Para unidades submetidas às regras previstas no art. 27, o percentual incidente

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

sobre determinadas componentes tarifárias é progressivo, alcançando 60% em 2026.

Por essa razão, a multiplicação direta da geração por uma tarifa única representa uma aproximação bruta do benefício econômico, sendo necessário considerar, em uma análise executiva, a distribuidora, a classe e modalidade tarifária, a composição da tarifa, os tributos, o custo de disponibilidade e o enquadramento da unidade no Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Nesse sentido, os resultados econômicos obtidos neste estudo devem ser compreendidos como uma avaliação econômica preliminar, adequada à comparação inicial entre investimento e benefício energético. Uma avaliação financeira completa poderia incorporar o investimento total de implantação, custos de operação e manutenção, degradação anual dos módulos, eventual substituição do inversor, taxa de desconto e evolução tarifária, permitindo posteriormente a determinação de indicadores como Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno.

Apesar dessas condicionantes, a proximidade entre a geração anual estimada e a energia anual a compensar demonstra que o sistema dimensionado apresenta coerência energética para a finalidade proposta. A implantação de sistemas fotovoltaicos em instituições de ensino também pode produzir benefícios complementares, tanto pela redução da demanda de energia proveniente da rede quanto pela inserção de tecnologias renováveis no ambiente educacional. Estudos realizados em instituições de ensino têm demonstrado resultados semelhantes quanto ao potencial de redução dos gastos energéticos e ao retorno do investimento em geração fotovoltaica (JESUS et al., 2021; SILVA et al., 2024).

5. Conclusão

O presente estudo avaliou o dimensionamento técnico e o desempenho econômico preliminar de um sistema fotovoltaico conectado à rede para uma escola privada localizada em Porto Alegre/RS. A partir do consumo médio mensal de 981 kWh, da parcela de 881 kWh considerada passível de compensação e da disponibilidade média do recurso solar, estimou-se uma potência necessária de

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

aproximadamente 7,96 kWp. Considerando módulos de 375 Wp, foi adotada uma configuração com 22 módulos, totalizando 8,25 kWp de potência instalada, associada a um inversor de 8 kW.

A incorporação de uma taxa global de desempenho de 0,80 ao dimensionamento permitiu representar de forma mais realista as perdas inerentes à operação do sistema. Com essa configuração, a geração anual foi estimada em aproximadamente 11,11 MWh, valor próximo à energia anual a ser compensada pela unidade consumidora. O Fator de Dimensionamento do Inversor resultou em aproximadamente 0,97, indicando compatibilidade entre a potência do gerador fotovoltaico e a potência nominal do inversor sob a perspectiva do dimensionamento energético.

Na análise econômica, o investimento parcial considerado para os principais equipamentos foi estimado em R$ 38.580,00, enquanto a economia anual bruta de referência alcançou aproximadamente R$ 8.791,06. A partir desses valores, obteve-se *payback* simples de aproximadamente 4,39 anos. Esse resultado indica potencial de retorno econômico do sistema nas condições avaliadas, embora deva ser interpretado como uma estimativa preliminar, uma vez que o custo considerado não representa o CAPEX completo da implantação.

A análise econômica também depende do enquadramento da unidade consumidora no Sistema de Compensação de Energia Elétrica e da composição tarifária aplicável. Assim, uma avaliação executiva deve incorporar, além do investimento integral, os custos de instalação, estruturas de fixação, dispositivos de proteção, cabeamento, projeto, operação e manutenção, bem como as regras regulatórias vigentes, a degradação dos módulos, eventual substituição do inversor e critérios financeiros de longo prazo.

Sob a perspectiva técnica, os resultados demonstram que o dimensionamento proposto apresenta coerência entre a demanda energética considerada, a potência instalada e a geração anual estimada. A definição definitiva da solução, entretanto, requer a verificação das características elétricas específicas dos equipamentos e das condições físicas da cobertura, incluindo orientação, inclinação, área disponível e possíveis sombreamentos.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

Dessa forma, o estudo evidencia que a geração fotovoltaica apresenta potencial de aplicação em instituições de ensino, combinando redução potencial da energia adquirida da rede com a inserção de uma fonte renovável no ambiente escolar. Os resultados obtidos podem subsidiar estudos de implantação mais detalhados e servir como referência inicial para análises semelhantes em edificações educacionais com características de consumo compatíveis.

Referências

ALVES, Manoel Henrique; GASPARIN, Fabiano Perin. Technical governance and lifecycle management of public photovoltaic systems: evidence from Brazilian O&M contracts. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 12, p. 1–19, 2026. DOI: 10.51891/rease.v12i9.30251.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Diário Oficial da União: Brasília, DF, 7 jan. 2022.

CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO. SunData v. 3.0: potencial solar. Rio de Janeiro: CEPEL/CRESESB, 2018. Base de dados atualizada a partir do Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2. ed. Disponível em: portal CRESESB. Acesso em: 17 set. 2026.

DAVID, Thamyres Machado; SOUZA, Teófilo Miguel de; RIZOL, Paloma Maria Silva Rocha. Photovoltaic systems: a review with analysis of the energy transition in Brazilian culture, 2018–2023. *Energy Informatics*, v. 7, art. 14, 2024. DOI: 10.1186/s42162-024-00316-4.

FERREIRA, Agmar et al. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 81, p. 181–191, 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2017.06.102.

FREITAS, Giovana Carvalho de; DATHEIN, Ricardo. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. *Revista Nexos Econômicos*, v. 7, n. 1, p. 71–94, 2013.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

GARLET, Taís Bisognin; RIBEIRO, José Luís Duarte; SAVIAN, Fernando de Souza; SILUK, Julio Cezar Mairesse. Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 111, p. 157–169, 2019. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.013.

GASPARIN, Fabiano Perin; KRENZINGER, Arno. Desempenho de um sistema fotovoltaico em dez cidades brasileiras com diferentes orientações do painel. *Revista Brasileira de Energia Solar*, v. 8, n. 1, p. 10–17, 2017. DOI: 10.59627/rbens.2017v8i1.169.

HAAS, Alessandra; ROHR, Franciele; SANTOS, Ísis Portolan dos. Aplicação de sistema fotovoltaico em escolas municipais da cidade de Cruz Alta/RS: análise de implantação e potencial de energia gerada. In: ABDALA, Paulo Jayme Pereira (org.). *Energia solar e eólica*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 152–164. DOI: 10.22533/at.ed.66719220110.

JESUS, Aurea Messias de et al. Estudo da viabilidade técnica e econômica na implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma escola pública na cidade de Ituiutaba-MG. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 53503–53523, 2021. DOI: 10.34117/bjdv.v7i5.30545.

NASCIMENTO, Elias Ferreira; OLIVEIRA, Patrick Peres**.** Eficiência energética em edificações: estratégias e tecnologias para redução do consumo energético e sustentabilidade. *REMUNOM – Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 7, n. 1, p. 1–17, 2025. DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771.

OLIVEIRA, Patrick Peres; WANDERLEY, Marcello Vinicius Lemos. Barreiras técnicas e econômicas na adoção da energia solar: um estudo bibliográfico. *REMUNOM – Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 12, n. 2, 2024. DOI: 10.61164/rmnm.v12i2.3154.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio (org.). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPEL/CRESESB, 2014. 530 p.

RIGO, Paula Donaduzzi et al. How explain on-grid PV systems diffusion? Review and application in Brazil. *Renewable Energy*, v. 230, art. 120862, 2024. DOI: 10.1016/j.renene.2024.120862.

ROSA, Carmen Brum; RIGO, Paula Donaduzzi; REDISKE, Graciele; MOCCELLIN, Ana Paula; SILUK, Julio Cezar Mairesse; MICHELS, Leandro. How to measure organizational performance of distributed generation in electric utilities? The Brazilian case. *Renewable Energy*, v. 169, p. 191–203, 2021. DOI: 10.1016/j.renene.2021.01.027.

SILVA, Patrícia F.; BONATTO, Benedito D.; VALÉRIO, Victor E. M.; MIRANDA, Rafael C.; COSTA, Vinicius B. F. Model and feasibility analysis: photovoltaic generation systems installed at Brazilian public universities for energy sustainability. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 63, art. 103652, 2024. DOI: 10.1016/j.seta.2024.103652.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/08/2026 - **Accepted:** 17/09/2026
Vol: 13.20
DOI: 10.66104/x3kpbm56
Pages: 1-19

VIAN, Ângelo; TAHAN, Carlos Marcio Vieira; AGUILAR, Guido Javier Rostegui; GOUVEA, Marcos Roberto; GEMIGNANI, Matheus Mingatos Fernandes. *Energia solar: fundamentos, tecnologia e aplicações*. São Paulo: Blucher, 2021.

CC BY