



PBPC
ISSN 2674-9432



Qualis A3
CAPES 2021-2024



DOI - Crossref

Latindex

Indexado no
Google Acadêmico

ANÁLISE TEMPORAL DA EXPANSÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO/RS

Mariah Knebel, Isabela Mombach Anschau, Ketelyn Rangel Martins, Andrielli Diniz, Jana Carolina de Moraes, Daiana Rodrigues, Isabella Cardoso Wust, Ana Paula da Cruz Santos, Andressa Bassani e Roberta Plangg Riegel



<https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n3p1868-1891>

Artigo recebido em 20 de Março e publicado em 25 de Maio de 2026

ESTUDO DE CASO

RESUMO

Considerando a crescente demanda por fontes energéticas sustentáveis e a necessidade de redução dos impactos ambientais associados aos combustíveis fósseis, a energia solar fotovoltaica tem sido destaque como uma alternativa estratégica em relação à transição energética. No Brasil, seu potencial de geração de energia e sua alta eficiência tem servido como incentivo a adoção dessa tecnologia em áreas urbanas, possibilitando transformações significativas na forma de produção e de consumo de energia. O estudo apresentado apontou um crescimento expressivo da adoção de sistemas fotovoltaicos no município de Novo Hamburgo entre os anos de 2020 e 2025, evidenciando o avanço da geração distribuída no contexto urbano. A análise temporal demonstrou não apenas o aumento significativo no número de edificações com instalações de placas fotovoltaicas, passando de 818 para 6.253 registros de edificações com esse sistema, o que representa um crescimento de aproximadamente 664% no período analisado, mas também a ampliação da distribuição dessas instalações no território municipal, na qual, anteriormente, encontravam-se concentrados em áreas específicas e, posteriormente, passaram a ser distribuídos em praticamente todos os bairros. Também observou-se uma distribuição diversificada das instalações, com destaque em bairros de maior densidade populacional, como Canudos, que manteve-se como principal polo de concentração ao longo do período analisado. A utilização de técnicas de geoprocessamento e mapas de calor permitiu identificar padrões espaciais de concentração e expansão, evidenciando a consolidação da energia solar como componente relevante na matriz energética local. Esses resultados reforçam a

importância do planejamento urbano e de políticas públicas voltadas à sustentabilidade, considerando o papel crescente da energia fotovoltaica na transformação do espaço urbano e na transição para fontes energéticas renováveis e descentralizadas.

Palavras-chave: Energia Solar; Placas Fotovoltaicas; Análise Temporal; Planejamento Urbano; Geoprocessamento.

TEMPORAL ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC ENERGY EXPANSION: A CASE STUDY IN NOVO HAMBURGO/RS

ABSTRACT

Considering the growing demand for sustainable energy sources and the need to reduce environmental impacts associated with fossil fuels, solar photovoltaic energy has emerged as a strategic alternative in the context of the energy transition. In Brazil, its high energy generation potential and efficiency have encouraged the adoption of this technology in urban areas, enabling significant transformations in the ways energy is produced and consumed. The present study identified a substantial increase in the adoption of photovoltaic systems in the municipality of Novo Hamburgo between 2020 and 2025, highlighting the advancement of distributed generation in the urban context. The temporal analysis demonstrated not only a significant rise in the number of buildings equipped with photovoltaic panels, increasing from 818 to 6,253 records, which represents an approximate growth of 664% over the analyzed period, but also an expansion in their spatial distribution throughout the municipal territory. Initially concentrated in specific areas, these installations have progressively spread across nearly all neighborhoods. A diversified distribution pattern was also observed, with emphasis on densely populated areas such as the Canudos neighborhood, which remained the main concentration hub throughout the analyzed period. The use of geoprocessing techniques and heat maps enabled the identification of spatial patterns of concentration and expansion, demonstrating the consolidation of solar energy as a relevant component of the local energy matrix. These findings reinforce the importance of urban planning and public policies focused on sustainability, considering the growing role of photovoltaic energy in transforming urban spaces and advancing the transition toward renewable and decentralized energy sources.

Keywords: Solar Energy; Photovoltaic Panels; Temporal Analysis; Urban Planning; Geoprocessing.

Instituição afiliada – Universidade Feevale

Autor correspondente: *Roberta Plangg Riegel*

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das sociedades sempre esteve diretamente associado à capacidade humana de acessar, transformar e utilizar energia. Contudo, o modelo energético consolidado a partir da Revolução Industrial fundamentou-se predominantemente na exploração de combustíveis fósseis, intensificando impactos ambientais globais e ampliando a emissão de gases de efeito estufa (IPCC, 2023). A continuidade desse padrão de consumo energético tem sido amplamente questionada diante da limitação dos recursos naturais e da necessidade de mitigação das mudanças climáticas (IEA, 2024; IRENA, 2023).

Nesse contexto, a transição para fontes renováveis tornou-se pauta central nas agendas científicas, políticas e econômicas. A sustentabilidade energética pressupõe a oferta de energia capaz de atender às demandas da população sem comprometer a integridade ambiental e a segurança das futuras gerações (EPE, 2022). Entre as alternativas disponíveis, a energia solar destaca-se por seu elevado potencial técnico, ampla disponibilidade e baixo impacto ambiental quando comparada às fontes convencionais (Absolar, 2023).

O Sol constitui a principal fonte primária de energia do planeta, sendo responsável por processos naturais fundamentais e por praticamente todas as formas indiretas de energia utilizadas pela humanidade (Vian *et al.*, 2021). A conversão direta da radiação solar em eletricidade ocorre por meio do efeito fotovoltaico, fenômeno baseado em materiais semicondutores, especialmente o silício, que permitem transformar fótons em corrente elétrica (Pinho; Galdino, 2014). Essa tecnologia apresenta vantagens relevantes, como modularidade, baixa necessidade de manutenção e possibilidade de aplicação tanto em escala residencial quanto industrial (Pereira; Lima, 2022).

No contexto brasileiro, que apresenta altos índices de irradiação solar em várias regiões, a energia solar fotovoltaica é fundamental na ampliação da matriz energética. Em uma revisão de literatura, Silva e Araújo (2022) destacam que a implementação de painéis fotovoltaicos é uma alternativa viável para alcançar a sustentabilidade, especialmente considerando a urgência de minimizar os efeitos

ambientais negativos associados à queima de combustíveis fósseis. Afirma-se que a energia solar se revela uma solução promissora por ser limpa, renovável e por utilizar uma fonte de matéria-prima que é abundante no planeta (Silva; Araújo, 2022).

Além dos benefícios ambientais, a expansão da geração distribuída de energia solar no Brasil também está associada a impactos socioeconômicos relevantes, como a descentralização da produção energética, a redução de custos a longo prazo para os consumidores e o estímulo ao desenvolvimento tecnológico (FAPESP, 2021). Esse crescimento tem sido impulsionado principalmente por avanços regulatórios e pelo aumento da adesão de sistemas fotovoltaicos em edificações urbanas (ANEEL, 2023; Absolar, 2023). Apesar do avanço expressivo nos últimos anos, a consolidação da energia solar ainda enfrenta desafios importantes, especialmente relacionados aos custos iniciais de implantação, à necessidade de políticas públicas mais consistentes e ao planejamento territorial adequado para sua integração no espaço urbano.

Diante desse panorama, compreender a dinâmica de expansão da energia solar fotovoltaica torna-se fundamental não apenas sob a perspectiva tecnológica, mas também sob o ponto de vista espacial e urbano. A incorporação de sistemas fotovoltaicos no tecido urbano representa uma transformação silenciosa, porém estrutural, na forma como as cidades produzem e consomem energia.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial das edificações com sistemas fotovoltaicos no município de Novo Hamburgo (RS), bem como sua evolução no período entre 2020 e 2025. Por meio de abordagem quantitativa fundamentada em técnicas de geoprocessamento e análise em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), busca-se identificar padrões de concentração e expansão dessas instalações no espaço urbano, contribuindo para o entendimento da transição energética em escala local.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição da área de estudo

A área analisada corresponde a um município situado na região metropolitana, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, localizado nas coordenadas 29°40'40" latitude Sul e 51°07'51" longitude Oeste, aproximadamente a 42km de Porto Alegre, capital do

estado. Com extensão territorial de aproximadamente 222km² (IBGE, 2025) e 227.646 habitantes (IBGE, 2022), sua área urbanizada é de apenas 56,85km² (IBGE, 2019), o que corresponde a 25,5% da sua área total. O município integra a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, sendo influenciado por cursos d'água e áreas de várzea que condicionam sua dinâmica ambiental e urbana. A Figura 01 apresenta a localização do município no contexto regional, bem como a delimitação de sua área urbana e a relação com o sistema viário e o Rio dos Sinos, permitindo compreender sua inserção territorial e os principais elementos estruturantes da paisagem.

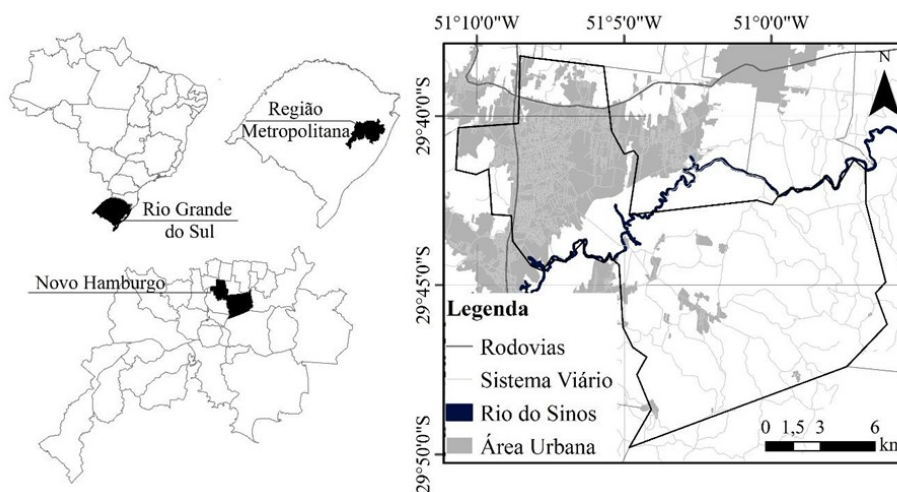


Figura 01 – Localização de Novo Hamburgo/RS com delimitação da área urbana, sistema viário e Rio dos Sinos
Fonte: Adaptado pelos autores (IBGE, 2020; Hasenack; Weber, 2010)

Ademais, a economia do município é caracterizada pela predominância dos setores industrial, comercial e de serviços. Segundo Caravela (2024), o PIB municipal atingiu aproximadamente R\$ 11,9 bilhões em valores correntes, sendo o setor de serviços responsável por cerca de 58,6% do valor adicionado, seguido pela indústria com 26,2% e pela administração pública com 14,9%. Esse perfil evidencia a consolidação de uma estrutura econômica diversificada, embora a indústria de transformação, especialmente o segmento coureiro-calçadista, tenha sido historicamente determinante para o desenvolvimento local. O comércio desempenha papel relevante ao atender tanto a população municipal quanto os municípios da região metropolitana, enquanto o setor de serviços amplia progressivamente sua participação na dinâmica econômica.

O território é composto majoritariamente pelo bioma Mata Atlântica, conforme a classificação fitogeográfica adotada pelo IBGE. O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa) segundo à classificação de Köppen (Alvares, 2013), sendo caracterizado por

verões quentes, com temperaturas médias superiores a 25 °C, invernos amenos, com médias próximas a 14 °C, e temperatura média anual em torno de 19 °C. A precipitação é bem distribuída ao longo do ano, com médias anuais entre 1.300 e 1.700 mm, sem estação seca definida (INMET, 2020). A radiação solar apresenta valores médios anuais aproximados entre 4,5 e 5,0 kWh/m²/dia, condição favorável ao aproveitamento de sistemas de geração fotovoltaica (Pereira *et al.*, 2017).

O abastecimento de energia elétrica no município está integrado ao Sistema Interligado Nacional (SIN), cuja matriz é predominantemente composta por fontes hidrelétricas, sendo complementadas por geração térmica, eólica e solar (ONS, 2024). No contexto estadual, a geração hidroelétrica permanece sendo a principal modalidade de produção de energia, associada a fontes renováveis, especialmente a eólica e a solar fotovoltaica, em conformidade com as diretrizes de diversificação energética (EPE, 2022). A distribuição no município é realizada, por meio de rede estruturada com subestações e linhas de média e baixa tensão, que atendem aos diferentes setores econômicos, assegurando a integração à infraestrutura energética regional.

2.2 Materiais

- Dados Vetorizados: limite do município de Novo Hamburgo (IBGE, 2022) e delimitações dos bairros (Novo Hamburgo, 2025), em formato Shapefile (.shp) e Datum SIRGAS 2000;
- Softwares: Google Earth (versão atual para Windows), software proprietário desenvolvido pela Google LLC, foi empregado pela sua capacidade de disponibilizar imagens aéreas de alta resolução em diferentes períodos (Google Earth, 2025). Essa ferramenta permitiu a comparação visual entre os anos de 2020 e 2025, possibilitando a identificação de transformações espaciais relevantes para a análise da expansão fotovoltaica no município. QGIS, na versão 3.40.10 para Windows (64 bits), consiste em um software livre e de código aberto desenvolvido pela QGIS Development Team. Sua utilização justificou-se pela robustez em tarefas de mapeamento, análise espacial e processamento de dados geográficos (QGIS, 2026).

2.3 Métodos

A pesquisa fez o uso de uma abordagem quantitativa e comparativa, fundamentada em técnicas de geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Na fase inicial, foram utilizadas camadas vetoriais referentes ao limite do município de Novo Hamburgo e à delimitação dos bairros. Essas camadas foram utilizadas com base cartográfica para a organização espacial da análise.

Posteriormente, as camadas foram exportadas em formato KMZ e adicionadas na plataforma Google Earth, viabilizando a sobreposição com as imagens de satélite. O processo de identificação das edificações que possuíam placas fotovoltaicas foi realizado através de análise visual direta das imagens, por meio da vetorização de pontos georreferenciados correspondentes a cada instalação identificada. A classificação dos pontos foi feita conforme a quantidade estimada de placas fotovoltaicas visíveis nas imagens, foram estipuladas três categorias: 1 - edificações com até 10 placas; 2 - edificações com 10 a 30 placas; 3 - edificações com mais de 30 placas.

O método comparativo foi efetuado em dois períodos distintos. Inicialmente, foi realizado o mapeamento referente ao ano de 2025. Em seguida, os pontos obtidos foram sobrepostos às imagens de satélite do ano de 2020, sendo mantidos apenas aqueles que sinalizavam placas fotovoltaicas já existentes naquele período. Os pontos em que não foram identificadas placas instaladas em 2020 foram excluídos, permitindo que houvesse análise temporal.

Após concluir a vetorização no Google Earth, os arquivos foram importados para o QGIS, sendo organizados em camadas distintas por ano. A partir dos dados adquiridos, foram elaborados mapas comparativos e mapas de calor (mapas de densidade), com o objetivo de identificar padrões espaciais de concentração e expansão das instalações fotovoltaicas no município.

Mapas de calor podem ser entendidos como representações gráficas da densidade ou intensidade de dados espaciais, utilizando uma escala de cores para evidenciar variações ao longo de uma área. Essa técnica permite identificar padrões, tendências e concentrações nos dados geoespaciais, facilitando sua interpretação. Após a coleta, os dados são processados em um software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), onde podem ser aplicadas técnicas de análise espacial e interpolação para gerar uma representação contínua da superfície. Nesse processo, dados pontuais são convertidos em uma superfície rasterizada, na qual cada célula apresenta um valor

correspondente à intensidade do fenômeno analisado, proporcionando uma visualização mais clara e intuitiva, especialmente por meio de ferramentas em softwares como o QGIS, que utilizam algoritmos de densidade para geração desses mapas (François, 2025).

No presente estudo, os mapas de calor foram elaborados com base nos pontos georreferenciados das instalações de sistemas fotovoltaicos identificadas nas imagens de satélite, permitindo a visualização das áreas com maior concentração de placas solares no município. A simples representação pontual poderia dificultar a leitura dos padrões espaciais, sobretudo em áreas com elevada dispersão ou concentração de dados. Dessa forma, a aplicação da técnica possibilitou evidenciar tendências de agrupamento e expansão da geração distribuída ao longo do território analisado, considerando também a ponderação do número de placas por edificação, de modo a representar com maior precisão a intensidade das instalações fotovoltaicas. Os resultados foram posteriormente classificados em categorias de intensidade e analisados, permitindo a comparação entre os diferentes períodos de mapeamento e a identificação de zonas com maior densidade relativa de instalações fotovoltaicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A expansão da geração de energia solar fotovoltaica tem se intensificado nos últimos anos, acompanhando a crescente busca por fontes energéticas renováveis e mais sustentáveis. No Brasil, esse processo está diretamente relacionado ao avanço da geração distribuída, que possibilita a produção de energia elétrica próxima ao local de consumo, ampliando a participação de consumidores na geração própria de energia (ANEEL, 2023). Além disso, o desenvolvimento tecnológico dos sistemas fotovoltaicos, aliado à gradual redução dos custos de instalação e à ampliação do acesso a linhas de financiamento específicas, tem contribuído para o crescimento da adoção dessa tecnologia em diferentes contextos urbanos e territoriais (Absolar, 2023; Vian *et al.*, 2021).

Nesse contexto de expansão da geração distribuída no Brasil, observa-se que a adoção de sistemas de energia solar fotovoltaica também tem se ampliado em diferentes municípios, refletindo as transformações no setor energético nacional. No município de Novo Hamburgo, localizado na região metropolitana do estado do Rio

Grande do Sul, esse processo pode ser observado por meio do aumento progressivo da implementação de sistemas fotovoltaicos ao longo dos últimos anos. A ampliação dessas instalações evidencia a gradual incorporação da tecnologia no contexto urbano local, acompanhando tendências mais amplas de diversificação da matriz energética e de fortalecimento da geração distribuída.

A partir dos dados levantados na presente pesquisa, torna-se possível observar, de maneira mais detalhada, a evolução da instalação de placas fotovoltaicas no território municipal. Para isso, realizou-se uma análise comparativa entre os anos de 2020 e 2025, permitindo identificar mudanças significativas na distribuição e na quantidade de sistemas instalados ao longo desse período. As Figuras 02 e 03 apresentam, respectivamente, a distribuição das placas fotovoltaicas no município nesses anos, permitindo visualizar espacialmente a expansão dessas instalações no território analisado e compreender não apenas o crescimento da tecnologia no município, mas também as diferenças espaciais presentes na adoção dos sistemas fotovoltaicos entre os diferentes bairros.

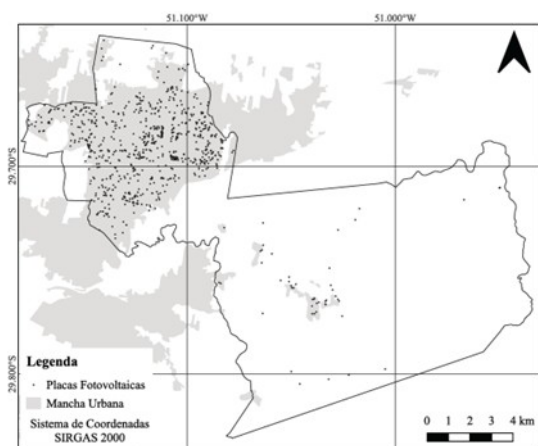


Figura 02 - Residências com Placas Fotovoltaicas 2020.
Fonte: Autores.

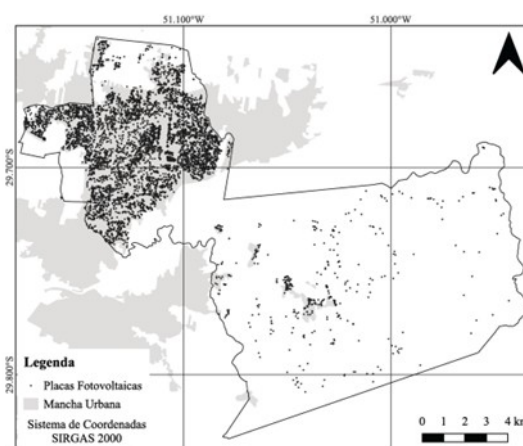


Figura 03 - Residências com Placas Fotovoltaicas 2025.
Fonte: Adaptado pelos autores (Riegel, et al. 2025).

A partir dessa expansão observada, a análise espacial dos mapas também permite identificar como a distribuição das instalações fotovoltaicas se manifestou no território de Novo Hamburgo. Verifica-se que o crescimento ocorreu de forma significativa ao longo da mancha urbana do município, indicando a ampliação da adoção dessa tecnologia em diferentes bairros. Além disso, observa-se a presença de sistemas fotovoltaicos em áreas rurais, com destaque para a região de Lomba Grande,

evidenciando que a difusão dessa tecnologia não se restringe apenas às áreas mais densamente urbanizadas.

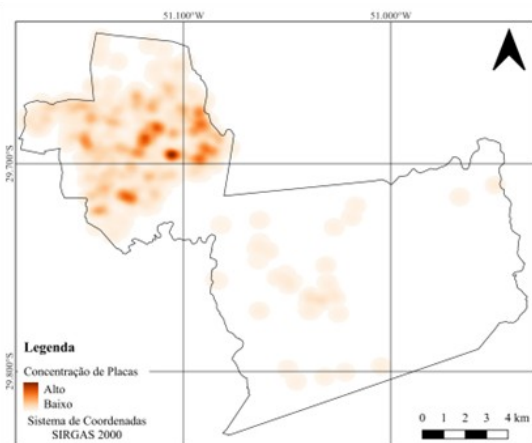


Figura 04 - Concentração de Energia Fotovoltaica Mapa de Calor de 2020.

Fonte: Fonte: Elaborado pelos autores.

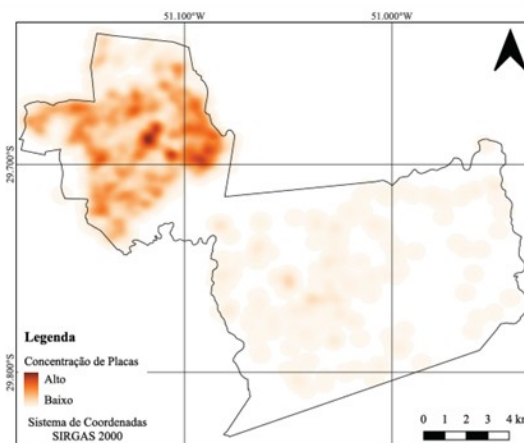


Figura 05 - Concentração de Energia Fotovoltaica Mapa de Calor de 2025

Fonte: Adaptado pelos autores (Riegel, *et al.* 2025).

As Figuras 04 e 05 apresentam os Mapa de Calor realizados a partir das incidências das edificações que apresentam instalações fotovoltaicas. Percebe-se uma intensificação do ano de 2020 para o ano de 2025, com manchas mais definidas e escuras, sinalizando a maior incidência e crescimento das instalações no Município. A maior intensificação concentra-se no topo do Município, que engloba os bairros de: Alpes do Vale, Boa Saúde, Boa Vista, Canudos, Centro, Diehl, Guarani, Hamburgo Velho, Ideal, Industrial, Liberdade, Mauá, Operário, Ouro Branco, Pátria Nova, Petrópolis, Primavera, Rincão, Rio Branco, Rondônia, Roselândia, Santo Afonso, São Jorge, São José, Vila Nova e Vila Rosa. Ainda, a leve mancha presente no bairro rural e Lomba Grande (parcela ao sul e sudoeste do Município), aumentou significativamente de tamanho durante os anos e revelou maior intensidade próximo ao centro da parcela, onde localiza-se a parte urbana do bairro de Lomba Grande.

Nesse contexto, embora todos os bairros tenham apresentado aumento no número de sistemas instalados, os dados levantados pelas autoras revelam disparidades quantitativas entre diferentes áreas da cidade. Dentre os bairros com maior intensificação, destaca-se o bairro Canudos, que registrou o maior avanço no período analisado. Esse destaque pode estar relacionado às características demográficas da região, uma vez que o bairro apresenta elevada concentração populacional e, segundo

dados divulgados pela Prefeitura de Novo Hamburgo (2024), com base no IBGE, possui população superior à de diversos municípios do estado, evidenciando sua relevância no contexto territorial de Novo Hamburgo.

Dessa forma, a maior presença de sistemas fotovoltaicos nesse bairro pode estar associada às características urbanas da região, especialmente à sua elevada concentração de edificações residenciais. Conforme os dados levantados pelas autoras, o bairro Canudos concentra a maior quantidade de registros de instalações solares no município de Novo Hamburgo. Logo, pode se dizer que a predominância de unidades habitacionais contribui para o aumento do número absoluto de sistemas instalados, influenciando diretamente o padrão espacial observado na distribuição das placas fotovoltaicas no território municipal.

Complementando a análise espacial, observa-se que, no ano de 2020, a maior incidência de instalações fotovoltaicas estava concentrada nos bairros considerados urbanos do município, enquanto as áreas de caráter predominantemente rural apresentavam participação ainda reduzida. Nessas áreas, associadas principalmente à região de Lomba Grande e à zona Rural, foram contabilizadas 54 edificações com sistemas fotovoltaicos naquele ano, enquanto na mancha urbana foram identificadas 764 edificações com esse tipo de instalação. Esse contraste evidencia a concentração inicial da adoção da tecnologia nas áreas mais urbanizadas, refletindo a maior densidade construtiva e o número mais elevado de unidades consumidoras nesses espaços.

Cabe destacar que, embora Lomba Grande seja frequentemente associado ao contexto rural do município, o Plano Diretor Urbanístico Ambiental de Novo Hamburgo, instituído pela Lei nº 1.216/2004 e atualizado pela Lei Complementar nº 2.150/2010, classifica seu território a partir de diferentes zonas de uso e ocupação do solo, evidenciando a coexistência de características urbanas e rurais nessa região (Novo Hamburgo, 2010). Conforme ilustrado na Figura 06, áreas como a Zona de Proteção Ambiental (ZAP) apresentam ocupação rarefeita e características predominantemente rurais, enquanto zonas como a Área de Proteção Ambiental (APA) podem ser enquadradas como áreas urbanas de baixa densidade. Essa configuração reforça a complexidade territorial da região, caracterizando-a como uma área de transição urbano-rural e contribuindo para compreender os padrões diferenciados de distribuição das instalações fotovoltaicas no município.

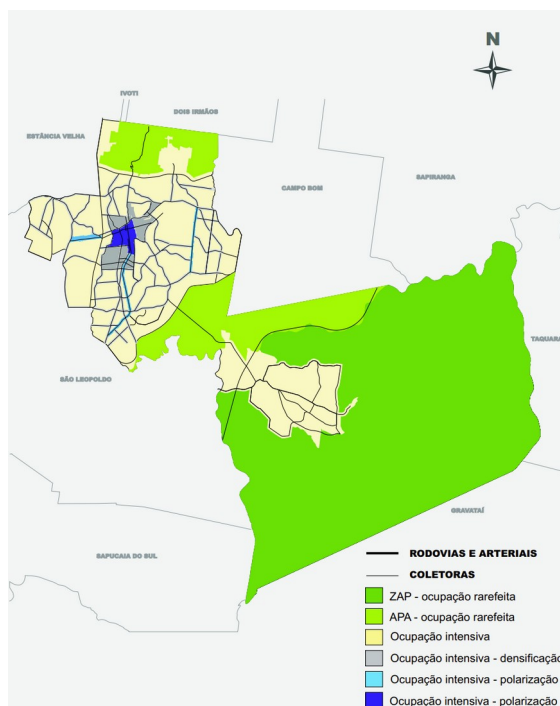


Figura 06 – Macrozoneamento do Plano Diretor Urbanístico Ambiental de Novo Hamburgo

Fonte: (Novo Hamburgo, 2004)

Esses resultados evidenciam que a expansão da energia solar no município ocorre de forma irregular entre os bairros, refletindo diferenças nas características urbanas e territoriais de cada área. Esse fenômeno pode ser explicado pela infraestrutura pré-existente nas cidades, tornando-se proveitoso aproveitar a rede elétrica de fácil acesso para conectar um sistema solar à rede de uma distribuidora. Ainda, constata-se em redes rurais uma maior necessidade de resistência nos cabos. Quando o sistema solar gera muita energia e não há consumo imediato, a energia volta para a rede da concessionária e eleva a tensão a níveis que podem queimar aparelhos ou fazer o inversor solar desligar por segurança. Segundo Hespanhol (2018), a inserção de geração distribuída em alimentadores rurais longos exige uma análise criteriosa do perfil de tensão para evitar desligamentos indesejados, o que pode resultar na necessidade de equipamentos com maiores capacidades e resistências.

Em suma, a implementação de infraestrutura fotovoltaica em áreas rurais ou mais remotas pode apresentar custos mais elevados quando comparada às áreas urbanas, sobretudo em função das maiores distâncias e das exigências técnicas relacionadas à rede elétrica. Esse fator pode resultar em um menor custo-benefício para os proprietários, limitando a adoção da tecnologia nesses locais. Essa condição contribui

para compreender, em parte, os padrões espaciais observados na distribuição das instalações fotovoltaicas no município.

Ao analisar os quantitativos, conforme apresentados na Tabela 01, verifica-se o levantamento de 818 edificações com sistemas fotovoltaicos no ano de 2020. A partir desses dados, foi calculada a média de registros por bairro, desconsiderando o bairro Canudos, com o objetivo de evitar distorções decorrentes de sua elevada concentração. Nesse contexto, observa-se uma média aproximada de 22,6 edificações por bairro, valor significativamente inferior ao registrado em Canudos. Dessa forma, destaca-se que esse bairro apresenta um nível de adesão aproximadamente nove vezes superior à média dos demais, evidenciando a desigualdade na distribuição das instalações fotovoltaicas no território de Novo Hamburgo.

QUANTIDADES DE PLACAS FOTOVOLTAICAS POR BAIRRO NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO NO ANO DE 2020					
Bairros	Edificações com <10 placas	Edificações com 10 a 30 placas	Edificações com >30 placas	Nº de Edificações Registradas	% do Total
Alpes do Vale	1	2	0	3	0,37%
Boa Saúde	2	17	4	23	2,81%
Boa Vista	5	16	5	26	3,18%
Canudos	32	95	79	206	25,18%
Centro	4	1	2	7	0,86%
Diehl	0	3	2	5	0,61%
Guarani	1	7	6	14	1,71%
Hamburgo Velho	11	7	5	23	2,81%
Ideal	3	21	19	43	5,26%
Industrial	0	2	5	7	0,86%
Liberdade	3	8	18	29	3,55%
Lomba Grande	13	15	5	33	4,03%
Mauá	8	23	21	52	6,36%
Operário	2	3	9	14	1,71%
Ouro Branco	4	5	3	12	1,47%
Pátria Nova	0	7	8	15	1,83%
Petrópolis	4	12	6	22	2,69%

Primavera	9	18	14	41	5,01%
Rincão	15	10	9	34	4,16%
Rio Branco	1	2	3	6	0,73%
Rondônia	14	9	32	55	6,72%
Roselândia	0	4	0	4	0,49%
Rural	3	9	9	21	2,57%
Santo Afonso	5	10	5	20	2,45%
São Jorge	7	23	24	54	6,60%
São José	6	7	4	17	2,08%
Vila Nova	0	13	11	24	2,93%
Vila Rosa	0	1	7	8	0,98%
TOTAL	153	350	315	818	100%

Tabela 01 – Quantitativo de Placas Fotovoltaicas por Bairro do Município de Novo Hamburgo no ano de 2020.
Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação à distribuição das instalações fotovoltaicas no ano de 2020, observa-se que alguns bairros se destacam de forma expressiva em relação aos demais, conforme evidenciado na Tabela 02. O bairro Canudos apresenta a maior concentração, totalizando 206 registros de edificações com sistemas fotovoltaicos, o que corresponde a aproximadamente 25,18% do total municipal. Em seguida, com diferença significativa, destacam-se os bairros Rondônia, com 55 registros (6,72%), São Jorge, com 54 (6,60%), Mauá, com 52 (6,36%), e Ideal, com 43 edificações (5,26%). Em conjunto, esses cinco bairros concentram cerca de metade das instalações fotovoltaicas identificadas no município em 2020, evidenciando um padrão de concentração espacial da tecnologia em áreas específicas do território de Novo Hamburgo.

BAIRROS COM MAIORES CONCENTRAÇÕES DE EDIFICAÇÕES COM ENERGIA FOTOVOLTAICA EM 2020			
Posição	Bairro	Nº de Registros	% do Total (818)
1º	Canudos	206	25,18%
2º	Rondônia	55	6,72%
3º	São Jorge	54	6,60%
4º	Mauá	52	6,35%
5º	Ideal	43	5,25%



ANÁLISE TEMPORAL DA EXPANSÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO/RS

Knebel et al.

Tabela 02 – Bairros com Maiores Concentrações de Edificações com Energia Fotovoltaica em 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores

Em termos proporcionais, esses cinco bairros concentram 25,18%, 6,72%, 6,60%, 6,35% e 5,25% do total de instalações registradas no município, considerando o universo de 818 edificações no ano de 2020. Em contrapartida, os demais 23 bairros não incluídos nesse ranking somam, em conjunto, 408 edificações com sistemas fotovoltaicos, correspondendo a aproximadamente 49,9% do total. Entretanto, é importante destacar que essa análise baseada em valores absolutos pode não refletir integralmente a distribuição da tecnologia no território, uma vez que não considera variáveis como o número total de edificações ou a população de cada bairro, fatores que influenciam diretamente o potencial de adoção dos sistemas fotovoltaicos.

5 BAIRROS COM MAIOR INCIDÊNCIA FOTOVOLTAICA X 23 DEMAIS BAIRROS EM 2020			
Número	Bairros	Edificações	% do Total
5 Bairros	Canudos, Rondônia, São Jorge, Mauá, Ideal	410	50,1%
23 Bairros	Alpes do Vale, Boa Saúde, Boa Vista, Centro, Diehl, Guarani, Hamburgo Velho, Industrial, Liberdade, Operário, Ouro Branco, Pátria Nova, Petrópolis, Primavera, Rincão, Rio Branco, Roselândia, Santo Afonso, São José, Vila Nova e Vila Rosa, Bairro Rural e Lomba Grande	408	49,9%

Tabela 03 – Comparativo dos 5 Bairros com Maior Incidência Fotovoltaica com 23 demais bairros no ano de 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao considerar o recorte temporal, verifica-se que, no período de cinco anos, ocorreu um crescimento expressivo na adoção de sistemas fotovoltaicos em Novo Hamburgo. Conforme os dados consolidados para o ano de 2025, apresentados na Tabela 04, o município passa a registrar um total de 6.253 edificações com instalações solares, distribuídas entre seus 28 bairros, em comparação com 818 registros no ano de 2020. Esse aumento corresponde a um crescimento de aproximadamente 664% no período analisado, configurando um dos resultados mais expressivos do estudo. Destaca-se que, mesmo o bairro com menor incidência nesse ano, Vila Rosa, apresenta 31 registros, valor superior aos menores índices observados em 2020, evidenciando a intensificação generalizada da adoção dessa tecnologia.



ANÁLISE TEMPORAL DA EXPANSÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO/RS

Knebel et al.

QUANTIDADES DE PLACAS FOTOVOLTAICAS POR BAIRRO DO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO NO ANO DE 2025					
Bairros	Edificações com <10 placas	Edificações com 10 a 30 placas	Edificações com >30 placas	Nº de Edificações Registradas	% Total de placas Estimado
Alpes do Vale	24	20	10	54	0,86%
Boa Saúde	89	148	22	259	4,14%
Boa Vista	58	62	18	138	2,21%
Canudos	467	687	278	1432	22,90%
Centro	34	24	25	83	1,33%
Diehl	26	49	9	84	1,34%
Guarani	30	92	58	180	2,88%
Hamburgo Velho	69	44	19	132	2,11%
Ideal	51	186	74	311	4,97%
Industrial	6	24	25	55	0,88%
Liberdade	58	89	73	220	3,52%
Lomba Grande	113	48	22	183	2,93%
Mauá	70	154	69	293	4,69%
Operário	52	63	29	144	2,30%
Ouro Branco	30	41	22	93	1,49%
Petrópolis	43	99	24	166	2,65%
Primavera	111	113	47	271	4,33%
Pátria Nova	6	54	27	87	1,39%
Rincão	133	86	36	255	4,08%
Rio Branco	21	32	18	71	1,14%
Rondônia	147	102	84	333	5,33%
Roselândia	50	39	13	102	1,63%
Rural	73	113	42	228	3,65%
Santo Afonso	128	162	42	332	5,31%
São Jorge	85	185	122	392	6,27%
São José	56	56	13	125	2,00%
Vila Nova	51	107	41	199	3,18%
Vila Rosa	0	15	16	31	0,5%
TOTAL	2.081	2.894	1.278	6.253	100%

--	--	--	--	--	--

Tabela 04 – Quantidades de Placas Fotovoltaicas por Bairro do Município de Novo Hamburgo no ano de 2025.

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir da análise acima identificam-se os bairros com maior concentração de sistemas fotovoltaicos no ano de 2025 no município de Novo Hamburgo. Observa-se que o bairro Canudos permanece como o principal destaque, totalizando 1.432 edificações com instalações fotovoltaicas, o que representa 22,90% do total registrado no município. Em seguida, destacam-se os bairros São Jorge, Ideal, Rondônia e Mauá, que apresentam, respectivamente, 392, 333, 311 e 293 edificações com sistemas instalados, evidenciando a continuidade da concentração da tecnologia em áreas urbanas mais consolidadas.

BAIRROS COM MAIORES CONCENTRAÇÕES DE EDIFICAÇÕES COM ENERGIA FOTOVOLTAICA EM 2025			
Posição	Bairro	Nº de Registros	% do Total (6.253)
1º	Canudos	1.432	22,90%
2º	São Jorge	392	6,67%
3º	Rondônia	333	5,33%
4º	Ideal	311	4,97%
5º	Mauá	293	3,82%

Tabela 05 – Bairros com Maiores Concentrações de Edificações com Energia Fotovoltaica em 2025.

Fonte: Elaborado pelos autores

Esse padrão indica que a adoção da energia solar tende a se intensificar em bairros com maior densidade residencial e estrutura urbana mais consolidada. Além disso, verifica-se a permanência do protagonismo do bairro Canudos nos dois períodos analisados, o que reforça a consistência do padrão espacial identificado ao longo do tempo. O crescimento observado nesse bairro é particularmente expressivo, passando de 206 edificações em 2020 para 1.432 em 2025, o que representa um acréscimo de 1.226 novas instalações e um aumento de aproximadamente 595,14% no período analisado.

Quando comparado ao crescimento total do município, esse resultado confirma Canudos como o principal polo de expansão das instalações fotovoltaicas em Novo Hamburgo. Esse desvio evidencia que o processo de difusão da tecnologia não ocorre de maneira uniforme entre os bairros, reforçando o caráter desigual da expansão da

energia solar no território municipal. Tal comportamento sugere a influência de fatores locais, como características urbanas, perfil socioeconômico e disponibilidade de edificações aptas à instalação dos sistemas.

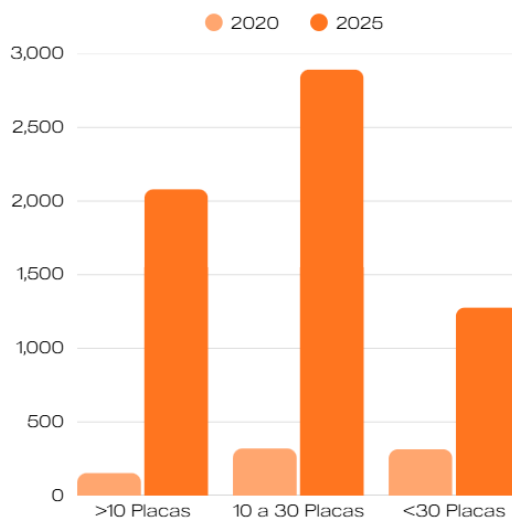


Gráfico 01 – Quantidades de Placas por Residência nos Períodos Analisados.

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao analisar a quantidade de placas fotovoltaicas por edificação, observa-se que a faixa intermediária (10 a 30 placas) manteve-se como a mais recorrente em ambos os períodos, conforme detalhado no Gráfico 01. A comparação entre os períodos revela uma mudança na hierarquia das demais categorias, sendo que, em 2020, o cenário era equilibrado entre sistemas de médio e grande porte, com 350 registros na faixa intermediária e 315 na faixa de maior intensidade (maior que 30). Já em 2025, embora a faixa intermediária tenha consolidado sua predominância com 2.894 registros, a segunda posição passou a ser ocupada pela categoria de menor intensidade (menor que 10 placas), que saltou de 153 para 2.081 unidades.

Essa transição indica que, além do crescimento expressivo observado no período, houve uma democratização e diversificação do porte das instalações. A ascensão de sistemas menores sugere que a tecnologia se tornou mais acessível para diferentes perfis de edificações em Novo Hamburgo. Esse cenário reforça a consolidação da energia solar não apenas em grandes projetos, mas também em unidades de menor consumo.

Vale ressaltar que a predominância de sistemas fotovoltaicos na faixa de 10 a 30 placas pode ser compreendida a partir do dimensionamento típico de sistemas residenciais no Brasil. Considerando a potência média dos módulos atualmente

utilizados, um conjunto de aproximadamente 10 placas pode gerar entre 660 e 950 kWh mensais (Solar dos Pomares, 2023), valor compatível com o consumo de unidades residenciais e de pequenos estabelecimentos comerciais. Nesse sentido, a Tabela 06 apresenta uma classificação elaborada pelos autores, a partir da análise dos dados levantados e da literatura consultada, relacionando o número de placas ao perfil de consumo atendido, evidenciando que a faixa intermediária corresponde, predominantemente, a usos residenciais e a atividades de pequeno porte. Dessa forma, sistemas com 11 a 30 placas tendem a atender com maior eficiência o perfil de consumo dessas unidades, o que explica sua maior incidência no município de Novo Hamburgo, evidenciando que a expansão da energia solar está fortemente associada a demandas energéticas de escala intermediária.

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS POR NÚMERO DE PLACAS E PERFIL DE CONSUMO		
Categoria	Nº de placas	Interpretação
Pequeno Porte	1-10	Baixo consumo
Médio Porte	11-30	Residencial típico e Pequenos Estabelecimentos
Grande Porte	30+	Comercial/industrial

Tabela 06 – Classificação dos sistemas fotovoltaicos por número de placas e perfil de consumo
Fonte: Elaborado pelos autores

Já o cálculo simples do crescimento da infraestrutura fotovoltaica no município de Novo Hamburgo no período entre 2020 e 2025, revela o crescimento de 664% no número de edificações com sistemas instalados, correspondendo a um aumento de 7,6 vezes no intervalo analisado. Esse crescimento expressivo pode estar associado a fatores como a redução dos custos dos sistemas fotovoltaicos, o aumento das tarifas de energia elétrica convencional e a ampliação da oferta de fornecedores e serviços especializados na região. Além disso, a ampliação do acesso a linhas de financiamento específicas para sistemas fotovoltaicos tem contribuído para a viabilização econômica dessas instalações, favorecendo a adoção da tecnologia por diferentes perfis de consumidores (Caixa Econômica Federal, 2026). Somam-se a esses fatores iniciativas de incentivo fiscal adotadas em diferentes municípios brasileiros, como programas de desconto no IPTU para edificações sustentáveis, que também contribuem para a ampliação do uso de tecnologias como a energia solar. Conforme aponta Leite (2022), tais medidas de extra-

fiscalidade ambiental atuam como indutores de comportamento, incentivando o setor privado e os cidadãos a investirem em tecnologias como a energia solar, o que contribui diretamente para a consolidação dos resultados obtidos.

Esse resultado evidencia a rápida expansão da geração distribuída no contexto local, acompanhando uma tendência observada em escala nacional. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2023) e a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar, 2023), a geração de energia solar fotovoltaica no Brasil tem apresentado crescimento exponencial nos últimos anos, impulsionada pela redução dos custos dos sistemas, avanços tecnológicos e ampliação do acesso a linhas de financiamento. Nesse sentido, os dados obtidos na presente pesquisa reforçam que o município acompanha essa dinâmica de expansão, evidenciando a consolidação da energia solar como uma alternativa relevante na matriz energética urbana e destacando o papel da geração distribuída na transformação do setor energético contemporâneo.

4 CONCLUSÃO

A análise realizada ao longo deste estudo permitiu compreender de forma clara a dinâmica de expansão da energia solar fotovoltaica no município de Novo Hamburgo entre os anos de 2020 e 2025. Os resultados evidenciam um crescimento expressivo de aproximadamente 664% no número de edificações com sistemas instalados no período analisado. Esse crescimento evidencia a consolidação da energia solar fotovoltaica como componente relevante na matriz energética urbana, refletindo mudanças estruturais na forma de produção e consumo de energia no município.

Para além do crescimento quantitativo, verificou-se uma reconfiguração espacial significativa, marcada pela ampliação das instalações em praticamente todo o território municipal. Ainda assim, a distribuição não ocorre de maneira homogênea, evidenciando a influência de fatores urbanos, estruturais e socioeconômicos na difusão da tecnologia. Destacam-se áreas de maior densidade, como o bairro Canudos, que concentram parte significativa das instalações.

Observou-se, também, a predominância de sistemas de porte intermediário, associados ao uso residencial. Esse padrão reforça o papel das edificações habitacionais como agentes centrais na transição energética. Além disso, indica que a expansão da energia solar está diretamente vinculada às dinâmicas do consumo

cotidiano e à acessibilidade crescente da tecnologia.

Diante disso, conclui-se que a energia fotovoltaica ultrapassa a condição de alternativa e se estabelece como elemento estratégico na transformação do espaço urbano. Sua expansão contribui para a descentralização da produção energética e para a construção de cidades mais sustentáveis. Nesse sentido, torna-se fundamental o fortalecimento de políticas públicas e diretrizes de planejamento urbano que orientem e ampliem sua adoção em escala local.

Para estudos futuros, sugere-se a ampliação da análise para municípios de menor porte, com o objetivo de verificar se a dinâmica de expansão observada também se manifesta em outras realidades urbanas. Recomenda-se, ainda, a incorporação de variáveis socioeconômicas, como renda média e densidade populacional, para compreender se a transição energética está associada ao desenvolvimento social e econômico ou se permanece concentrada em áreas mais favorecidas. Dessa forma, a inclusão desses indicadores pode contribuir para uma interpretação mais abrangente e precisa da difusão da energia solar no território analisado.

5 REFERÊNCIAS

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil 2023. São Paulo: ABSOLAR, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/>. Acesso em: 03 mar. 2026.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/journals/metz>. Acesso em: 21 maio 2026.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Geração distribuída no Brasil: dados atualizados. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 03 mar. 2026.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Crédito Caixa Energia Renovável. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/credito-financiamento/financiamentos/energia-renovavel/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 19 mar. 2026.

CARAVELA. Novo Hamburgo - RS: Economia. Caravela Dados e Estatísticas, 2024. Disponível em: <https://www.caravela.info/regional/novo-hamburgo---rs>. Acesso em: 23 fev. 2026.

CESPRO NOVO HAMBURGO. Lei Complementar nº 2.150, de 07 de junho de 2010. Altera o Plano Diretor Urbanístico Ambiental do Município. Disponível em: <https://www.cespro.com.br/visualizarDiploma.php?cdMunicipio=7707&cdDiploma=20102150>. Acesso em: 19 mar. 2026.



**ANÁLISE TEMPORAL DA EXPANSÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAÍCA: ESTUDO
DE CASO NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO/RS**

Knebel et al.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2022: ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 03 mar. 2026.

FAPESP. Energia solar ganha força com a geração distribuída. Revista Pesquisa FAPESP, São Paulo, ano 22, n. 301, mar. 2021. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br>. Acesso em: 19 maio 2026.

FRANÇOIS, Atilio. Mapas de calor e mapas de hotspots no QGIS. 2025. Disponível em: <https://www.sigterritoires.fr/index.php/pt/mapas-de-calor-e-mapas-de-hotspots-no-qgis/>. Acesso em: 1 maio 2026.

GOOGLE EARTH. Google Earth Pro for Desktop. Mountain View: Google LLC, 2025. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 06 ago. 2025.

GZH. Bairro com mais habitantes no RS tem população maior do que 93 dos municípios do estado, diz IBGE. 2024. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/comportamento/noticia/2024/11/bairro-com-mais-habitantes-no-rs-tem-populacao-maior-do-que-93-dos-municipios-do-estado-diz-ibge-cm3heqm5c001j01eds7n9dvfe.html>. Acesso em: 19 mar. 2026.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.). Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul: escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Ecologia, 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento, n. 3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto). ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD). Acesso em: 02 mar. 2026.

HESPANHOL, João Paulo; SILVA, Rodrigo; OLIVEIRA, Marcos; SOUZA, Felipe. Impactos da inserção de geração distribuída em redes de distribuição rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 22., 2018, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: SBA, 2018. Acesso em: 02 mar. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Biomas brasileiros. Rio de Janeiro: IBGE, 2026. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>. Acesso em: 23 fev. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e estados: Novo Hamburgo. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/novo-hamburgo.html>. Acesso em: 23 fev. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha Municipal Digital do Brasil: Municípios. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 06 ago. 2025.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas do Brasil (1981–2010). Brasília: INMET, 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 20 maio 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). World Energy Outlook 2024. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>. Acesso em: 20 maio 2026.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). World Energy Transitions Outlook 2023: Summary. Abu Dhabi: IRENA, 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/>. Acesso em: 19 maio 2026

IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 19 mai. 2026.

LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. Direito Ambiental Contemporâneo. São Paulo: Saraiva, 2022.



ANÁLISE TEMPORAL DA EXPANSÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO/RS

Knebel et al.

NOVO HAMBURGO. Lei nº 1.216, de 20 de dezembro de 2004. Institui o Plano Diretor Urbanístico Ambiental do Município de Novo Hamburgo. Novo Hamburgo, 2004. Disponível em: <https://www.cespro.com.br/visualizarDiploma.php?cdMunicipio=7707&cdDiploma=20142696&NroLei=2.696>. Acesso em: 19 mar. 2026

NOVO HAMBURGO. Prefeitura Municipal. Geoportal de Novo Hamburgo – Downloads. Disponível em: <https://gis.novohamburgo.rs.gov.br/portal/apps/sites/#/geoportalnh/pages/downloads>. Acesso em: 06 ago. 2025.

NOVO HAMBURGO. Prefeitura Municipal. Bairro Canudos receberá projeto Prefeitura Presente. Novo Hamburgo, 1 ago. 2011. Atualizado em 17 out. 2024. Disponível em: <https://www.novohamburgo.rs.gov.br/noticia/bairro-canudos-recebera-projeto-prefeitura-presente-0>. Acesso em: 8 maio 2026.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. O Sistema Interligado Nacional. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acesso em: 23 fev. 2026.

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; ABREU, Samuel Luna; RÜTHER, Ricardo. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. DOI: 10.34019/978-85-11-00325-1. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: 21 maio 2026.

PEREIRA, João Victor Albuquerque; DE LIMA, Gislene Micarla Borges. Estudo da implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma escola municipal de Angicos-RN. Angicos: UFERSA, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/>. Acesso em: 1 mar. 2026.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL; CRESESB, 2014. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 19 mar. 2026.

QGIS. QGIS: A Free and Open Source Geographic Information System. QGIS Project. Disponível em: <https://qgis.org/>. Acesso em: 19 mar. 2026.

RIEGEL, Roberta Plangg; WOLF, Aline; STEIN, Ana Beatriz; SOUZA, Carolina Eduarda Borsatto de; MOSSMANN, Dalton de Vasconcellos; SILVA NETO, Eduardo; BRAUN, Gabriela; FARIAS, Ingrid Moreira; ANSCHAU, Isabela Mombach; MARTINS, Ketelyn Rangel; MACHADO, Luciano dos Santos; KNEBEL, Mariah; BOTH, Mariana Franz; MINUSSI, Michelle da Costa; HENTGES, Natália Seidel; SILVA, Ronan Pessi da. **Mapeamento das placas fotovoltaicas de Novo Hamburgo**. Novo Hamburgo, 2025. Disponível em: <https://pergamum.feevale.br/>. Acesso em: 5 dez. 2025.

SILVA, H. M. F. da; ARAÚJO, F. J. C. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 8, n. 3, p. 859–869, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>. Acesso em: 12 mai. 2026.

SOLAR DOS POMARES. Quanto gera 10 placas solares?. [S. l.]: Solar dos Pomares, 2023. Disponível em: <https://solarsospomares.com.br/quanto-gera-10-placas-solares/>. Acesso em: 19 maio 2026.

VIAN, Ângelo; RÜTHER, Ricardo; ZILLES, Roberto. Energia Solar: Fundamentos, Tecnologia e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2021.