

Energia solar: indicadores da instalação de sistemas fotovoltaicos no município de João Pinheiro – MG**Solar Energy: Indicators of Photovoltaic System Installation in the Municipality of João Pinheiro – MG**Aléx Gomes da Silva¹
Nickecia Alves dos Santos²

267

Resumo: A energia fotovoltaica está se popularizando em todo o mundo, especialmente em países com altos níveis de incidência solar. Esse trabalho, decorrente de iniciação científica desenvolvida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM Campus Paracatu, teve como objetivo analisar os indicadores de energia solar fotovoltaica no município de João Pinheiro – MG. A pesquisa, com abordagem quanti-qualitativa, guiou-se pelo campo descritivo, levantamento bibliográfico, além da análise de dados extraídos do Dashboard do SEBRAE – Minas. Identificou-se que o setor de energia fotovoltaica, mesmo diante do crescimento expressivo nos últimos anos, ainda apresenta um extenso potencial energético, sendo oportunidade de emprego e renda, permitindo que mais parcelas da população possam usufruir dos benefícios que tais sistemas proporcionam na geração de energia alternativa.

Palavras-chave: Energia solar. Sistemas fotovoltaicos. Indicadores. João Pinheiro-MG.

Abstract: Photovoltaic energy is becoming popular around the world, especially in countries with high levels of solar incidence. This work, resulting from scientific initiation developed at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Triângulo Mineiro – IFTM Campus Paracatu, aimed to analyze the indicators of photovoltaic solar energy in the municipality of João Pinheiro – MG. The research, with a quantitative-qualitative approach, was guided by the descriptive field, bibliographical survey, in addition to the analysis of data extracted from the SEBRAE – Minas Dashboard. It was identified that the photovoltaic energy sector, despite the significant growth in recent years, still presents an extensive energy potential, providing an opportunity for employment and income, allowing more portions of the population to enjoy the benefits that such systems provide in the generation of alternative energy.

¹ Doutorando em Educação pela Universidade Católica de Brasília (UCB). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM).

² Estudante do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM).

Recebido em 04/02/2024

Aprovado em 23/04/2024

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



Keywords: Solar energy. Photovoltaic systems. Indicators. João Pinheiro-MG.

1 Introdução

A energia solar constitui-se numa fonte renovável e limpa, permitindo sustentabilidade por meio da instalação de painéis fotovoltaicos, sendo a fonte alternativa que tem recebido mais atenção. O uso em larga escala desses sistemas poderá reduzir a demanda por investimentos em linhas de transmissão e adiar a construção de usinas baseadas em fontes convencionais de energia (VILLALVA, 2012).

Busca-se, por meio desse trabalho, levantar dados sobre a utilização da energia solar por empresas ou domicílios no município de João Pinheiro, indicando características vinculadas à implantação e uso desse sistema. Para isso, foram analisados os seguintes indicadores: capacidade instalada, produção real, taxa de crescimento, taxa de aquisição baseada na quantidade de usinas por classe de consumo, e taxa de aquisição por faixa de potência instalada.

O objetivo principal dessa pesquisa foi apresentar indicadores da instalação de painéis solares fotovoltaicos no município de João Pinheiro – MG, coletando dados relativos aos projetos e características dos sistemas solares instalados, além de relacionar benefícios do uso da energia solar.

2 Energia solar: aplicação e benefícios

Energia solar fotovoltaica refere-se à transformação da energia solar em energia elétrica através de células fotovoltaicas, feitas de materiais semicondutores, que ao serem atingidas pela luz solar, esta é absorvida e os elétrons liberados, criando uma corrente elétrica.

Essa fonte de energia ajuda a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e reduzir a pegada de carbono, “sendo uma das alternativas consideradas mais promissoras para a geração de energia sustentável” (SILVA; ARAÚJO, 2022, p. 868). Pode ser usada imediatamente, armazenada em baterias para uso posterior, ou enviadas para a rede de distribuição local para gerar ‘créditos de energia’ que podem ser usados posteriormente quando não houver geração, ou essa não for suficiente para atender o consumo atual.

A questão da preservação ambiental tem sido tratada como um grande desafio no século atual, por ser urgente a necessidade de aliar conservação, progresso e qualidade de vida, sem esgotar os recursos naturais. “Sem dúvida, um esforço mundial, já vem sendo desenvolvido

para o uso cada vez mais intenso das energias de fontes renováveis que causem menor impacto socioambiental nos próximos anos [...]” (MARTINS; PEREIRA, 2019, p. 19).

Entre outras vantagens para o aumento do investimento na utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil é que o país apresenta características muito favoráveis a este tipo de geração de energia devido às elevadas taxas de incidência e irradiação solar e pela alta produção de silício, material utilizado na fabricação das placas solares. (SILVA; ARAÚJO, 2022).

Esse aspecto também é evidenciado por Tolmasquim (2016, p. 328):

O Brasil está situado quase que totalmente na região limitada pelos Trópicos de Câncer e de Capricórnio, de incidência mais vertical dos raios solares. Esta condição favorece elevados índices de incidência da radiação solar em quase todo o território nacional, inclusive durante o inverno, o que confere ao país condições vantajosas para o aproveitamento energético do recurso solar.

A fundamentação teórica foi a partir dos estudos relacionados ao uso da energia solar por empresas e domicílios, bem como destacar os benefícios do uso dessa fonte renovável de energia. Nesse contexto, destaque para autores como Villalva (2012), Martins e Pereira (2019), Ayrão (2018), Almeida (2015), Silva e Araújo (2022), Burattini (2008) e Tolmasquim (2016), entre outros, que abordaram, em suas respectivas obras, essas temáticas.

Recorrendo-se à literatura, deparamos com considerações do tipo:

“Utilizar uma fonte renovável de energia, o Sol, e uma transformação que não causa impactos ambientais, sem gerar nenhum tipo de subproduto nocivo, resulta na tão desejada energia elétrica limpa”. (BURATTINI, 2008, p. 94).

“O sol, como recurso energético possível de gerar energia elétrica, vem ganhando reconhecimento e representatividade na matriz energética brasileira. Uma das tecnologias que utilizam tal recurso [...] é a energia solar fotovoltaica” (ALMEIDA, 2015, p. 31).

Portanto, os ganhos para a humanidade do uso de energias renováveis e ambientalmente sustentáveis são enormes e precisam ser alvo de pesquisa, inovação e implementação para que possam alcançar um número maior de adeptos e usuários.

3 Metodologia

A pesquisa foi descritiva, de natureza quanti-qualitativa. “A produção de resultados de cunho quantitativo complementa e promove questões e pesquisas metodologicamente pautadas em teorias qualitativas e, vice-versa” (PEREIRA; ORTIGÃO, 2016, p. 70). Segundo Triviños

(2011, p. 110), "o estudo descritivo pretende descrever com exatidão os fatos e fenômenos de determinada realidade". Para Sampieri, Callado e Lucio (2013, p. 376) "o foco da pesquisa qualitativa é compreender e aprofundar os fenômenos, que são explorados a partir da perspectiva dos participantes em um ambiente natural e em relação ao contexto".

Procedeu-se ao levantamento bibliográfico, verificando as produções já existentes que abordam a temática. Para constituição do referencial teórico recorreu-se à publicações existentes em periódicos, anais de eventos, dissertações e teses, com o procedimento de fichamento, pois "à medida que o pesquisador identifica os documentos, deverá, ao mesmo tempo, transcrever os dados nas fichas bibliográficas, com o máximo de exatidão e cuidado" (MARCONI; LAKATOS, 2021, p. 80). Sobre a pesquisa bibliográfica Marconi e Lakatos (2021, p. 76), afirmam que "sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto".

Além disso, o questionário que, inicialmente, seria aplicado em algumas empresas do setor, foi adaptado pela coleta de dados via Dashboard do Sebrae-MG, que reúne diversas informações sobre instalação de painéis solares no Estado, permitindo separação de dados por município. Na sequência, os dados coletados foram analisados e apresentados por meio de tabelas e gráficos.

4 Apresentação e análise dos dados

Os dados coletados mostram como a energia solar fotovoltaica vem crescendo e se popularizando ao longo dos últimos anos. Em João Pinheiro, município localizado no noroeste de Minas Gerais e o maior em extensão territorial do Estado, são 693 sistemas operando (Gráfico 1), no levantamento feito de 2016 a 2022. Com exceção dos anos de 2017 e 2018, que tiveram a mesma quantidade de usinas instaladas conectadas à rede da Cemig, o aumento das usinas vem praticamente dobrando ao passar dos anos.

Gráfico 1: Quantidade de sistemas fotovoltaicos em operação

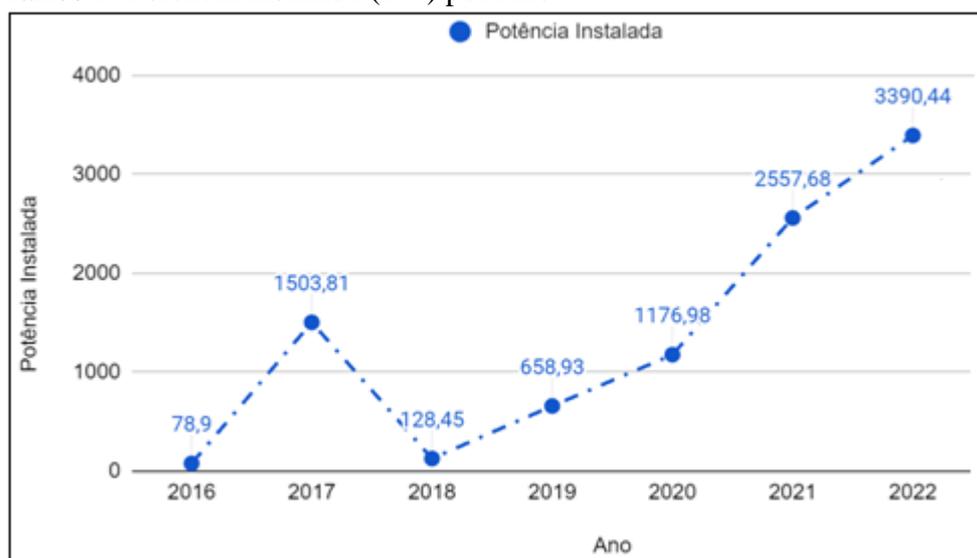


Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

A quantidade de usinas instaladas nos anos de 2017 e 2018 foi o dobro das que foram instaladas em 2016. Em 2019, foram instaladas aproximadamente 2,69 usinas para cada uma do período anterior; em 2020 foi o dobro de instalações novamente. Em 2021, a quantidade de usinas foi de, aproximadamente, 2,08 vezes as de 2020; já em 2022 em relação às do ano anterior ficou em, aproximadamente, 1,93. Saindo desse ciclo de, no mínimo, dobrar as instalações a cada ano.

No Gráfico 2, observa-se a capacidade total instalada por ano, no período de 2016 a 2022.

Gráfico 2: Potência Instalada (kW) por Ano



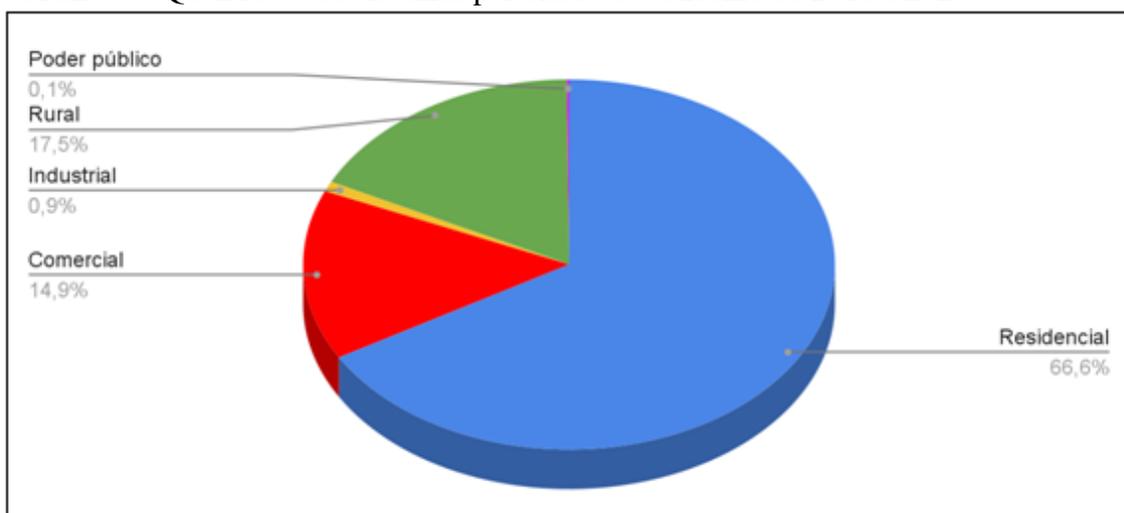
Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

Na relação de potência instalada por ano, também é perceptível o crescimento. Porém, no ano de 2017, apesar de terem sido instalados apenas 16 sistemas, tem-se uma potência bem maior do que a instalada em 2018, pois nesse ano houve a finalização da primeira fazenda solar do município de João Pinheiro, com mais de 1MW de potência.

Assim, em 2018, tem-se 1,63 vezes a potência instalada em 2016, que equivale a 8,5% da potência instalada em 2017. Em 2019, a capacidade instalada foi 5,12 vezes a instalada em 2018; em 2020, foi 1,78 vezes a capacidade de 2019; em 2021, 2,17 vezes a do ano anterior e em 2022, 1,33 vezes a capacidade instalada em 2021.

A partir do gráfico 3, estaremos considerando também os dados do 1º trimestre de 2023, com 101 sistemas instalados nesse período. Com relação à quantidade de usinas instaladas em cada classe de consumo, tem a seguinte distribuição expressa no Gráfico 3:

Gráfico 3: Quantidade de sistemas por classe de consumo de 2016 a 2023.

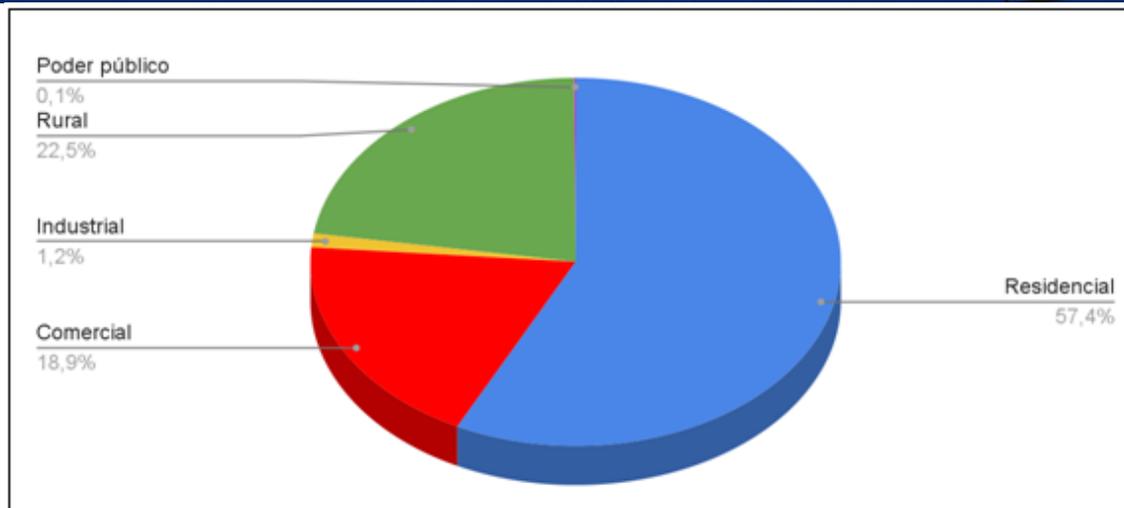


Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

Há 529 instalações com usinas que pertencem à classe Residencial, 118 da Comercial, 7 em instalações da classe Industrial, 139 Rural e 1 em instalação do Poder Público. A classe Residencial representa 66,62% do total de instalações, superando a segunda classe com mais usinas (Rural, com 17,5%) em quase 4 vezes. O setor Comercial apresenta 14,9% e os segmentos do Poder Público e Industrial somam apenas 1% do total de sistemas no período.

Sobre a quantidade de unidades consumidoras (UCs) por classe de consumo, verifica-se o que está disposto no Gráfico 4:

Gráfico 4: Unidades consumidoras por classe de consumo de 2016 a 2023

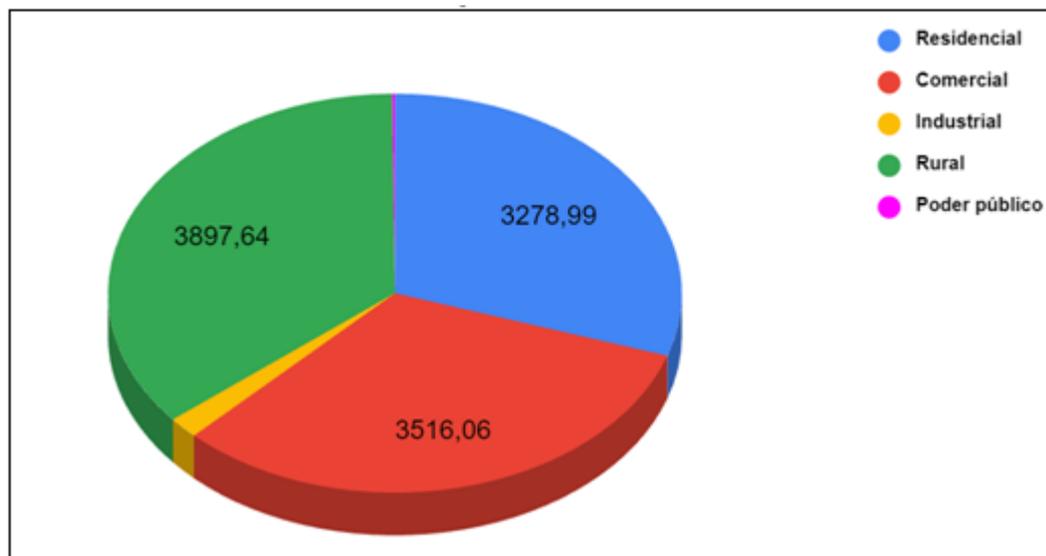


Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

A classe de consumo com o maior número de unidades consumidoras que recebem energia de outra instalação é a classe Residencial também com 756. A segunda classe de consumo com mais unidades é novamente a Rural com 296 instalações, aproximadamente 39% da Residencial. Já a classe de consumo com o menor número de unidades consumidoras é a classe do Poder Público, com apenas 1 instalação. E a segunda classe com o menor número de UCs é a Industrial com 16.

As instalações geradoras, ou seja, as instalações que possuem usinas fotovoltaicas instaladas nela, também são consideradas unidades consumidoras que recebem crédito. Então as 794 instalações com usinas divididas anteriormente, também estão presentes aqui, com a adoção das instalações que não possuem uma usina solar fotovoltaica instalada, mas recebem, parcialmente, os créditos da geração de alguma usina.

Foi constatada a potência instalada por classe de consumo, sendo esses valores apresentados no Gráfico 5:

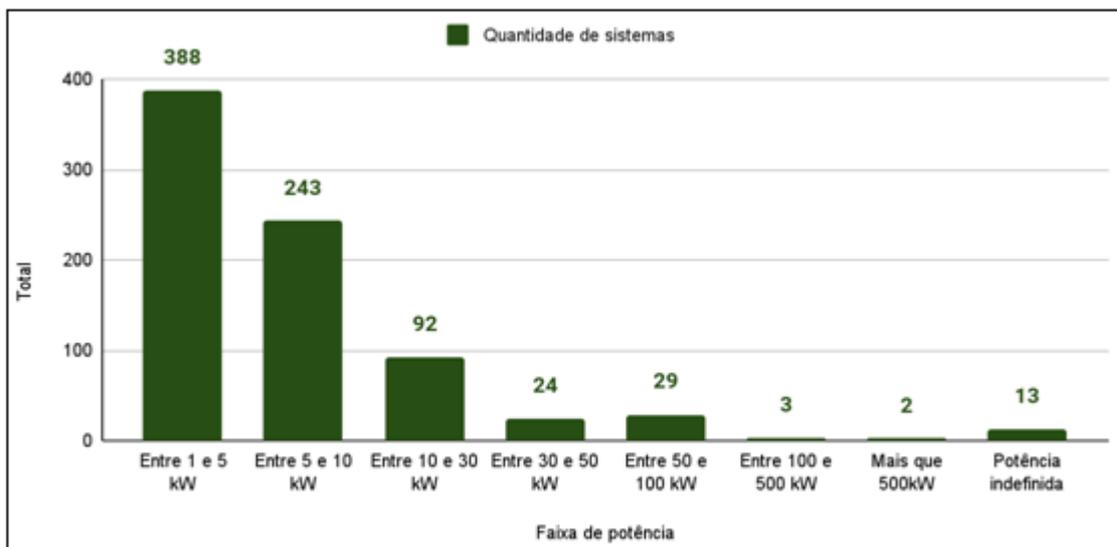
Gráfico 5: Potência instalada por classe de consumo de 2016 a 2023

Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

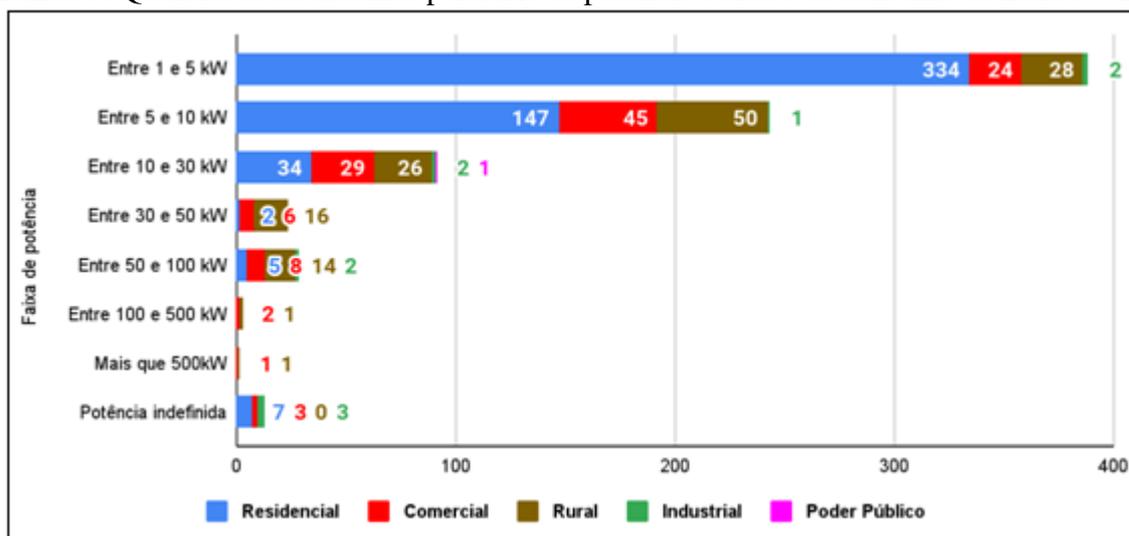
Apesar de conter o maior número de unidades consumidoras, e o maior número de usinas instaladas a classe Residencial não possui o maior número de potência instalada, mas sim a classe Rural com 3897,64 kW de potência instalada o equivalente a quase 7800 módulos de 500 W.

A segunda classe de consumo com a maior quantidade de potência instalada é a classe Comercial com 3516,06kW, que equivale a aproximadamente 7032 módulos de 500 W. Seguida pela classe Residencial com 3278,99 kW, equivalente a aproximadamente 6558 módulos de 500 W. Logo depois vem a classe Industrial com apenas 189,55 kW de potência instalada, que daria aproximadamente 379 módulos de 500 W. E por último a classe do Poder Público com 17,1 kW que equivale a aproximadamente 34 módulos de 500 W, ou a exatamente 38 módulos de 450 W.

Procurou-se também investigar qual a faixa de potência com o maior e/ou com o menor número de sistemas, bem como a distribuição de sistemas por faixa de potência e classe de consumo. Os dados estão dispostos nos Gráficos 6 e 7:

Gráfico 6: Quantidade de sistemas por faixa de potência de 2016 a 2023

Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

Gráfico 7: Quantidade de sistemas por faixa de potência e classe de consumo de 2016 a 2023

Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

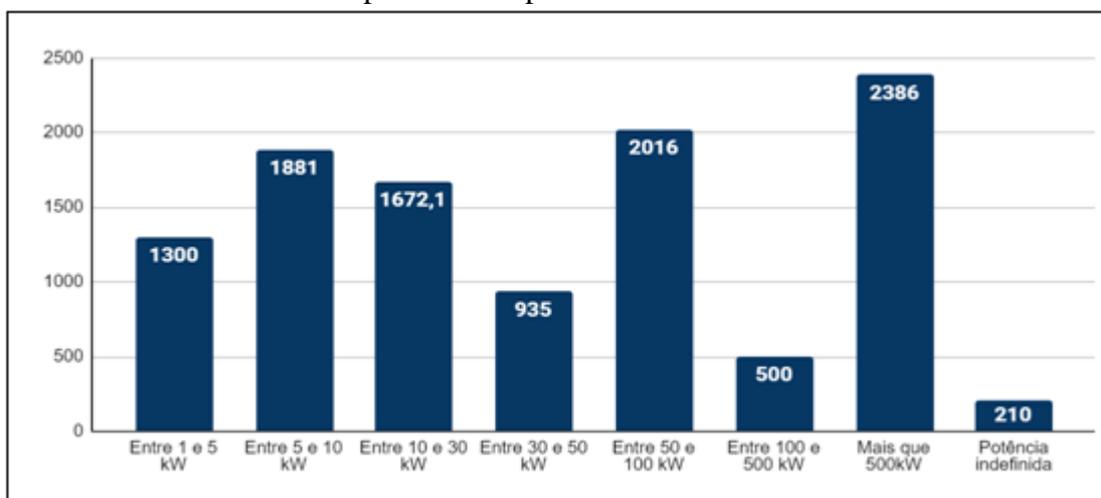
Separando pelas faixas de capacidade instalada entre 1 e 5 kW, entre 5 e 10, entre 10 e 30 kW, entre 30 e 50 kW, entre 50 e 100 kW, entre 100 e 500 kW, mais de 500 kW e sistemas com potência indefinida ou não obtida, obteve-se que a faixa de potência com mais sistemas instalados é entre 1 e 5 kW, com 388 usinas, sendo 334 residências, 28 rurais, 24 comerciais e 2 indústrias. Já a faixa de potência com a menor quantidade de usinas é a de mais de 500 kW com apenas duas usinas, sendo 1 comercial e 1 rural.

A faixa de potência com o maior número de sistemas da classe Residencial é a de ‘entre 1 e 5kW’ com 334 usinas. A faixa de potência com o maior número de sistemas da classe

Comercial é a de ‘entre 5 e 10kW’ com 45 usinas. Da classe Rural também é ‘entre 5 e 10 kW’ com 50 usinas. Da classe industrial não é possível definir pois as faixas de potência de ‘entre 1 e 5’, ‘entre 10 e 30’ e ‘entre 50 e 100’ possuem duas usinas instaladas em cada uma delas. E a classe do Poder Público possui apenas uma usina de 17,1 kW que fica na faixa de ‘entre 10 e 30 kW’.

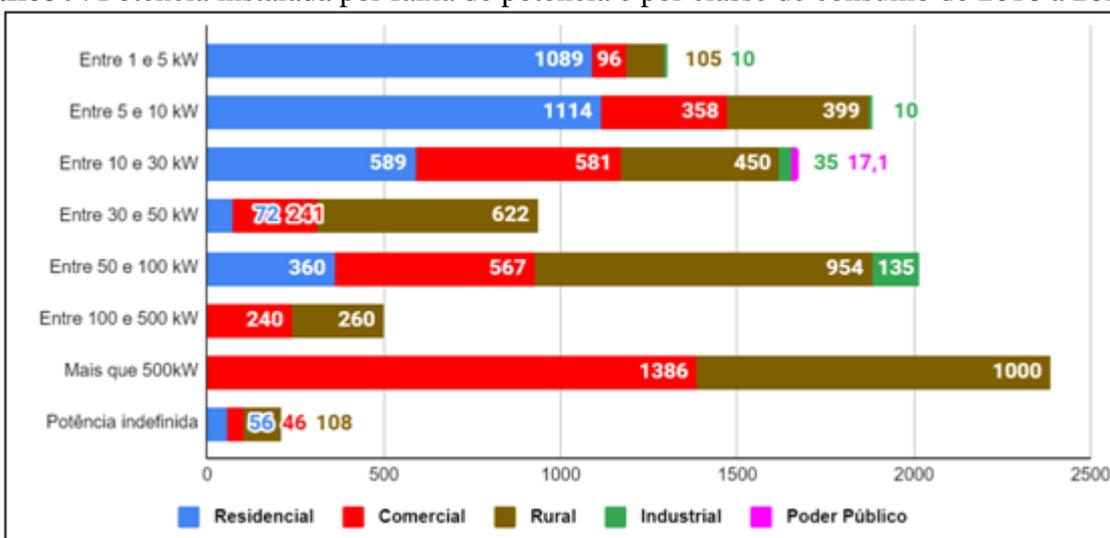
Para verificar qual a faixa de potência com maior e/ou menor capacidade instalada e também por classe de consumo foram levantados os seguintes dados detalhados nos Gráficos 8 e 9:

Gráfico 8: Potência instalada por faixa de potência de 2016 a 2023



Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

Gráfico 9: Potência instalada por faixa de potência e por classe de consumo de 2016 a 2023



Fonte: Dashboard – Sebrae/MG

Na mesma separação de faixa de potência citada anteriormente, a faixa de potência com mais capacidade instalada é justamente a com o menor número de usinas, a de 'mais de 500 kW'. São aproximadamente 2386 kW divididos entre uma usina Comercial com 1386 kW (a fazenda solar terminada em 2017), e 1000 kW em uma usina Rural. Já a faixa de potência com menor capacidade instalada é a de 100 a 500 kW, com 500 kW instalados e divididos entre duas usinas comerciais que somam 240 kW e uma usina Rural de 260 kW.

A faixa de potência com a maior potência instalada da classe Residencial é a de 'entre 5 e 10 kW' com 147 usinas que somam juntas aproximadamente 1114 kW de capacidade instalada. A faixa de potência com a maior potência instalada da classe Comercial é a de 'mais de 500 kW' com uma usina 1386 kW instalado. Da classe Rural também é 'mais de 500 kW' com uma usina 1000 kW instalado. Da classe industrial 'entre 50 e 100' com duas usinas que somam aproximadamente 135 kW. E a classe do Poder Público como já mencionado possui apenas uma usina de 17,1 kW que fica na faixa de 'entre 10 e 30 kW'.

Os resultados mostraram que a quantidade de usinas instaladas por ano, no município, está com um crescimento quase exponencial, desde 2018. Em 2022, em comparação ao ano anterior, expansão de 92,73% em novas instalações, com 32,55% de incremento na potência instalada no mesmo período. Com relação aos sistemas fotovoltaicos instalados entre 2016 e o primeiro trimestre de 2023, 66,6% pertencem à classe residencial, 17,5% setor rural e 14,9% ao segmento comercial. Apesar de conter o maior número de unidades consumidoras e de usinas instaladas, a classe residencial (30,08%) não possui o maior número de potência instalada, mas sim, a classe rural, com 35,76%. Portanto, o estudo identificou que o setor de energia fotovoltaica, mesmo diante do crescimento expressivo nos últimos anos, ainda apresenta um extenso potencial energético, sendo oportunidade de emprego e renda, permitindo que outras parcelas da população possam usufruir dos benefícios que tais sistemas proporcionam na geração de energia alternativa.

5 Considerações finais

A pesquisa teve como objetivo principal avaliar o crescimento da utilização da energia solar no município de João Pinheiro. No entanto, através dos dados coletados e analisados, é possível verificar o perfil socioeconômico da população local, identificando possíveis barreiras para a adoção da energia solar, como falta de conhecimento, recursos financeiros ou apoio

governamental e desenvolver trabalhos visando a criação de políticas públicas e projetos de conscientização que estimulem o uso da energia solar.

Concordamos com Ayrão (2018, p. 96) ao afirmar que:

A energia elétrica oriunda de sistemas fotovoltaicos e a micro geração distribuída vieram para ficar. Não há dúvida que a legislação sofrerá mudanças, mas, da mesma forma, que nos dias atuais é inimaginável uma residência sem energia elétrica, em breve, o mesmo se dará em uma residência que não produza sua energia, em parte ou totalmente.

Sobre os benefícios para o meio ambiente, Tolmasquim (2016) destaca que a geração de energia elétrica a partir do aproveitamento solar apresenta como principal vantagem a ocorrência de poucos impactos socioambientais. Comparativamente às outras fontes, são impactos de baixa magnitude.

Em relação ao aspecto socioeconômico, na instalação de usinas solares, Tolmasquim pontua que:

A geração de novos empregos e de renda em regiões de baixo desenvolvimento econômico é relevante, pois as obras de implantação mobilizam um contingente considerável de trabalhadores durante a construção. O potencial de geração de empregos é especialmente importante, pelo fato das regiões com maior irradiação e, portanto, grande potencial de geração solar, serem, majoritariamente, regiões economicamente pouco desenvolvidas (TOLMASQUIM, 2016, p. 377).

Em razão do que foi exposto, este estudo também pode auxiliar consultas a órgãos públicos e demais entidades que visem promover a expansão dessa matriz energética, bem como em investigação sobre os benefícios da energia solar fotovoltaica, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a preservação dos recursos naturais em projetos voltados para medidas de mitigação dos impactos ambientais e a promoção de práticas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. (et al.). Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. 2015. **Engenharias On-line**, v. 1, n. 2, p. 21-33, 2015.

AYRÃO, V. **Energia solar fotovoltaica no Brasil**: conceitos, aplicações e estudos de caso. Internation Copper Association Brazil: Rio de Janeiro, 2018.

BECKER, C. J. **Energia Solar no Brasil**: Situação Atual e Perspectivas. 1 ed. Curitiba:

Editora CRV, 2016.

BURATTINI, M. P. T. de C. **Energia: uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

DASHBOARD SEBRAE MINAS - **Energia Solar Fotovoltaica em Minas Gerais** - Geração Distribuída, Solar Minas 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjNkM2I1YjltYmNmMy00MmQxLWFKYjltY2ZlZGJmYTliMDE0IiwidCI6Ijk3Mjk4Mjc4LTFiZDctNGFjNS05MzViLTg4YWRkZWY2MzZjYyIsImMiOiR9>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FILHO, D. O.; COSTA, R. C. da. Visão Geral da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. **Revista de Tecnologia Aplicada**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. **Energia solar: estimativa e previsão de potencial solar**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2019.

MELO, O. A. M. H. de. **Energia solar fotovoltaica: viabilidade econômico-financeira e socioambiental**. São Paulo: Editora Dialética, 2022.

PEREIRA, G.; ORTIGÃO, M. I. R. Pesquisa quantitativa em educação: algumas considerações. **Periferia**, v. 8, n. 1, p. 66-79, 2016. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/periferia/article/view/27341>. Acesso em: 3 fev. 2024.

SAMPIERI, R. H.; CALLADO, C. F.; LUCIO, M. del P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Penso 2013.

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: 17 jan. 2024.

STAKE, R. E. **Pesquisa qualitativa: estudando como as coisas funcionam**. São Paulo: Penso, 2011.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. 20 reimpr. São Paulo: Atlas, 2011.

VILLALVA, M. G. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.