

PANORAMA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL DA PÓS-GRADUAÇÃO ACERCA DOS ESTUDOS SOBRE COLETORES SOLARES

ANTONIO KARLOS ARAÚJO VALENÇA

Introdução

A utilização de fontes renováveis tem aumentado devido à pressão existente no desenvolvimento de processos de geração de energia, tendo como destaque o aproveitamento da energia solar (Sade et al., 2008). O Brasil é considerado uma potência para geração de energia solar possuindo cerca de 95% do seu território na região intertropical, no entanto os desafios são grandes, haja vista que o aproveitamento dos recursos naturais, muita das vezes torna-se inviável, devido aos custos dos equipamentos responsáveis pelo seu aproveitamento.

Problema de Pesquisa e Objetivo

A presente pesquisa tem o objetivo de realizar um levantamento da produção científica brasileira relacionada à pós-graduação acerca dos estudos que focam do desenvolvimento, eficiência e melhorias nos coletores solares. A partir de uma análise bibliométrica com a aplicação do método quantitativo-descritivo, verifica-se o progresso de pesquisas com temáticas consideradas importantes nos campos científicos. Para a análise das teses e dissertações, foram utilizadas os trabalhos defendidos nos últimos 10 anos (2012-2022).

Fundamentação Teórica

Existem dois tipos de coletores solares, concentrados e não-concentrados, sendo empregados dependendo da sua finalidade. Os coletores do tipo não-concentrados, destacam-se os coletores de placas planas (CPP), coletor de tubos evacuados ou tubos à vácuo (CTE) e, os concentrados são os chamados coletores de energia solar concentrada ou apenas, concentradores solares (CSP). A placa absorvedora ou superfície seletiva geralmente é utilizada em coletores do tipo CPP ou CSP, e, possui a função de transferir a energia térmica para o fluido que passa pela tubulação em cobre ou alumínio.

Metodologia

Na busca da identificação das teses e dissertações defendidas nos Programas de Pós-graduação, utilizou-se como termo de busca a palavra-chave “coletores solares”. Justifica-se o motivo de escolha do termo de busca, restringir trabalhos que tratem de outra forma de aproveitamento da energia solar, como por exemplo painéis fotovoltaicos. Dessa forma, a busca retornou um quantitativo de 166 trabalhos produzidos pelos programas de Pós-graduação desde 1987 registrado na plataforma. O primeiro refinamento dos dados para análise foi feito pelo recorte temporal dos últimos 10 anos (2012-2022).

Análise dos Resultados

Os resultados relatados apresentam uma produção considerável de estudos sobre coletores solares no Brasil nos últimos 10 anos, distribuídos pelas mais variadas áreas de conhecimento, mas apresentando uma maior abrangência na Grande Área das Engenharias, tendo uma média anual de 7 trabalhos defendidos. Das 30 instituições encontradas na pesquisa, 10 se destacaram por serem responsáveis por 69% das produções, sendo elas UFPB, UFMG, UNESP, UFRGS, UFC, UNA, USP, UNISINOS e UTFPR.

Conclusão

Com as breves reflexões e análises dos resultados, que certamente não esgotam as possibilidades de uma exploração mais aprofundada, verifica-se que a possibilidade de se medir a ciência, via comportamento da literatura, sendo também promissora na produção científica das teses e dissertações no Brasil em variados campos de conhecimento. Segundo Araújo e Alvarenga (2011), desde quando se começou a estudar e aplicar as leis bibliométricas, já se comentava que tais leis, incluindo seus enunciados tiveram contribuições de pesquisadores de campos diferenciados do conhecimento.

Referências Bibliográficas

Araújo, R. F., & Alvarenga, L. (2011). A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 16(31), 51-70.

Palavras Chave

Coletores Solares, Produção Científica, Pós-graduação

Agradecimento a órgão de fomento

O autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através da bolsa de doutorado.

PANORAMA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL DA PÓS-GRADUAÇÃO ACERCA DOS ESTUDOS SOBRE COLETORES SOLARES

1 INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energia tem sido o principal objetivo global, tendo em vista o aumento do consumo da sociedade com o intuito de prover suas necessidades. Segundo Pompeli et al. (2011), as Revoluções Industriais, séculos XVIII e XIX, tiveram um papel importante no aumento do consumo e exploração dos combustíveis fósseis que eram as principais fontes de energia. Ao longo dos anos, a humanidade veio utilizando sem precedentes os recursos naturais, até então infinitos, na busca dos avanços tecnológicos. Por conta desse alto consumo, as fontes energéticas foram se tornando cada vez mais escassas, conseqüentemente os impactos ambientais acabaram se agravando.

A utilização de fontes renováveis tem aumentado devido à pressão existente no desenvolvimento de processos de geração de energia, tendo como destaque o aproveitamento da energia solar (Sade et al., 2008). O Brasil é considerado uma potência para geração de energia solar possuindo cerca de 95% do seu território na região intertropical, no entanto os desafios são grandes, haja vista que o aproveitamento dos recursos naturais, muitas das vezes torna-se inviável, devido aos custos dos equipamentos responsáveis pelo seu aproveitamento.

As fontes de energias alternativas e renováveis, tais como solar, eólica e biomassa tem adquirido relevância nos estudos e pesquisas acerca de como essas formas de energias podem ser empregadas de forma viável explorando todo o seu potencial (Berizzi et al., 2015; Medeiros et al., 2017; Voinov et al., 2015). No aproveitamento da energia solar, a maneira mais simples e mais direta é através dos coletores solares, que realizam a conversão da radiação em energia térmica fornecendo calor a um determinado fluido de trabalho, de modo que o calor emitido pela radiação é utilizado no aquecimento de água residencial, geração de vapor, entre outras aplicações.

Segundo Jafarkazemie e Ahmadifard (2013), a eficiência energética é o parâmetro mais importante para a introdução, avaliação e comparação de sistemas térmicos, pois os coletores dependem dos parâmetros de fabricação e das perdas térmicas para o ambiente. Quanto maior a quantidade de energia que o fluido de trabalho conseguir absorver, maior será a eficiência térmica do coletor. Para aumentar o desempenho destes equipamentos, têm sido utilizadas novas técnicas, baseadas principalmente no aumento do coeficiente de transferência de calor entre a placa absorvedora e o fluido de trabalho, aumento da condutividade térmica do fluido de trabalho utilizando-se nano partículas e desenvolvimento de superfícies seletivas solares para maximizar a absorção da radiação e reduzir as perdas por reflexão (Suman, Khan & Pathak, 2015).

Tendo em vista a relevância do tema apresentado acima, a presente pesquisa tem o objetivo de realizar um levantamento da produção científica brasileira relacionada à pós-graduação acerca dos estudos que focam do desenvolvimento, eficiência e melhorias nos coletores solares. A partir de uma análise bibliométrica com a aplicação do método quantitativo-descritivo, verifica-se o progresso de pesquisas com temáticas consideradas importantes nos campos científicos. A análise das teses e dissertações, defendidas nos últimos 10 anos (2012-2022), envolveu as variáveis: ano, instituição, procedência geográfica, nível (mestrado ou doutorado) e área do conhecimento.

Tem-se o entendimento que os trabalhos de pós-graduação possuem grande relevância no sistema de Ensino Superior brasileiro e os programas de pós-graduação *Strictu sensu* tornaram-se o maior polo gerador da produção científica (Araújo & Alvarenga, 2011; Velloso, 2004; Población & Noronha, 2002). Portanto, o uso da bibliometria tem um papel relevante na

análise da produção científica de um país, uma vez que seus indicadores podem retratar o comportamento e desenvolvimento de uma área do conhecimento.

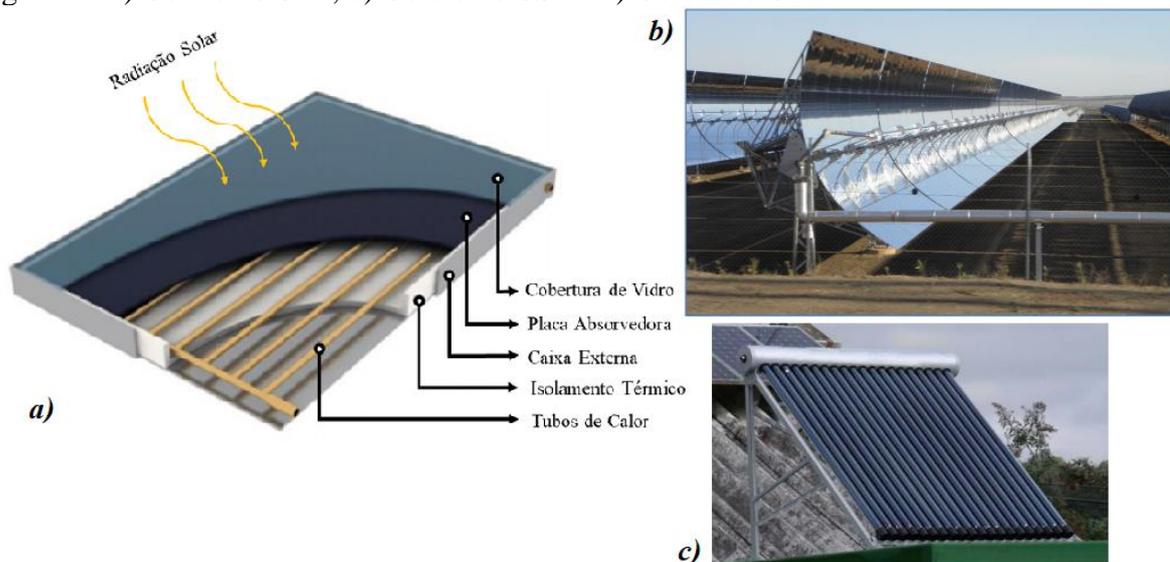
2 COLETORES SOLARES

A utilização de coletores solares desempenha um papel crucial na fomentação da sustentabilidade em várias esferas. A energia solar é uma fonte limpa e renovável, o que significa que sua utilização reduz significativamente as emissões de gases de efeito estufa em comparação com fontes de energia tradicionais, como o carvão e o petróleo. Isso é fundamental para combater as mudanças climáticas e limitar os impactos ambientais prejudiciais. Além disso, a energia solar oferece a oportunidade de alcançar a independência energética, permitindo que comunidades, empresas e até mesmo países se afastem de combustíveis fósseis importados, reduzindo a vulnerabilidade a flutuações nos preços do petróleo e interrupções no fornecimento de energia.

Basicamente, o princípio de funcionamento dos coletores solares consiste na absorção da radiação solar que incide sobre ele e transfere a energia para de um fluido de trabalho ou meio de armazenamento para uso posterior (Sahin et al., 2020). O coletor solar é composto por um envoltório transparente, geralmente de vidro, cujo objetivo é permitir a passagem da radiação solar criando um efeito estufa e reduzir as perdas por convecção, garantido assim o funcionamento adequado do sistema.

Existem dois tipos de coletores solares, concentrados e não-concentrados, sendo empregados dependendo da sua finalidade. Os coletores do tipo não-concentrados, destacam-se os coletores de placas planas (CPP), coletor de tubos evacuados ou tubos à vácuo (CTE) e, os concentrados são os chamados coletores de energia solar concentrada ou apenas, concentradores solares (CSP). A placa absorvedora ou superfície seletiva geralmente é utilizada em coletores do tipo CPP ou CSP, e, possui a função de transferir a energia térmica para o fluido que passa pela tubulação em cobre ou alumínio, e o isolamento evita a troca de calor para o ambiente. Já os coletores de sistema a vácuo (CTE) não possui ar entre o coletor solar e os tubos de vidro que protege o sistema, reduzindo assim as perdas de calor transferidas para o fluido. As ilustrações sobre esses coletores são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - a) Coletores CPP, b) Coletores CSP e c) Coletores CTE.



Fonte: Adaptado de Freitas (2017), Oliveira (2012) e Rosa (2012)

Nos coletores solares do tipo placa plana (CPP) a radiação solar atravessa a cobertura transparente e colide com a placa absorvedora, que absorve boa parte da energia incidente, transferindo-a para o meio de transporte nos tubos de escoamento que seguirão para armazenamento ou uso, destaca-se que a cobertura transparente é usada como forma de redução das perdas por convecção da placa absorvedora mediante a contenção de camada de ar estagnada entre a placa absorvedora e a cobertura (Kalogirou, 2004).

Já os coletores de tubos evacuados (CTE), o tubo de calor é colocado em uma aleta dentro de um tubo de vácuo, sendo conectado em um coletor com um fluido de trabalho, assim, quando o fluido no tubo de calor absorve energia e atinge o bulbo do tubo evacuado, passa a ocorrer uma transferência de calor entre o fluido de trabalho que flui no coletor e o bulbo do tubo evacuado (Sahin et al., 2020). O fluido no tubo de calor passa por um ciclo de evaporação-condensação, o calor evapora o líquido de forma que o vapor flui para o condensador onde libera o seu calor latente, em seguida o fluido condensado retorna ao tubo de calor e o processo é repetido (Kalogirou, 2004).

O coletor solar de calha parabólica (CSP) é um tipo de coletor concentrador. Gupta e Dixit (2021) descrevem que, na configuração deste tipo de coletor o tubo receptor está disposto ao longo do eixo focal da parábola para receber a energia solar. Esses coletores são constituídos por um material reflexivo com forma parabólica, e quando apontado para o sol, os raios paralelos incidentes são refletidos no tubo receptor (Kalogirou, 2004). O receptor absorve a radiação solar, e essa radiação concentrada aquece o fluido que se move através do tubo (Farhana et al., 2019).

No Brasil, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) avalia e classifica os coletores solares de acordo com a sua eficiência energética. Para se determinar a eficiência, é necessário que o coletor passe por uma série de avaliações e testes padronizados realizados em laboratórios credenciados pelo Inmetro. Os testes avaliam diversos parâmetros, tais como pressão hidrostática, estanqueidade e infiltração de água. Após estes testes, é realizado o ensaio de eficiência e, de acordo com os resultados obtidos, os coletores recebem uma classificação, que varia de A até E. O grau recebido depende da produção de energia mensal específica –PEMe.

Sahin et al. (2020) destaca como vantagens para o uso de coletores solares como técnica de geração de energia: ausência de emissões tóxicas, nenhuma degradação da terra, além de apresentar-se como solução para fornecimento de energia descentralizada, principalmente em áreas remotas. No entanto, os autores pontuam que a eficiência de coletores solares é comparativamente baixa, e nos últimos tempos, pesquisadores vêm realizando esforços para melhorar essa eficiência, como modificações em termos de materiais.

A instalação de coletores solares em edifícios e infraestruturas promove a sustentabilidade a nível local. A energia solar pode ser integrada em residências, empresas e instalações públicas, reduzindo o consumo de eletricidade da rede e, muitas vezes, permitindo que o excesso de energia seja devolvido à rede, contribuindo para a estabilidade do sistema elétrico. Isso não apenas reduz as contas de energia, mas também diminui a demanda por fontes de energia não renováveis. A sustentabilidade é, portanto, promovida ao nível do consumidor e da comunidade.

3 METODOLOGIA

O Catálogo de Teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) tem por função promover o acesso e a busca às diversas Teses e Dissertações defendidas junto aos Programas de Pós-graduação *Strictu Sensu* em todo o território brasileiro. Esse acesso só fora disponibilizado com a partir do ano de 2012 com criação da Plataforma Sucupira, onde também são disponibilizadas outras informações sobre a pós-graduação no Brasil. Neste sentido, existem dados de trabalhos que não foram detalhados na plataforma por

terem sido produzidos antes do período de lançamento da plataforma. As informações são fornecidas diretamente à Capes pelos programas de pós-graduação, que se responsabilizam pela veracidade dos dados.

Na busca da identificação das teses e dissertações defendidas nos Programas de Pós-graduação, utilizou-se como termo de busca a palavra-chave “coletores solares”. Justifica-se o motivo de escolha do termo de busca, restringir trabalhos que tratem de outra forma de aproveitamento da energia solar, como por exemplo painéis fotovoltaicos. Dessa forma, a busca retornou um quantitativo de 166 trabalhos produzidos pelos programas de Pós-graduação desde 1987 registrado na plataforma. O primeiro refinamento dos dados para análise foi feito pelo recorte temporal dos últimos 10 anos (2012-2022). Já o segundo refinamento, foi realizado de acordo com a leitura do título e resumo dos trabalhos, tendo em vista que alguns trabalhos estavam inseridos equivocadamente na busca. Assim, ao total foram analisados os dados de 77 trabalhos.

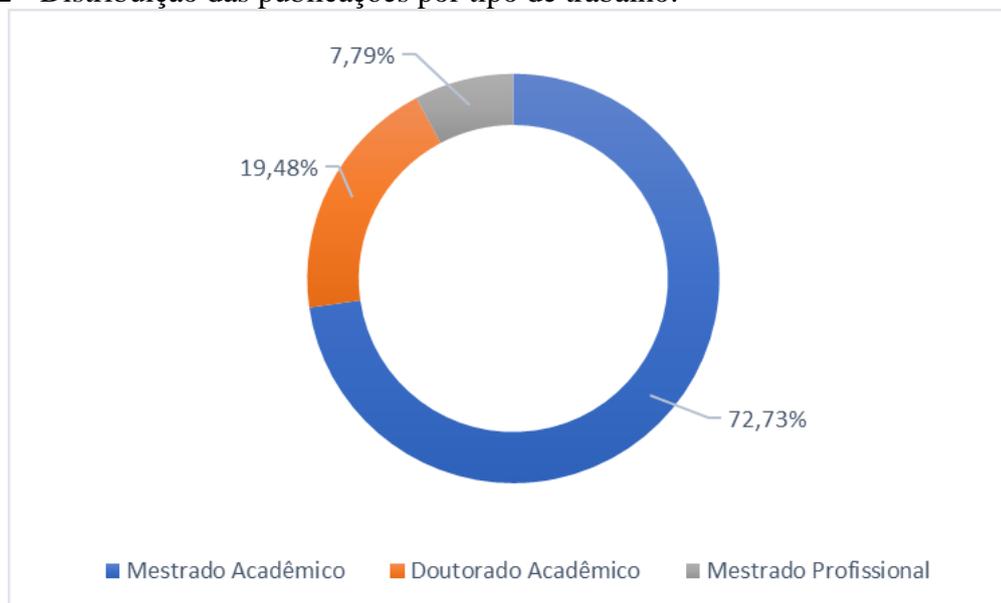
A catalogação dos trabalhos foi realizada via planilha eletrônica com os campos listados no portal: ano, instituição, área de avaliação, nível e área do conhecimento. Para complementar os dados foi acrescentado mais dois campos: região geográfica e gênero da autoria. Essas informações serviram de base para compor os resultados que irão ser apresentados posteriormente.

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES

A distribuição dos trabalhos publicados no portal do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES são apresentados na Figura 2. Os resultados dos 76 documentos relacionados ao tema coletores solares no banco de dados ao longo dos últimos 10 anos de pós-graduação foram classificados em 3 tipos de documentos.

Figura 2 - Distribuição das publicações por tipo de trabalho.



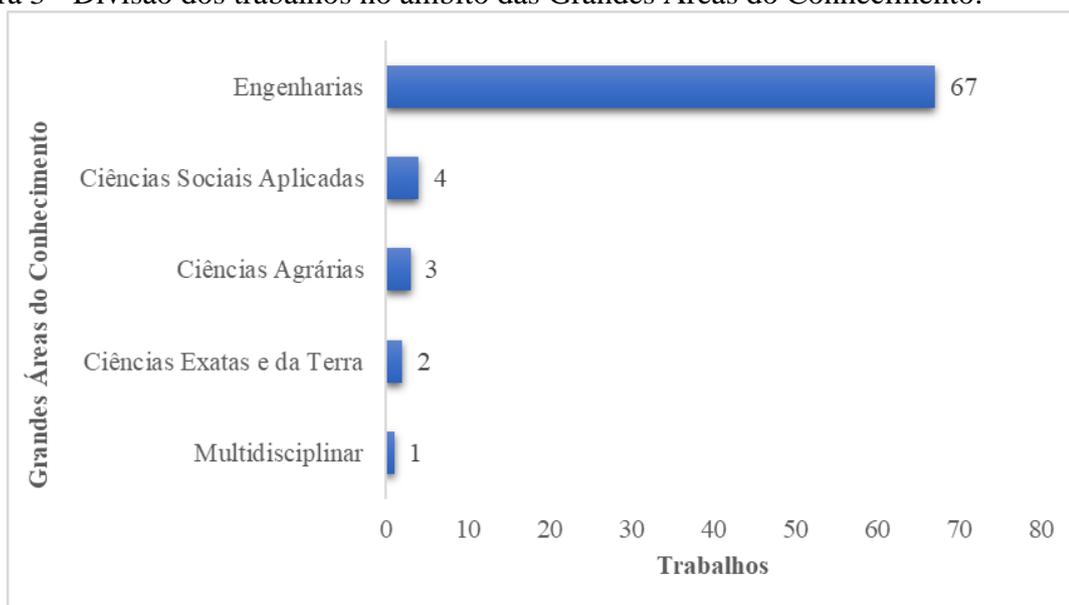
Fonte: Autor (2023)

O tipo de documento em destaque foi "Mestrado" com 72,73% (56 registros), logo após está "Doutorado" com 19,48% (15 registros) e "Mestrado Profissional" com 7,79% (6 registros). A quantidade de publicações referentes a dissertações pode ser explicada pelo fato de alguns programas de pós-graduação possuírem apenas este curso de *strictu sensu*. Além disso, o curso

de mestrado é indicado para quem deseja iniciar a carreira na vida acadêmica e aprofundar os estudos sobre determinados temas, ao contrário do curso de doutorado, que é formado por pesquisadores que já estão no âmbito da pesquisa acadêmica. Os cursos de mestrado e doutorado acadêmico já estão consolidados como formação de pesquisadores em algumas regiões do Brasil, como Sul, Sudeste e Nordeste. No entanto, o Mestrado Profissional é uma modalidade recente, aprovada por regulamentações e portarias no ano de 2017, tendo em vista a sua capacidade de formação mais técnica e voltada para o mercado profissional.

A Figura 3 mostra a divisão feita pela CAPES em relação às publicações categorizadas por Grandes Áreas do Conhecimento. Percebe-se que a área de destaque foi Engenharias com 67 registros, seguida de Ciências Sociais Aplicadas com 4 registros, Ciências Agrárias com 3 registros cada, Ciências Exatas e da Terra com 2 registros e, multidisciplinar com apenas 1 registro. Convém dizer que o maior quantitativo está centrado na Grande Área da Engenharias devido a temática da busca, tendo em vista que a grande maioria dos trabalhos apresentados buscaram apresentar soluções estruturais, processos de fabricação de materiais, testes experimentais que pudessem melhorar a eficiência dos coletores solares, seja do tipo placa plana ou tubo a vácuo, e das superfícies seletivas utilizadas como componente de absorção da radiação solar.

Figura 3 - Divisão dos trabalhos no âmbito das Grandes Áreas do Conhecimento.



Fonte: Autor (2023)

Atualmente, existem cerca de 3.649 cursos de mestrado acadêmico, 2.426 cursos de doutorado acadêmico e 852 mestrados profissionais no Brasil. Esses cursos também são categorizados por Área de Avaliação. A Tabela 1 apresenta os resultados oriundos da categorização pela Área de Concentração. A nomenclatura para o Mestrado Acadêmico é "ME", para o Doutorado é "DO" e Mestrado Profissional "MP". A área que mais desenvolveu trabalhos com o tema "Coletores Solares" foi a Engenharias III, com 53 publicações. De acordo com a classificação da CAPES, a Engenharias III é composta pelas áreas de conhecimento em Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Aeroespacial e Engenharia Naval e Oceânica. Além disso, vale ressaltar que a Engenharia de Energias Renováveis está inclusa na Engenharia Mecânica como uma área de estudo. Portanto, destas 51 publicações, 5 são do Mestrado em Engenharia de Energias Renováveis, tendo como destaque a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) com 4 trabalhos e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) com 1 trabalho. Os trabalhos desta área estão focados no processo de fabricação,

avaliação de tratamentos mecânicos, eficiência térmica e aprimoramento de superfícies seletivas de absorção solar.

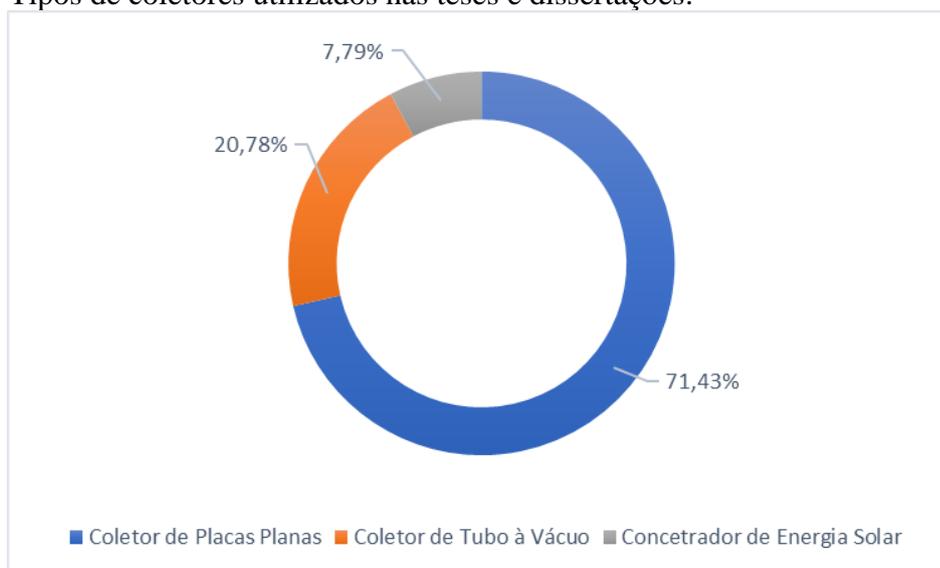
Tabela 1 - Número de trabalhos por Área de Avaliação.

Área de Avaliação	ME	DO	MP	Total
Administração Pública e de Empresas, Ciências Contábeis e Turismo	-	-	4	4
Astronomia/Física	1	-	-	1
Biotecnologia	1	-	-	1
Ciências Agrárias I	1	1	-	2
Ciências Ambientais	1	-	-	1
Engenharias I	2	1	-	3
Engenharias II	4	4	-	8
Engenharias III	43	9	1	53
Engenharias IV	3	-	1	4
Química	1	-	-	1
Total	56	15	6	77

Fonte: Autor (2023)

Outra área de destaque foi a Engenharias II com 8 trabalhos. Esta área é composta pela Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia de Minas, Engenharia Nuclear e Engenharia Química. Os trabalhos desta área concentraram esforços na obtenção e caracterização de novas superfícies seletivas com aplicações em coletores solares, através do processo de pinturas seletivas, sinterização de revestimentos e construção de bancadas experimentais para testes em campo. Nesta área destacam-se o Doutorado da Universidade Federal do Ceará (UFC) com 3 trabalhos e o Mestrado da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) com 2 trabalhos. A Engenharias IV é composta por Engenharia Elétrica e Engenharia Biomédica e obteve 4 trabalhos. Com 2 obras está a área de Ciências Agrárias I, composta por Agronomia, Engenharia Agrícola e Engenharia Florestal. A classificação Engenharias I é composta por Engenharia Civil, Engenharia de Transportes, Engenharia Sanitária e Engenharia Ambiental, com 4 publicações.

Figura 4 - Tipos de coletores utilizados nas teses e dissertações.



Fonte: Autor (2023)

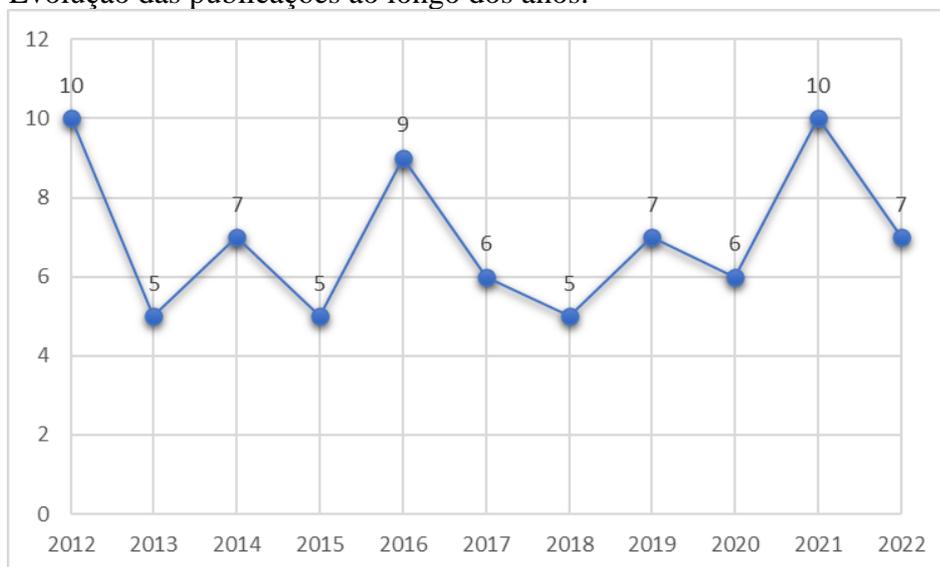
Sobre os tipos de coletores utilizados como foco de estudo nas teses e dissertações, destacam-se as pesquisas em Coletores Solares de Placas Planas (Figura 4), com 71,43%. Este tipo de coletor é projetado para operar em baixas temperaturas, cerca de até 100°C, por isso as pesquisas intensificam as buscas por melhorias nesses coletores para operarem com mais eficiência no aquecimento de água.

4.2 EVOLUÇÃO DAS PUBLICAÇÕES SOBRE COLETORES SOLARES

A tendência das publicações dos documentos avaliados com o tema relacionado a Coletores Solares no período de 2012-2022 onde as instituições brasileiras contribuíram para a produção científica nacional de pós-graduação é apresentada na Figura 5. Os anos com maior número de publicações são 2012 e 2021 com 10 trabalhos em cada ano. Em 2012 o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) disponibilizou a Portaria nº 352 que aprovava os requisitos gerais de certificação dos coletores solares, tendo em vista a importância da difusão da tecnologia de aquecimento solar para a matriz energética brasileira, apresentação dos requisitos mínimos para comercialização de equipamentos de aquecimento solar de água e adequação ao Programa de Avaliação da Conformidade para Equipamentos de Aquecimento Solar de Água para segurança do consumidor e para o meio ambiente. Pode-se dizer que essa portaria motivou os centros de pesquisa e universidades a intensificarem os estudos de aprimoramento e melhoria dos equipamentos de aquecimento de água via energia solar.

Uma hipótese para o quantitativo dos trabalhos no ano de 2021, foram as restrições ocasionadas da pandemia da COVID-19 (2020-2021), em que os centros de pesquisas e universidades tiveram que ser fechadas em 2020, trabalhando somente remotamente. Acredita-se que as defesas tiveram de ser adiadas para 2021, ocasionando esse quantitativo.

Figura 5 - Evolução das publicações ao longo dos anos.



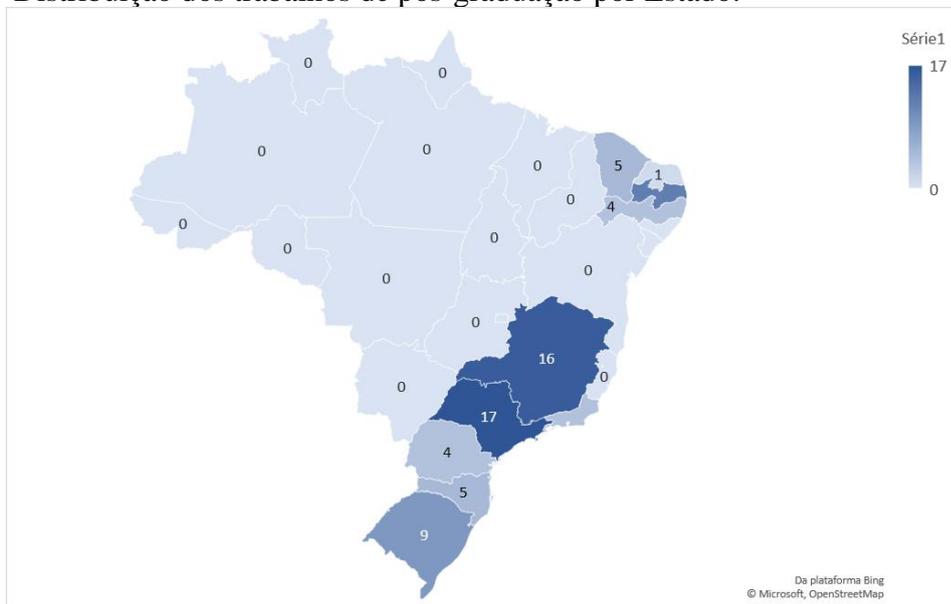
Fonte: Autor (2023)

4.3 DISTRIBUIÇÃO DAS PUBLICAÇÕES POR REGIÃO E INSTITUIÇÃO DE ENSINO

Os trabalhos também foram analisados por região no qual foi produzido. Das regiões brasileiras, a que obteve maior índice de publicações foi a região Sudeste com 48,05% (37 registros), seguida da região Nordeste com 28,57% (22 registros) e Região Sul com 23,38% (18 registros). As regiões que não apresentaram trabalhos para esta pesquisa foram a Região Centro-Oeste e Norte. A Figura 6 mostra os estados brasileiros que produziram teses e dissertações

sobre a temática em discussão. De todos os estados que produziram obras, o estado de São Paulo produziu 17 obras, seguido pelo estado de Minas Gerais com 16, Paraíba com 12, Rio Grande do Sul com 9, Ceará e Santa Catarina com 5 cada, Pernambuco, Paraná e Rio de Janeiro com 4 cada e Rio Grande do Norte com 1 trabalho somente.

Figura 6 - Distribuição dos trabalhos de pós-graduação por Estado.



Fonte: Autor (2023)

O quantitativo de publicações nos estados da região Sudeste pode ser justificado tendo em vista que nesta região possui o maior e mais completo Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) da América Latina, bem como as principais universidades do país, como USP, UNICAMP, UNESP, UFMG e UFRJ. Além disso, a pesquisa de Guedes et al. (2017) apresentou um panorama das empresas fabricantes de coletores no Brasil, sendo a concentração das empresas na Região Sudeste (90% da amostra), tendo a maioria delas localizada no Estado de São Paulo (55% das respostas válidas), seguido de Minas Gerais (35% dos respondentes), confirmando uma tendência de os fabricantes de coletores solares se instalarem nos centros industriais mais desenvolvidos, nos quais as condições de mercado favorecem o crescimento e a consolidação desse setor.

Foram identificadas 30 universidades que produziram pelo menos 1 trabalho sobre o tema em discussão. A Figura 7 mostra o ranking das 10 instituições mais prolíficas em pesquisas sobre coletores solares no Brasil responsáveis por 69% das teses e dissertações defendidas nos programas de pós-graduação. As informações detalhadas são apresentadas na Tabela 2.

Figura 6 - Top 10 de instituições que contribuíram com trabalhos de pós-graduação.



Fonte: Autor (2023)

Tabela 2 - Detalhamento das 5 instituições que produziram trabalhos sobre a temática.

Sigla	Instituição	Região	ME	DO	MP	Total
UFPB	Universidade Federal da Paraíba	Nordeste	9	3	-	11
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais	Sudeste	6	3	-	9
UNESP	Universidade Estadual Paulista	Sudeste	8	1	-	9
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Sul	4	-	-	5
UFC	Universidade Federal do Ceará	Nordeste	1	3	-	4
UNA	Centro Universitário UNA	Sudeste	-	-	3	3
ITA	Instituto Tecnológica da Aeronáutica	Sudeste	2	1	-	3
USP	Universidade de São Paulo	Sudeste	-	3	-	3
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos	Sul	3	-	-	3
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Sul	3	-	3	3

Fonte: Autor (2023)

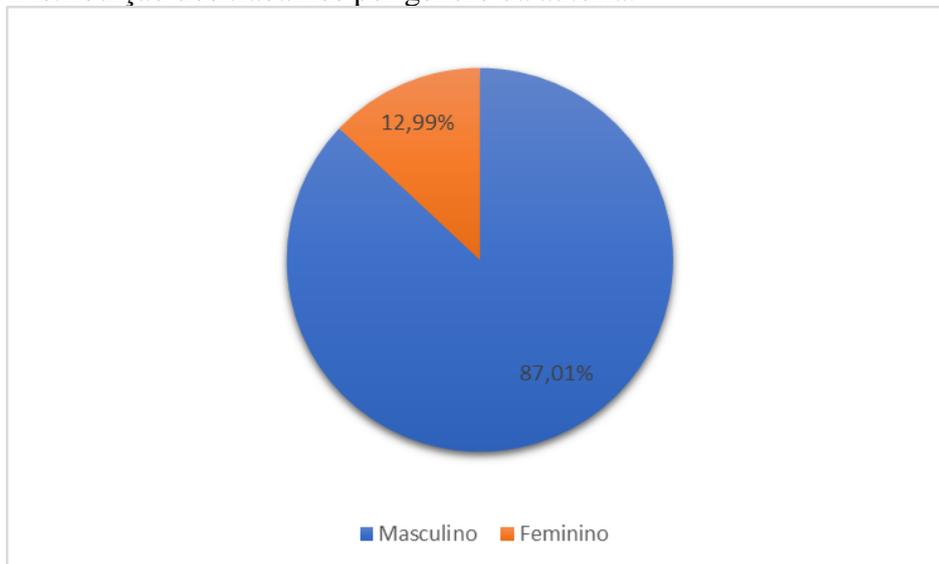
Na UFPB, destacam-se o Mestrado e Doutorado em Engenharia Mecânica e o Mestrado em Engenharia Energias Renováveis, onde, ambos possuem a linha de pesquisa de Materiais Aplicados às Energias Renováveis. Nesta linha são desenvolvidas pesquisas que visam o processo de fabricação e caracterização de superfícies seletivas para aplicações em Coletores Solares de placas planas. Na UFMG, destaca-se o curso de Mestrado e Doutorado em Engenharia Mecânica na linha de pesquisa em Energia e Sustentabilidade, onde são desenvolvidos trabalhos sobre Impacto Ambiental na Geração de Energia e Recursos Renováveis. Os trabalhos UNESP destacam-se no Mestrado em Engenharia Mecânica na linha de Energia. Na UFRGS destaca-se o Mestrado em Engenharia Mecânica com a linha de pesquisa em Energia, onde são concentradas as áreas de estudo em Energias Renováveis e Sistemas Térmicos utilizando coletores de tubos a vácuo. Por fim, na UFC destaca-se o Doutorado em Ciências e Engenharia dos Materiais na linha de pesquisa de Materiais Aplicados às Energias Renováveis.

4.4 AUTORIA DOS TRABALHOS

Relacionando o gênero da autoria com o quantitativo de trabalhos, pode-se notar que os pesquisadores do sexo masculino produziram cerca de 67 trabalhos (87,01%) e pesquisadoras

do sexo feminino produziram apenas 10 trabalhos (12,99%), conforme mostrado na Figura 8. Percebe-se também que ainda são poucas as mulheres inseridas nos programas de pós-graduação, tendo em vista que o maior quantitativo dos trabalhos foi produzido na Grande Área da Engenharias, precisamente nas Engenharia Mecânica (4 trabalhos) e Engenharia de Energias Renováveis (2 trabalhos).

Figura 7 - Distribuição dos trabalhos por gênero da autoria.



Fonte: Autor (2023)

5 CONCLUSÕES

Os resultados relatados apresentam uma produção considerável de estudos sobre coletores solares no Brasil nos últimos 10 anos, distribuídos pelas mais variadas áreas de conhecimento, mas apresentando uma maior abrangência na Grande Área das Engenharias, tendo uma média anual de 7 trabalhos defendidos. Das 30 instituições encontradas na pesquisa, 10 se destacaram por serem responsáveis por 69% das produções, sendo elas UFPB, UFMG, UNESP, UFRGS, UFC, UNA, USP, UNISINOS e UTFPR.

A região Sudeste representa 48,05% dos trabalhos que abordaram o tema, os demais 51,95% estão distribuídos entre as regiões Nordeste e Sul. Percebe-se o destaque da Região Sudeste do País por concentrar os trabalhos nos estados de São Paulo e Minas Gerais. No estado de São Paulo, 5 instituições foram responsáveis pelos 17 trabalhos produzidos pelo estado e 5 instituições de Minas Gerais responsáveis pelos 16 trabalhos do estado. Destaca-se também a UFRGS no Rio Grande do Sul com 9 trabalhos e a UFPB na Paraíba com 12 trabalhos.

As teses e dissertações produzidas na Grande área da Engenharia representaram 87,01% da produção total, tendo destaque para a área da Engenharia Mecânica com 39 trabalhos e Engenharia de Energias Renováveis com 5 trabalhos. Considera-se que a multiplicidade de áreas, além de revelar o crescimento da inserção da temática, pode indicar uma tendência de crescimento a abordagens ao tema.

Com as breves reflexões e análises dos resultados, que certamente não esgotam as possibilidades de uma exploração mais aprofundada, verifica-se que a possibilidade de se medir a ciência, via comportamento da literatura, sendo também promissora na produção científica das teses e dissertações no Brasil em variados campos de conhecimento. Segundo Araújo e Alvarenga (2011), desde quando se começou a estudar e aplicar as leis bibliométricas, já se comentava que tais leis, incluindo seus enunciados tiveram contribuições de pesquisadores de campos diferenciados do conhecimento.

Por fim, outros desdobramentos possíveis do presente estudo será a verificação dos assuntos tratados nas teses e dissertações e em outras orientações teóricas. Isso pode vir a ser feito por meio de análises dos títulos, palavras-chaves e resumos, acompanhadas de análises de conteúdo, tornando possível, assim, compreender um pouco mais sobre os estudos de aproveitamento de energia solar através dos coletores solares praticados no Brasil, usando técnicas bibliométricas, sua fundamentação e seu potencial para a avaliação da ciência.

REFERÊNCIAS

Araújo, R. F., & Alvarenga, L. (2011). A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 16(31), 51-70.

Berizzi, A., Bovo, C., Ilea, V., Merlo, M., Miotti, A., & Zanellini, F. (2015). Decentralized congestion mitigation in HV distribution grids with large penetration of renewable generation. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 71, 51-59.

Farhana, K., Kadirgama, K., Rahman, M. M., Ramasamy, D., Noor, M. M., Najafi, G., ... & Mahamude, A. S. F. (2019). Improvement in the performance of solar collectors with nanofluids—A state-of-the-art review. *Nano-Structures & Nano-Objects*, 18, 100276.

Freitas, D. L. A. (2017). Caracterização numérica e experimental de um coletor solar de placa plana. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa*.

Guedes, H. D. P., Ziviani, F., Paiva, R. V. C. D., Ferreira, M. A. T., & Herzog, M. D. M. (2017). Mensuração da capacidade absorptiva: um estudo nas empresas brasileiras fabricantes de coletores solares. *Gestão & Produção*, 24, 50-63.

Gupta, S. K., & Dixit, S. (2021). Progress and application of nanofluids in solar collectors: An overview of recent advances. *Materials Today: Proceedings*, 44, 250-259.

Jafarkazemi, F., & Ahmadifard, E. (2013). Energetic and exergetic evaluation of flat plate solar collectors. *Renewable energy*, 56, 55-63.

Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in energy and combustion science*, 30(3), 231-295.

Medeiros, I., Neto, J. S., Leite, K., Silva, A. K., & Gomes, K. C. (2017). Avaliação da interferência dos parâmetros de eletrodeposição nos níveis de absorção de superfícies seletivas. *Enciclopédia biosfera*, 14(26).

Oliveira, C. A. A. D. (2012). Modelagem Analítica de Uma Planta Termosolar Com Geração Direta de Vapor Em Coletores Cilindro Parabólicos. *Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife*.

Población, D. A., & Noronha, D. P. (2002). Produção das literaturas "branca" e "cinzenta" pelos docentes/doutores dos programas de pós-graduação em ciência da informação no Brasil. *Ciência da Informação*, 31, 98-106.

Pompelli, M. F., Orozco, A. J. J., Oliveira, M. T. de, Rodrigues, B. R. M., Barbosa, M. O., Santos, M. G., Oliveira, A. F. M. De, Almeida-cortez, J. S. de, 2011. Crise Energética Mundial e o Papel do Brasil na Problemática de Biocombustíveis, *Agronomia Colombiana*, Bogotá, vol. 29, n. 2, p. 361-371.

Rosa, F. N. D. (2012). Aplicabilidade de coletores solares com tubo evacuado no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Sade, W., Miranda, D. O., Santana, R. J., Guimarães, G. R., & Branco, J. R. T. (2008). Produção de Superfícies Seletivas por Magnetron Sputtering para Aplicações Fototérmicas. *Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo*, 27(3), 125-131.

Sahin, A. Z., Uddin, M. A., Yilbas, B. S., & Al-Sharafi, A. (2020). Performance enhancement of solar energy systems using nanofluids: An updated review. *Renewable Energy*, 145, 1126-1148.

Suman, S., Khan, M. K., & Pathak, M. (2015). Performance enhancement of solar collectors—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 192-210.

Velloso, J. (2004). A pós-graduação no Brasil: formação e trabalho de mestres e doutores no país. *Cadernos de Pesquisa*, 34(122), 517-517.

Voinov, A., Arodudu, O., van Duren, I., Morales, J., & Qin, L. (2015). Estimating the potential of roadside vegetation for bioenergy production. *Journal of cleaner production*, 102, 213-225.