

**ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE MATERIAIS ÁLCALI-ATIVADOS  
E GEOPOLIMÉRICOS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL**

**RAÍZA DE OLIVEIRA MACHADO BORGES**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
SETEMBRO – 2023**

# **ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE MATERIAIS ÁLCALI-ATIVADOS E GEOPOLIMÉRICOS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL**

**RAÍZA DE OLIVEIRA MACHADO BORGES**

“Dissertação apresentada ao PPGEC - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil”.

Orientador: Dylmar Penteado Dias

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
SETEMBRO – 2023**

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
UENF - Bibliotecas  
Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

B732      Borges, Raíza de Oliveira Machado.

Estudo bibliométrico sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na região sudeste do Brasil / Raíza de Oliveira Machado Borges. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

149 f.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, 2023.

Orientador: Dylmar Penteado Dias.

1. estudo bibliométrico. 2. geopolímeros. 3. materiais álcali-ativados. 4. Região Sudeste. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 624

# ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE MATERIAIS ÁLCALI-ATIVADOS E GEOPOLIMÉRICOS NA REGIÃO SUDESTE

**RAÍZA DE OLIVEIRA MACHADO BORGES**

“Dissertação apresentada ao PPGEC - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil”.

Aprovada em 01 de setembro de 2023.

Comissão Examinadora:



---

Prof. Luis Fernando Maia Lima, D. Sc. – UNIR



---

Prof. André Luis Christoforo, D. Sc. – UFSCar



---

Prof. Afonso Rangel Garcez de Azevedo, D. Sc. – UENF



---

Prof. Dylmar Penteado Dias, D.Sc. – UENF

Orientador

## DEDICATÓRIA

À minha avó Luzia (*in memoriam*), que nos deixou durante a realização deste trabalho e minha tia Sandra (*in memoriam*), que sonhou este sonho comigo e que sempre me incentivou em tudo. Vocês são parte disso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me permitiu realizar mais este sonho. Quando pensei em desistir do mestrado, Ele me mostrou que sou capaz.

Agradeço aos meus pais, Adelino e Vilma, por todo apoio e incentivo durante minha caminhada acadêmica e em mais essa etapa concluída.

Agradeço às minhas irmãs, Raiane e Ruani, que sempre me motivaram e torceram por mim; ao meu irmão, Iram, que mesmo distante, sempre esteve presente na minha vida; e a todos os meus familiares e amigos.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dylmar Penteado Dias, pelos conhecimentos compartilhados, direcionamentos e pela sensibilidade em diversos momentos na orientação deste trabalho. Meu sincero obrigada.

Aos amigos que fiz durante o mestrado, mesmo aqueles que só conheci *online*, que me ajudaram desde o início e fizeram parte desse importante momento da minha vida.

À FAPERJ pelo fomento da minha bolsa de mestrado.

Muito obrigada!

## RESUMO

Os materiais álcali-ativados e geopoliméricos apresentam potenciais aplicações como aglomerantes alternativos ao cimento Portland, podendo ser utilizados em concretos simples, componentes de concreto pré-moldado, argamassas, rejuntas, entre outros. Assim, esta pesquisa visa identificar as produções acadêmicas sobre esses materiais nos cursos de mestrado e doutorado *stricto sensu* de instituições de ensino superior (IES) públicas, e algumas particulares, da Região Sudeste do Brasil, por meio de um estudo bibliométrico de dissertações, teses e artigos produzidos. Optou-se pela região sudeste por contar com o maior número cursos de pós-graduação e ser a região onde está localizado o Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UENF. Desta forma, foi feito inicialmente um levantamento dos cursos na Plataforma Sucupira em áreas do conhecimento específicas (Química, Engenharia Civil e Engenharia de Materiais) e, posteriormente, busca nos endereços eletrônicos institucionais, bem como outros meios disponíveis, por dissertações e teses relacionadas ao tema. Os trabalhos que se enquadraram na temática foram analisados e o currículo Lattes dos orientadores/coorientadores foram utilizados na busca de artigos publicados sobre o tema. Os resultados mostraram que a Região Sudeste tem realizado pesquisas sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, e que estas pesquisas tiveram início no Rio de Janeiro, no IME em 1999, e se expandiram posteriormente para outros estados. Não foram encontrados trabalhos no Espírito Santo. O Rio de Janeiro apresentou-se como o estado que mais produziu sobre esses materiais (40,95%), seguido pelo estado de Minas Gerais (37,15%) e, por último, São Paulo (21,90%). Em Minas Gerais, o Cefet-MG foi a IES que mais produziu dissertações/teses (44%); no Rio de Janeiro, a UENF (49%); e em São Paulo, a UNESP de Ilha Solteira (44%). De todo o Sudeste, a UENF foi a IES mais produtiva (20%) dentre a analisadas. Pastas foram os materiais mais estudados nas pesquisas (44,62%); o precursor mais empregado foi o metacaulim; e o ativador alcalino foi a composição silicato de sódio + hidróxido de sódio. Foi identificada uma tendência na distribuição das resistências à compressão aos 28 dias alcançadas na pesquisas da região sudeste, sendo 99,39MPa a maior resistência à compressão alcançada. A falta de padronização das dosagens e a elevada opção de matérias-primas como precursores e ativadores dificultou a comparação dos resultados encontrados de resistência à compressão e a elaboração de um método de dosagem. Em relação aos artigos publicados em periódicos, concluiu-se que as teses e dissertações desenvolvidas sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados têm possibilitado publicações com diversas classificações Qualis-CAPES em diversas revistas nacionais e internacionais. Constatou-se ainda que o cenário das correlações entre autores desses artigos encontra-se disperso, com quatro grupos maiores de pesquisadores que são coautores nos mesmos documentos, e a sua maioria, de coautores, que relacionam-se com uma quantidade pequena de outros pesquisadores. Ambos os grupos identificados também não se relacionam entre si. Por fim, conclui-se que a bibliometria é eficaz na elaboração do estado da arte e na propagação do conhecimento, pois os resultados permitiram avaliar o cenário sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na Região Sudeste do Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estudo bibliométrico; geopolímeros; materiais álcali-ativados; Região Sudeste.

## ABSTRACT

Alkali-activated and geopolymeric materials have potential applications as alternative binders to Portland cement, and can be used in simple concrete, precast concrete components, mortars, grouts, among others. Therefore, this research aims to identify academic productions on alkali-activated and geopolymeric materials in *stricto sensu* master's and doctoral courses at public and some private higher education institutions (HEIs) of the Southeast Region of Brazil, through a bibliometric study of dissertations, theses and manuscripts produced. The southeast region was chosen because it has the largest number of postgraduate courses and is the region where UENF's Civil Engineering Postgraduate Program is located. Initially, we conducted a data survey of courses on the Sucupira Platform in specific areas of knowledge (Chemistry, Civil Engineering and Materials Engineering). Subsequently, we searched for dissertations and theses related to this theme on institutional electronic addresses and other available means. We analyzed the works that fit the theme and used the *curriculum vitae* of the supervisors/co-supervisors (available in the Lattes platform) in search of articles published on the subject. The results showed that there is research on geopolymers and alkali-activated materials done in the Southeast Region, in the states of Minas Gerais, Rio de Janeiro, and São Paulo. This research began in Rio de Janeiro in 1999, at IME, and expanded later to other states. No works were found in Espírito Santo. Rio de Janeiro was the state that most published about these materials (40.95%), followed by the state of Minas Gerais (37.15%) and lastly, São Paulo (21.90%). In Minas Gerais, Cefet-MG was the HEI that most produced dissertations/theses (44%); in Rio de Janeiro, UENF (49%); and in São Paulo, UNESP located in Ilha Solteira city (44%). From the entire Southeast, UENF was the most productive HEI (20%) among those analyzed. Pastes were the most studied materials in the surveys (44.62%); the most used precursor was metakaolin; and the alkaline activator was the sodium silicate + sodium hydroxide composition. We identified a trend in the distribution of the compressive strength at 28 days in southeast region research, with 99,39MPa being the highest resistance to analysis achieved. The lack of standardization of dosages and the high choice of raw materials such as precursors and activators made it difficult to compare the resistance results found with the forecast and to elaborate a dosage method. Regarding the journal articles, we concluded that the theses and dissertations have enabled publications with different Qualis-CAPES classifications in different national and international journals. We found that the scenario of correlations between authors of these articles is dispersed, with four larger groups of researchers who are co-authors in the same documents, and the majority of co-authors, who relate to a small number of other researchers. Both groups identified are also not related to each other. Finally, we concluded that bibliometrics is effective in finding the state of the art about a theme and in the propagation of knowledge since the results allowed the evaluation of the scenario regarding alkali-activated and geopolymeric materials in the Southeast Region of Brazil.

**KEYWORDS:** Bibliometric study; geopolymers; alkali-activated materials; Southeast region.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Classificação dos polissialatos (DAVIDOVITS, 2002).....	07
Figura 2.2 - Aeroporto em Brisbane (GEOPOLYMER INSTITUTE, 2014) .....	10
Figura 2.3 - Aplicações e geopolímeros: a) Pavimentação; (b) painéis pré-moldados Aplicações de geopolímeros: (a) Pavimentação; (b) painéis pré-moldados em pontes (THE ZEOBOND GROUP, 2022b).....	10
Figura 2.4 - Geopolímeros em construções brasileiras: (a) Templo de Salomão (TEMPLO DE SALOMÃO, 2022); (b) painel do restaurante Manish (ODVO AQUITETURA E URBANISMO, 2022).....	11
Figura 2.5 - Amostra de literatura segundo o ano de publicação (ZAKKA <i>et. al</i> , 2021) .....	22
Figura 2.6 - Visualização das principais nações participantes sobre geopolímeros (Yang <i>et. al.</i> , 2022).....	25
Figura 3.1 - Fluxograma: definição da pesquisa (elaborado pela autora, 2023). ....	27
Figura 3.2 - Esquema: base de dados (elaborado pela autora, 2023). ....	30
Figura 3.3 - Busca por programas: Plataforma Sucupira (CAPES, 2022e).....	31
Figura 3.4 - Busca por trabalhos: catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (CAPES, 2022a).....	33
Figura 3.5 - Filtros de busca por trabalhos: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (CAPES).....	33
Figura 3.6 - Busca por trabalhos: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (IBICT, 2022).....	34
Figura 3.7 - Filtro de busca por trabalhos: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (IBICT, 2022.....	35
Figura 3.8 - Interface Periódicos CAPES: Acesso CAFe (CAPES, 2023).....	37
Figura 3.9 - Acesso remoto via CAFe (CAPES, 2023).....	38
Figura 3.10 - Portal Periódicos CAPES: acesso remoto via CAFe (CAPES, 2023)...	38
Figura 3.11 - Lista de bases: acesso remoto via CAFe (CAPES, 2022f). ....	38
Figura 3.12 - Interface de busca: <i>Web of Science</i> (CLARIVATE ANALYTICS, 2023).....	39
Figura 3.13 - Fragmento do VOSViewer (CLARIVATE ANALYTICS, 2023).....	40
Figura 3.14 - Fluxograma das etapas da metodologia utilizada no presente estudo (elaborado pela autora, 2023).....	42

Figura 4.1 - Teses/dissertações produzidas ao longo dos anos em Minas Gerais....	58
Figura 4.2 - Teses/dissertações produzidas ao longo dos anos no Rio de Janeiro...	59
Figura 4.3 - Teses/dissertações produzidas ao longo dos anos em São Paulo .....	61
Figura 4.4 - Teses/dissertações produzidas ao longo dos produzidas ao longo dos anos na Região Sudeste do Brasil .....	62
Figura 4.5 - Linha do tempo de pesquisas sobre materiais álcali-ativados/geopoliméricos na Região Sudeste.....	64
Figura 4.6 - Número de dissertação/tese sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados por estado da Região Sudeste do Brasil).....	65
Figura 4.7 - Produção por IES no estado de Minas Gerais .....	66
Figura 4.8 - Produção por IES no estado do Rio de Janeiro .....	67
Figura 4.9 - Produção por IES no estado de São Paulo.....	68
Figura 4.10 - Produção por IES em porcentagem na Região Sudeste do Brasil.....	68
Figura 4.11 - Materiais estudados nas pesquisas em porcentagem na Região Sudeste do Brasil... ..	69
Figura 4.12 - Precursores utilizados por número de trabalhos no estado de Minas Gerais.....	71
Figura 4.13 - Ativadores utilizados por número de trabalhos no estado de Minas Gerais.....	71
Figura 4.14 - Precursores utilizados por número de trabalhos no estado do Rio de Janeiro.....	72
Figura 4.15 - Ativadores utilizados por número de trabalhos no estado do Rio de Janeiro .....	73
Figura 4.16 - Precursores utilizados por número de trabalhos no estado de São Paulo.....	73
Figura 4.17 - Ativadores utilizados por número de trabalhos no estado de São Paulo.....	74
Figura 4.18 - Precursores utilizados por número de trabalhos na Região Sudeste do Brasil .....	75
Figura 4.19 - Ativadores utilizados por número de trabalhos na Região Sudeste do Brasil .....	76
Figura 4.20 - Relação resistência à compressão aos 28 dias e dosagens de Minas Gerais.....	78
Figura 4.21 - Relação resistência à compressão aos 28 dias e dosagens do Rio de	

Janeiro. ....	80
Figura 4.22 - Relação resistência à compressão aos 28 dias e dosagens de São Paulo. ....	83
Figura 4.23 - Rede de coautoria de artigos sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos da região sudeste do Brasil. ....	89
Figura 4.24 - Grupo 1 de <i>clusters</i> de coautoria. ....	90
Figura 4.25 - Grupo 2 de <i>clusters</i> de coautoria. ....	92
Figura 4.26 - Grupo 3 de <i>clusters</i> de coautoria. ....	93
Figura 4.27 - Grupo 4 de <i>clusters</i> de coautoria. ....	94

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Países com maior quantidade de pesquisas (ZAKKA; LIM; KHUN, 2021).....	23
Tabela 4.1 - Programas de pós-graduação na Região Sudeste.....	43
Tabela 4.2 - Quantitativo geral dos programas de pós-graduação.....	48
Tabela 4.3 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: Minas Gerais.....	50
Tabela 4.4 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: Rio de Janeiro. ....	52
Tabela 4.5 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: São Paulo .....	54
Tabela 4.6 - Identificação das dosagens dos trabalhos de Minas Gerais. ....	78
Tabela 4.7 - Identificação das dosagens dos trabalhos do Rio de Janeiro. ....	80
Tabela 4.8 - Identificação das dosagens dos trabalhos de São Paulo.....	83
Tabela 4.9 - Artigos vinculados a dissertações e teses por estado na Região Sudeste .....	86
Tabela 4.10 - Número de artigos publicados por revista Região Sudeste.....	87
Tabela 4.11 - Produção de teses/dissertações na Região Sudeste fora do recorte temporal. ....	97
Tabela 4.12 - Produção de teses/dissertações na Região Sudeste fora das áreas estabelecidas. ....	99

# SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2	MOTIVAÇÃO.....	2
1.3	JUSTIFICATIVAS.....	3
1.4	OBJETIVOS.....	4
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>4</b>
1.5	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	5
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
2.1	MATERIAIS ÁLCALI-ATIVADOS E GEOPOLIMÉRICOS.....	6
2.2	BIBLIOMETRIA.....	11
2.3	BIBLIOMETRIA SOBRE MATERIAIS ÁLCALI-ATIVADOS GEOPOLIMÉRICOS.....	21
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
3.1	BASE DE DADOS.....	28
<b>3.1.1</b>	<b>Teses e dissertações.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Artigos.....</b>	<b>29</b>
3.2	COMPOSIÇÃO DO PORTFÓLIO.....	30
<b>3.2.1</b>	<b>Programas de pós-graduação.....</b>	<b>30</b>
3.2.1.1	<i>Plataforma Sucupira.....</i>	30
<b>3.2.2</b>	<b>Teses e dissertações.....</b>	<b>32</b>
3.2.2.1	<i>Endereço eletrônico das instituições de ensino superior.....</i>	32
3.2.2.2	<i>Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES.....</i>	32
3.2.2.3	<i>Biblioteca Digital de Teses e Dissertações.....</i>	34
3.2.2.4	<i>Plataforma LATTES.....</i>	35
3.2.2.5	<i>Google.....</i>	36
3.2.2.6	<i>Outros meios.....</i>	36
<b>3.2.3</b>	<b>Artigos.....</b>	<b>36</b>
3.2.3.1	<i>Plataforma LATTES.....</i>	36
3.2.3.2	<i>Web of Science.....</i>	37
3.2.3.3	<i>VOSViewer.....</i>	40

3.3	ESTUDO BIBLIOMÉTRICO.....	41
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>43</b>
4.1	PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO.....	43
4.2	TESES E DISSERTAÇÕES.....	49
<b>4.2.1</b>	<b>Produções por estado.....</b>	<b>50</b>
4.2.1.1	<i>Minas Gerais.....</i>	50
4.2.1.2	<i>Rio de Janeiro.....</i>	52
4.2.1.3	<i>São Paulo.....</i>	54
<b>4.2.2</b>	<b>Produções ao longo do tempo.....</b>	<b>57</b>
4.2.2.1	<i>Minas Gerais.....</i>	58
4.2.2.2	<i>Rio de Janeiro.....</i>	59
4.2.2.3	<i>São Paulo.....</i>	60
4.2.2.4	<i>Região Sudeste.....</i>	61
<b>4.2.3</b>	<b>Estados mais produtivos.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Instituições mais produtivas.....</b>	<b>65</b>
4.2.4.1	<i>Minas Gerais.....</i>	65
4.2.4.2	<i>Rio de Janeiro.....</i>	66
4.2.4.3	<i>São Paulo.....</i>	67
4.2.4.4	<i>Região Sudeste.....</i>	68
<b>4.2.5</b>	<b>Materiais mais estudados.....</b>	<b>69</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Ativadores e precursores mais utilizados.....</b>	<b>70</b>
4.2.6.1	<i>Minas Gerais.....</i>	70
4.2.6.2	<i>Rio de Janeiro.....</i>	72
4.2.6.3	<i>São Paulo.....</i>	73
4.2.6.4	<i>Região Sudeste.....</i>	74
<b>4.2.7</b>	<b>Resistência à compressão aos 28 dias.....</b>	<b>77</b>
4.2.7.1	<i>Minas Gerais.....</i>	77
4.2.7.2	<i>Rio de Janeiro.....</i>	80
4.2.7.3	<i>São Paulo.....</i>	83
4.3	ARTIGOS.....	85
<b>4.3.1</b>	<b>Artigos resultantes de teses e dissertações.....</b>	<b>85</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Revistas que publicam sobre materiais álcali-ativados geopoliméricos.....</b>	<b>86</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Análise de coautoria.....</b>	<b>88</b>

4.4	RESULTADO GERAL.....	95
4.5	TRABALHOS FORA DO RECORTE DA PESQUISA.....	96
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>101</b>
5.1	CONCLUSÕES.....	101
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	103
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>105</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Por muito tempo o meio ambiente foi visto como reservatório de matérias-primas que poderiam ser facilmente extraídas, sem fiscalização ou consciência ambiental da sociedade. No entanto, essa demanda por parte do mundo industrializado acarretou consequências graves e significativos impactos ambientais. Com o objetivo de mitigar os efeitos danosos causados pela indústria da construção civil ao meio ambiente, o homem vem buscando materiais alternativos que possam minimizar o índice de poluição na natureza.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2021) o cimento é o segundo material com maior índice de consumo mundial, perdendo apenas para a água, e com perspectivas de consumo cada vez maiores. É o principal aglomerante utilizado em concretos e argamassas convencionais; contudo, provém de um processo altamente poluente e que envolve intenso consumo energético, com emissões de cerca de 7% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera (HUYNH; VO; HWANG, 2018). Somados à essa problemática, há a preocupação ainda de ocorrer a indisponibilidade de matérias-primas constituintes do cimento Portland no futuro. Nesse sentido, surge a necessidade por materiais alternativos, como os álcali-ativados.

Ativação alcalina corresponde à expressão geral usada para a reação de um precursor (um aluminossilicato sólido) com ativadores alcalinos para se obter um ligante, baseado em aluminossilicato alcalino hidratado (MASI; MANZI; BIGNOZZI, 2020). Segundo Davidovits (1994), geopolímero (classe específica de materiais álcali-ativados) refere-se a um produto originado de uma reação específica entre um aluminossilicato sólido (precursor) e uma solução ativadora alcalina.

Os materiais álcali-ativados possuem propriedades interessantes, como: resistência à compressão, tanto inicial quanto final; resistência à altas temperaturas, incluindo propriedades de isolamento térmico; baixa permeabilidade; e baixa emissão de CO<sub>2</sub> (PROVIS e BERNAL, 2014). De acordo com Wu *et al.* (2019), o campo de aplicação desses materiais é muito vasto. E, além das características favoráveis à substituição aos materiais à base de cimento Portland, os geopolímeros



apresentam também condições atraentes em termos de mercado, principalmente por serem obtidos a partir de resíduos agroindustriais, como cinzas volante, do bagaço de cana-de-açúcar e da casca do arroz, escória de alto forno, entre outros.

Por poderem ser produzidos a partir de inúmeros constituintes, como precursores e ativadores, as dosagens utilizadas e as propriedades dos materiais produzidos também acabam sendo diversificadas. Assim, diante das considerações apontadas, torna-se interessante reunir informações sobre como esses materiais têm sido abordados no meio acadêmico, sendo a bibliometria um dos meios apropriados para se atingir tal desiderato.

A bibliometria consiste na aplicação de técnicas quantitativas, cujo objetivo é analisar a produção acadêmica sobre um determinado tema em questão. De acordo com Ferreira e Silva (2019), estudos bibliométricos envolvem uma gama enorme e distintas maneiras de se abordar as principais características e informações relevantes ao assunto pesquisado.

No Brasil, estudos bibliométricos iniciaram-se na década de 70 em pesquisas desenvolvidas pelo IBBD – Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação, hoje denominado IBICT – Instituto Brasileiro de Informação Científica e Tecnológica e, atualmente, vem sendo utilizada em diversas áreas do conhecimento científico com a finalidade do levantamento estatístico de avaliação da produção científica (SANTOS; GASPARI; MARQUES, 2016).

Assim, o presente estudo concentra-se em realizar um estudo bibliométrico sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos nos cursos de mestrado e doutorado da Região Sudeste do Brasil, por ser a região com o maior número de cursos de pós-graduação do país e por abrigar o curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da UENF, de forma que seja possível reunir informações sobre o que tem sido produzido no meio acadêmico, contribuindo com pesquisadores e futuros estudos sobre a temática.

## 1.2 MOTIVAÇÃO

A principal motivação deste trabalho consiste em conhecer o que tem sido produzido sobre tais materiais no Sudeste do Brasil, bem como reunir informações sobre quem produz, onde produz, o que produz e quanto produz, principalmente no

sentido de auxiliar outros pesquisadores na realização de seus estudos. Sabe-se, no entanto, que ainda não há pesquisas que analisem tais produções acadêmicas em nenhuma região do Brasil; dessa forma, este trabalho propõe contribuir com uma visão do que tem sido produzido na Região Sudeste, por ser esta onde há a maior concentração de programas de pós-graduação *stricto sensu* do país e, também, por ser a região onde se encontra o curso de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UENF. É importante ressaltar ainda que esta mesma análise está sendo desenvolvida para outras regiões do país por outros mestrados da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), com o objetivo de futuramente ter-se uma visão do cenário nacional sobre os estudos destes materiais aglomerantes alternativos.

Materiais álcali-ativados e geopoliméricos têm despertado rapidamente o interesse das pessoas na finalidade de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> (PROVIS, 2014; PACHECO-TORGAL *et al.*, 2017; SHI; QU; PROVIS, 2019; SINGH e MIDDENDORF, 2020). E, devido às inúmeras vantagens que apresentam, motivam ainda mais a realização de pesquisas nessa temática, como é o caso do presente estudo.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS

Reunir informações sobre a produção científica dos materiais álcali-ativados e geopoliméricos torna-se relevante, uma vez que eles têm ganhado cada vez mais destaque no cenário da construção civil como alternativa ao cimento Portland convencional (PROVIS, 2018). Optou-se por realizar o presente estudo, inicialmente, na Região Sudeste, por ser a região mais populosa do Brasil (IBGE, 2020) e com o maior número de cursos de pós-graduação *stricto sensu* (CAPES, 2022c). De acordo com os dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) divulgados pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais estão entre os cinco primeiros estados com maior número de estudantes de doutorado e mestrado do país (BRASIL, 2022).

Esta pesquisa concentra-se na análise de dissertações/teses de Instituições de Ensino Superior (IES) públicas, pois conforme aponta a UNIFESP – Universidade Federal do Estado de São Paulo (2019), as universidades públicas são responsáveis

por mais de 95% da produção de ciência no Brasil; podendo, entretanto, haver exceções para instituições particulares que realizam pesquisas acadêmicas, a exemplo da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Além disso, o constante crescimento das produções científicas desperta a necessidade de os pesquisadores desenvolverem estudos com o objetivo de identificar com estão sendo desenvolvidas e difundidas essas pesquisas. Estudos bibliométricos têm a importância de permitir uma visão resumida e sistematizada dessa produção, facilitando o entendimento e, até mesmo, apontando futuros caminhos de pesquisa.

## 1.4 OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivos os indicados a seguir.

### 1.4.1 Objetivo geral

Identificar o cenário atual das produções acadêmicas sobre materiais alcali-ativados e geopoliméricos nos cursos de mestrado e doutorado *stricto sensu* de IES públicas e, também, de algumas particulares, da Região Sudeste do Brasil, por meio de um estudo bibliométrico sobre dissertações, teses e artigos produzidos nesta importante região do país, bem como,

### 1.4.2 Objetivos específicos

Para se alcançar o objetivo principal, fez-se necessário:

- identificar os materiais mais estudados nas pesquisas na Região Sudeste;
- identificar os ativadores e percursores mais estudados por estado e em toda a Região Sudeste;
- identificar se há uma tendência quanto à resistência à compressão aos 28 dias em relação às dosagens dos produtos obtidos nos trabalhos analisados;

- analisar e quantificar o desenvolvimento de pesquisas sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos ao longo dos anos por estado e em toda a Região Sudeste;
- identificar os estados com mais produções de dissertações e teses sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados da Região Sudeste;
- identificar Instituições de Ensino Superior (IES) com maior número dessas produções por estado e em toda a Região Sudeste;
- identificar se a produção de dissertações e teses têm proporcionado o desenvolvimento de artigos sobre a temática;
- identificar os periódicos que têm publicado artigos científicos provenientes de dissertações e teses sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos da região sudeste do Brasil;
- identificar correlações entre pesquisadores que publicaram artigos científicos sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados.

## 1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos, a saber:

- Capítulo 1: aborda a introdução, motivação, justificativa e os objetivos da pesquisa;
- Capítulo 2: consiste na revisão bibliográfica sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos, com histórico, conceitos, propriedades e aplicações, além de revisão sobre bibliometria e bibliometria sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos;
- Capítulo 3: traz a descrição das etapas e processos para a realização do estudo, desde a definição das bases de dados até a análise do portfólio;
- Capítulo 4: apresenta a discussões sobre os resultados obtidos no estudo bibliométrico;
- Capítulo 5: mostra as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MATERIAIS ÁLCALI-ATIVADOS E GEOPOLIMÉRICOS

Materiais álcali-ativados podem ser descritos como a classificação mais ampla de qualquer sistema ligante que derive da reação entre um metal alcalino ou metal alcalino terroso e um precursor sólido, podendo ser um silicato cálcico ou materiais ricos em aluminossilicatos, como as escórias de alto forno, algumas pozolanas e cinzas volantes (RILEM, 2014).

Uma das primeiras utilizações desses materiais é datada de 1908 pelo químico e engenheiro alemão Kühl (KÜHL, 1908) ao relatar e patentear seus resultados sobre álcali-ativação de escória de alto forno. Anos mais tarde, trabalhos semelhantes foram desenvolvidos, como o do pesquisador Purdon, ao ativar escória de alto forno com hidróxido de sódio, produzindo um novo material aglomerante (PURDON, 1940 *apud* PACHECO-TORGAL; GOMES; JALALI, 2008) e de Victor Glukhovsky entre as décadas de 50 e 60, que investigou a durabilidade das edificações romanas e das pirâmides do Egito (GLUKHOVSKY, 1959).

Posteriormente, a ocorrência de diversos incêndios catastróficos na França na década de 70 levou o governo francês a incentivar pesquisas na área de química e de materiais. No seguimento dessas ocorrências, o cientista Joseph Davidovits iniciou seus estudos sobre materiais poliméricos não inflamáveis (DAVIDOVITS, 2002) aos quais, com os avanços das pesquisas, foram patenteados e denominados por “geopolímeros”, em 1978 (DAVIDOVITS, 1979).

A partir da década de 90, estudos sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos foram desenvolvidos por vários pesquisadores ao redor do mundo. No Brasil, estudos sobre materiais álcali-ativados, especialmente os geopoliméricos, também apresentaram evolução na década de 90, com a maior parte dos estudos sendo realizados no Instituto Militar de Engenharia - IME (MAZZA, 2010). Segundo Fernández-Jiménez *et al.* (2017), o objetivo do desenvolvimento de pesquisas que tratam da aplicação da álcali-ativação em diferentes campos da engenharia é duplo: maximizar o comportamento mecânico e minimizar o impacto ambiental dos produtos finais, constituindo-se uma excelente solução para potencializar as propriedades da maioria dos resíduos industriais.

A ativação alcalina, de acordo com Provis, Palomo e Shi (2015), corresponde a um processo de reação de um precursor – normalmente um resíduo industrial –, com uma solução ativadora alcalina concentrada. Consiste em um processo químico que permite transformar materiais silicosos ou silicoaluminosos, com estrutura parcial ou totalmente amorfa, em materiais cimentícios (PALOMO; GRUTZECK; BLANCO, 1999), podendo ser dividido em dois tipos: materiais com elevada quantidade de cálcio e materiais com baixa concentração de cálcio.

Já os geopolímeros são subconjuntos dos materiais álcali-ativados, resultantes da reação de aluminossilicatos (precursores) com uma solução alcalina de hidróxido e/ou silicato - solução ativadora (DUXSON *et al.*, 2007; PROVIS, 2018). Os geopolímeros são também conhecidos por polissialatos (grande cadeia molecular constituída de silício, oxigênio e alumínio), em que sialato é uma abreviação para sílico-óxido-aluminato (Figura 2.1). Nestes materiais, geralmente são utilizados hidróxidos ou silicatos alcalinos como ativadores e como precursores cinza volantes e argilas calcinadas (RILEM, 2014).

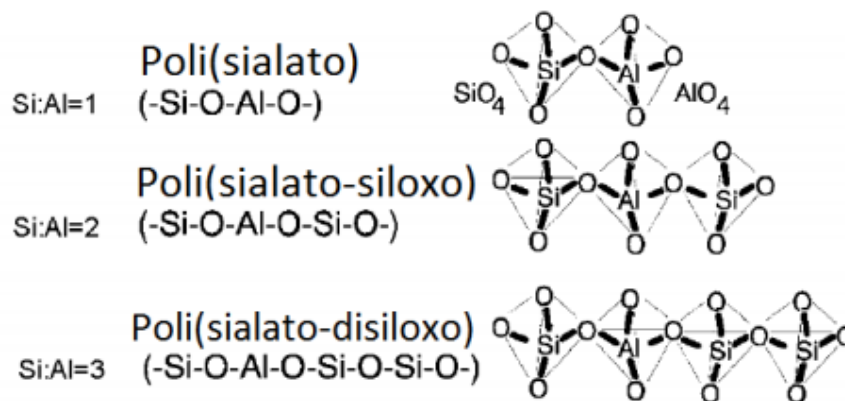


Figura 2.1 - Classificação dos polissialatos (DAVIDOVITS, 2002).

A geopolimerização ou mecanismo de reação de síntese dos geopolímeros, segundo Davidovits (1991), configura-se como um fenômeno exotérmico, produto da policondensação. Embora ainda haja grande discussão quanto à classificação, sendo os termos álcali-ativação e geopolímeros usados até como sinônimos em algumas ocasiões (LUKKONEN *et al.*, 2018), Davidovits, que introduziu os estudos sobre os geopolímeros e que possui patentes sobre estes materiais desde a década de 70 (DAVIDOVITS, 1982), aponta que materiais álcali-ativados não são polímeros; logo, não podem ser considerados geopolímeros, pois possuem um arranjo químico

diferente dos materiais álcali-ativados (DAVIDOVITS, 2018). Essas afirmações diferem de vários pesquisadores da área, como Provis e van Deventer, (2009), Pacheco-Torgal *et al.* (2014), comitê RILEM Reports (2014) e Krivenko (2017). Segundo este último autor, de acordo com as características básicas (processos químicos de hidratação e endurecimento), geopolímeros são materiais álcali-ativados. Assim, como este trabalho não pretende trazer reflexões quanto às classificações, serão utilizadas as mesmas terminologias usadas nas referências citadas, não entrando na questão se os trabalhos mencionados abordam álcali-ativação ou geopolimerização.

Em relação às propriedades desses materiais, são diversificadas porque dependem da relação Si/Al utilizada, dos precursores e dos ativadores empregados. Os geopolímeros permitem diversas aplicações e dentre as mais investigadas pela literatura está sua utilização como aglomerante alternativo ao cimento Portland, principalmente por suas vantagens quanto à resistência mecânica, química e geração de menos impacto ambiental, ao requererem menor consumo energético e emitirem menos CO<sub>2</sub> (T-CHAKOUTÉ *et al.*,2016a; T-CHAKOUTÉ *et al.*,2016b; KAMSEU *et al.*, 2017).

Segundo Zhang *et al.* (2017), a resistência à carbonatação e ataques por ácidos também têm sido extensivamente estudadas e, apesar da microestrutura diferente, os materiais álcali-ativados são frequentemente comparados ao cimento Portland comum em termos de mecanismo de corrosão, absorção de água e porosidade, apresentando, em alguns casos, resultados superiores a este.

Provis e Bernal (2014) resumem algumas propriedades interessantes desses materiais, tais como:

- resistência à flexão e à compressão, tanto inicial quanto final;
- resistência a altas temperaturas, incluindo propriedades de isolamento térmico;
- estabilidade sob ataque químico (incluindo ácido);
- estabilidade dimensional em serviço;
- forte adesão a superfícies metálicas e não metálicas;
- baixa permeabilidade;
- baixo custo e;
- baixa emissão de CO<sub>2</sub>.

Provis (2018) aponta que cimentos álcali-ativados ou geopoliméricos têm sido frequentemente discutidos e promovidos como material atual e do futuro e um conjunto de ferramentas de “sistemas sustentáveis de aglutinantes cimentícios”. Porém, por poderem ser gerados por uma variedade de precursores com diferentes disponibilidades, custos e valores, não podem ser configurados como uma “única fórmula para solucionar todos os problemas”, pois sua diversidade revela a versatilidade e adaptabilidade da sua produção ao local.

Em relação ao emprego, os materiais álcali-ativados apresentam amplas aplicações e continuam a crescer, com utilizações em concreto simples, concreto reforçado, componentes de concreto pré-moldado, tanto reforçados quanto não reforçados, incluindo tubos; argamassas, rejantes e rebocos, concretos e espumas leves, matrizes de imobilização de resíduos tóxicos e nucleares, orgânicos e inorgânicos (PROVIS, 2018).

Os materiais geopoliméricos, especificamente, segundo Davidovits (2015) podem:

Por conta das suas propriedades, os geopolímeros podem ter diversas aplicações, a exemplo: materiais refratários, refratários de choque térmico, biotecnologias (materiais para aplicações medicinais), indústria de fundição, cimentos e concretos, materiais compósitos para reparação e reforço de infraestruturas, compósitos de alta tecnologia para interior de automóvel e de aviões, sistemas de resina de alta tecnologia, encapsulamento de resíduos radioativos e tóxicos, artes e decoração, patrimônio cultural, arqueologia e história das ciências (DAVIDOVITS, 2015, p. 6).

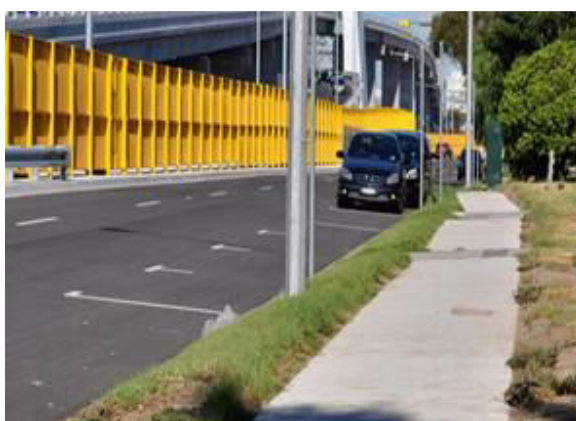
Em algumas partes do mundo como, por exemplo, na Austrália, materiais álcali-ativados têm sido amplamente utilizados em concretagens *in situ* (GLASBY *et al.*, 2015 *apud* PROVIS, 2018). O aeroporto *West Wellcamp* em Brisbane (Figura 2.2), construído em 2014 pela empresa Wagner EFC, pioneira em concreto geopolimérico, possibilitou redução de 6,6 mil toneladas de emissão de CO<sub>2</sub> com mais de 30.000 m<sup>3</sup> de concreto geopolimérico sem cimento Portland e com menor teor de carbono do mundo (GEOPOLYMER INSTITUTE, 2014).





Figura 2.2 - Aeroporto em Brisbane (GEOPOLYMER INSTITUTE, 2014).

Em termos de mercado, algumas empresas comercializam materiais álcali-ativados, como é o caso da Zeobond, fundada pelo pesquisador com muitas contribuições sobre a temática, J. van Deventer. A empresa trabalha com concreto pré-misturado e pré-moldado, e propõe fornecer soluções práticas e realistas para criar uma alternativa sustentável a uma das atividades mais poluidoras da humanidade (THE ZEOBOND GROUP, 2022a). A Figura 2.3 mostra algumas aplicações, como pavimentações (a) e painéis pré-moldados em pontes (b) (THE ZEOBOND GROUP, 2022b).



(a)



(b)

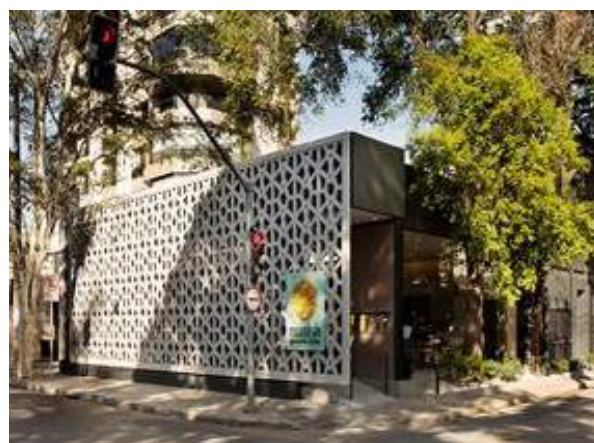
Figura 2.3 - Aplicações de geopolímeros: (a) Pavimentação; (b) painéis pré-moldados em pontes (THE ZEOBOND GROUP, 2022b).

No Brasil, empresas também oferecem produtos e serviços envolvendo geopolímeros, como, por exemplo, a Geo-Pol, que comercializa cimento e

microconcreto, que podem ser usados em pavimentos de pista de aeroporto, vias de tráfego intenso *etc.*; e *mousses* geopoliméricas, indicados como isolantes térmicos (GEO-POL, 2022). Algumas cidades brasileiras contam com construções com geopolímeros (Figura 2.4), como é o caso do Templo de Salomão da Igreja Universal do Reino de Deus (a) em São Paulo, que possui detalhes feitos de pedra artificial de geopolímeros que imitam o mármore da Ilha Holy no Reino Unido, e o Restaurante Árabe Manish, também em São Paulo (b) (PAPPALARDO *et al.*, 2014).



(a)



(b)

Figura 2.4 - Geopolímeros em construções brasileiras: (a) Templo de Salomão (TEMPLO DE SALOMÃO, 2022); (b) painel do restaurante Manish (ODVO ARQUITETURA E URBANISMO, 2022).

Assim, Lu *et al.* (2021) apontam que, embora os materiais álcali-ativados configurem-se como uma alternativa eficaz e promissora aos materiais à base de cimento Portland, a aplicação de engenharia em larga escala progride lentamente, onde independente dos entraves de regulamentação, parece haver mais obstáculos por desafios técnicos para essa expansão no meio comercial. No entanto, para Zakka, Lim e Khun (2021), ligantes ativados por álcalis, como os geopolímeros, fornecerão caminho para uma comercialização expandida, possibilitando produção em grande escala e uma base para a rápida compreensão de pesquisas referentes à compatibilidade ambiental do uso de concretos ativados por álcalis.

## 2.2 BIBLIOMETRIA

O homem sempre buscou se comunicar com os seus semelhantes utilizando linguagens e códigos. Com o passar do tempo, esses códigos tornaram-se mais

elaborados, objetivando estabelecer noções mais precisas e sistematizar os campos do conhecimento (ARAÚJO, 2012), o que permitiu estreitar grupos com mesmos interesses. Segundo Le Coadic (1996), o processo de troca de ideias e informações entre os grupos de interesse de um mesmo conhecimento é o manancial de onde surgem os conhecimentos científicos que, posteriormente, quando registrados, transformar-se-ão em informações científicas.

Assim, o meio pelo qual esses conhecimentos circulam entre membros de uma mesma comunidade científica é conhecido por comunicação científica. De acordo com Garvey (1979), comunicação científica pode ser definida como o conjunto de atividades associadas à produção, disseminação e uso da informação, desde o momento em que o cientista concebe uma ideia para pesquisar, até que a informação seja aceita como constituinte do conhecimento científico. E, como essas informações estão atreladas aos interesses de suas comunidades, a sua disponibilidade também depende de como a comunidade científica dissemina e organiza suas redes de comunicação.

A comunicação científica pode ser representada por dois diferentes processos: o informal, com informações efêmeras voltadas para um público mais restrito, abrangendo meios não publicados como seminários, conferências, colóquios, reuniões, entre outros; e o formal, de amplo alcance e disponível por um longo período, como os livros, capítulos de livros e artigos. Segundo Price (1976, p. 40) o artigo é para o cientista um “meio de comunicar o conhecimento”. Assim, os documentos escritos como publicações em periódicos assumem destaque privilegiado na comunicação formal, dada sua estrutura solidificada pelas comunidades científicas, constituindo uma base sólida para a realização de análises bibliométricas (MALTRÀS BARBA, 2003). No entanto, é preciso também citar a chamada “literatura cinzenta”, caracterizada pela literatura de difícil acesso, como teses, dissertações e atas de congressos.

Por atingirem um grande público, esses documentos também tornam-se públicos, armazenados em bases de dados ou bibliotecas, para que os leitores tenham acesso às informações, tornando-se ferramentas eficazes na armazenagem e disseminação do conhecimento científico de forma segura e rápida (MAROLDI, 2012). Porém, nem toda a literatura ainda é disponibilizada dessa forma, como é o caso das dissertações e teses.

Assim, tratando-se da necessidade de organizar uma grande quantidade de informações de interesse, por meio dos veículos onde essas informações estão disponíveis (bases de dados), têm-se a bibliometria como uma ferramenta de análise quantitativa dessa produção.

De acordo com Alvarado (2007) *apud* Medeiros e Vitoriano (2015), a utilização de técnicas métricas remonta ao século XIX. Em 1869, Galton tentou identificar, através de suas experiências, cientistas eminentes usando critérios como a menção dos nomes em bibliografias selecionadas. Mais tarde, em 1896, Campell analisou a dispersão de assuntos em publicações utilizando métodos estatísticos (ALVARADO, 2007 *apud* MEDEIROS; VITORIANO, 2015).

A bibliometria originou-se do termo anterior “bibliografia estatística”, criado em 1923 por Hulmen, sendo introduzido como “bibliometria” em 1934 por Otlet em seu “*Traité de Documentation*” (ARAÚJO, 2006). O termo só se popularizou, entretanto, em 1969 a partir de um artigo desenvolvido por Pritchard, que discutia a polêmica “bibliografia estatística ou bibliometria?” (VANTI, 2002 *apud* ARAÚJO, 2006). A diferença entre estes seria que a bibliometria, diferentemente da tradicional bibliografia, utiliza de mais métodos quantitativos do que discursivos para uma avaliação objetiva da produção científica (NICHOLAS; RITCHIE, 1978 *apud* ARAÚJO, 2006).

É importante destacar ainda as contribuições do pesquisador Derek John de Solla Price, que pode ser considerado como “a figura dominante” (KINOUCI, 2014, p.149) pelos bibliometristas, em virtude de sua extensa contribuição ao campo dos estudos métricos. Dois dentre seus livros são considerados clássicos da literatura: *Science since Babylon* e *Little Science, Big Science*. De acordo com Braga (1974), o pesquisador estudou o comportamento das redes de citações bibliográficas, dando nova dimensão a esses estudos bibliométricos; descreveu a natureza da Ciência, da comunicação e da produtividade científica, através de leis internacionalmente aceitas: Frente de Pesquisa, Colégios Invisíveis, Crescimento Exponencial, Elitismo *etc.*; e estabeleceu fundamentos para a política científica e tecnológica que têm sido largamente utilizados por vários países.

No Brasil, o surgimento de estudos bibliométricos deu-se a partir da década 70, com a principal contribuição para seu desenvolvimento do Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação (IBBD), atualmente Instituto Brasileiro de Informação

Científica e Tecnológica (IBICT). Na década seguinte, estudos realizados sobre bibliometria tiveram queda significativa; porém, em 1990 ressurgiu com o advento do uso de computadores (ARAÚJO, 2006).

Voltaram-se os interesses para o desenvolvimento de diversos trabalhos nos anos 2000, tanto na área de ciência da informação quanto em áreas como Medicina Tropical, Psicologia, Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, Arquivologia, Comunicação e Educação (MUELLER, 2007). De acordo com Medeiros e Vitoriano (2015), a difusão destes estudos bibliométricos contribuiu para que diversas áreas do saber se apropriassem das técnicas e resultados para analisar alguns aspectos próprios, popularizando sua adoção enquanto método.

Segundo Soares *et al.* (2016), a bibliometria é um método de análise quantitativa para a pesquisa científica, em que os dados obtidos por este estudo mensuram a contribuição do conhecimento científico derivado de publicações em determinadas áreas. Os indicadores de produção obtidos são úteis para o planejamento e execução de políticas públicas, de forma que a comunidade científica possa conhecer o sistema em que está inserida.

O estudo bibliométrico possibilita a observação do estado da ciência e da tecnologia por meio de toda a produção científica registrada em um repositório de dados, permitindo situar um país em relação ao mundo, uma instituição em relação a um país e cientistas individuais em relação às próprias comunidades científicas. A bibliometria baseia-se na contagem de patentes, citações e artigos científicos (SOARES *et al.*, 2016). Para Quevedo-Silva *et al.* (2016), pesquisas bibliométricas têm se popularizado entre os acadêmicos em função da grande quantidade de material bibliográfico produzido atualmente.

Dessa forma, o ponto central da bibliometria é a utilização de métodos quantitativos na busca de uma avaliação objetiva da produção científica. Segundo Price (1976):

Deixando de lado os julgamentos de valor, parece clara a importância de se dispor de uma distribuição que nos informe sobre o número de autores, trabalhos, países ou revistas que existem em cada categoria de produtividade, utilidade ou o que mais desejamos saber. (PRICE, 1976, p. 39).

Entretanto, a utilidade da bibliometria não se restringe somente a interesses por avaliação e financiamento das produções científicas de instituições de pesquisa públicas e privadas (SANGALLI; KAUCHAKJE, 2021), mas também ao interesse de pesquisadores na evolução ou estruturação da ciência, que se dedicam a compreender sua trajetória sócio-histórica e utilizam tais estratégias metodológicas (SILVA; BIANCHI, 2001). Assim, possuir uma visão sistematizada e resumida desses dados pode facilitar e até mesmo apontar futuros caminhos de pesquisa, auxiliando jovens pesquisadores ou até mesmo os mais experientes (QUEVEDO-SILVA *et al.*, 2016).

A bibliometria e a cientometria são usuais também no desenho de carreiras, pois permitem identificar os principais centros de produção sobre determinado objeto de pesquisa, facilitando o encontro de parcerias e o planejamento de caminhos aos quais escolher ao longo da carreira, bem como conhecer não só sobre o que já foi produzido sobre determinado assunto em décadas passadas, mas também conhecer os temas emergentes da literatura e as lacunas de pesquisa (SANGALLI; KAUCHAKJE, 2021).

De acordo com Silva e Bianchi (2001), a cientometria consiste em aplicar técnicas numéricas analíticas para estudar a ciência da ciência, já a bibliometria realiza o tratamento e a análise estatística da mensuração destes resultados e desenvolvimentos através das diferentes publicações científicas refletidas em artigos, livros e em revistas. Assim, enquanto a bibliometria é fundamentalmente quantitativa, a cientometria é um método que adota estratégias metodológicas tanto no estilo quantitativo como qualitativo, para a coleta e interpretação de dados (SANGALLI; KAUCHAKJE; 2021).

Dessa forma, estudos bibliométricos vêm se tornando cada vez mais atraentes e, com o crescimento do interesse por esse tipo de estudo, surgem novas técnicas e métodos em subcampos da bibliometria, como a cientometria ou cientometria, a informetria, a bibliotecometria, a webmetria e a patentometria, que se assemelham por serem métodos quantitativos, mas que se diferenciam quanto ao objeto de estudo (NORONHA; MARICATO, 2008). O Quadro 2.1 traz algumas informações sobre estas técnicas.

Quadro 2.1 - Métodos e técnicas bibliométricas (MACIAS-CHAPULA, 1998; SANZ CASADO, 2006 *apud* NORONHA; MARICATO, 2008).

<b>Técnica</b>	<b>Finalidade</b>	<b>Objetos de estudo</b>
Bibliometria	Produção e uso de documentos. Organização de serviços bibliográficos.	Documentos (livros, artigos, dissertações, teses etc.), autores, usuários.
Cienciometria	Organização da ciência. Fatores que diferenciam subdisciplinas. Identificação de domínios de interesse.	Disciplinas, campos, áreas, assuntos específicos.
Informetria	Medição de sistemas de informação. Recuperação da informação. Estudo de conteúdos informativos.	Palavras, documentos, bases de dados.
Bibliotecometria	Organização de bibliotecas. Administração de serviços de bibliotecas.	Bibliotecas.
Webmetria	Organização e uso de <i>sites</i> .	Páginas na internet, hospedeiros.
Patentometria	Conhecimento de atividades tecnológicas e inovadora de países, áreas e instituições.	Patentes.

A bibliometria utiliza-se de ferramentas que avaliam o desempenho da produção científica, chamadas indicadores bibliométricos. Segundo Durieux e Gevenois (2010), o uso de indicadores é importante, pois permite medições objetivas da difusão e do impacto dos artigos publicados em uma comunidade científica, auxiliando pesquisadores a selecionar periódicos aos quais pretendem submeter seus artigos, bem como as organizações a identificar pesquisadores individuais e grupos de pesquisadores.

De acordo com Grácio e Oliveira (2014), os indicadores bibliométricos podem ser divididos em indicadores de produção, indicadores de citação e indicadores de ligação. Um dos indicadores básicos de produção consiste na contagem do número de publicações que podem ser de pesquisadores, laboratórios, ou até mesmo de um país. Os indicadores de citação baseiam-se na medida do número de citações recebidas por uma determinada publicação, refletindo o impacto dos artigos científicos ou dos autores citados junto à comunidade científica; já os indicadores de ligação permitem identificar a rede de colaboração entre autores, instituições e países (RAMOS, 2015). Além desses, por haver a possibilidade de

variações nas análises, os pesquisadores tendem também a criar outros indicadores (ROCHA; LANÇA, 2018).

Assim, de acordo com Sancho (1990), utilização de indicadores bibliográficos permite determinar alguns aspectos da produção científica, tais como:

- a) o crescimento de qualquer campo da ciência, de acordo com a variação cronológica do número de trabalhos publicados;
- b) o envelhecimento de campos científicos;
- c) a evolução cronológica da produção científica, de acordo com o ano de publicação dos documentos;
- d) produtividade dos autores ou instituições, medido pelo número de suas obras;
- e) a colaboração entre cientistas ou instituições, medida pelo número de autores por trabalho ou centros colaboradores de pesquisa;
- f) o impacto ou visibilidade das publicações na comunidade científica internacional, medida pelo número de citações que os artigos receberam;
- g) a análise e avaliação das fontes difusoras das obras, medidas por meio de indicadores de impacto das fontes;
- h) a dispersão de publicações científicas entre as várias fontes *etc.*

Segundo o mesmo autor, o desenvolvimento de indicadores cada vez mais confiáveis é um dos principais objetivos da bibliometria.

A bibliometria possui três leis clássicas, consideradas basilares: a Lei de Lotka (1926), utilizada para medir a produtividade dos autores; a Lei de Bradford (1934), para medir a dispersão do conhecimento científico em publicações periódicas e a Lei de Zipf (1949), que consiste em medir a frequência do aparecimento das palavras em vários textos.

A Lei de Lotka (1926), ou também conhecida como a Lei dos Quadrados Inversos, formulada pelo matemático Alfred J. Lotka, discorre sobre a produtividade de cientistas. Lotka propõe que um número restrito de pesquisadores produz muito sobre determinado assunto, enquanto um grande volume de pesquisadores produz pouco, igualando assim a produção desses poucos autores que produzem muito com os muitos autores que pouco produzem (ARAÚJO, 2006). Price (1976)



aperfeiçoou essa lei, concluindo que matematicamente  $1/3$  da literatura é produzida por menos de  $1/10$  dos autores mais produtivos (média de 3,5 documentos/autor) e que 60% dos autores produzem um único documento.

A Lei de Bradford (1934), também conhecida por Lei da Dispersão, formulada pelo matemático, documentalista e bibliotecário Samuel C. Bradford, preconiza que a partir do momento que um tema começa a ser publicado, gradativamente vai sendo reproduzido pelos mesmos periódicos e ganhando mais relevância (POLLI; CURTY, 2017). Assim, se uma grande coleção de periódicos for disposta em ordem decrescente de produtividade de artigos de um determinado assunto, pode-se identificar um núcleo central de títulos que tratam essencialmente de determinada temática e outros núcleos que incluem o mesmo número de artigos do núcleo central que possui o maior número de títulos. Para a determinação dos núcleos produtivos, o total de artigos deve ser somado e dividido por três; dessa forma, em uma lista de produtividade aparecem três núcleos, cada um contendo  $1/3$  do total de artigos relevantes. O primeiro núcleo contém um número reduzido de periódicos altamente produtivos; o segundo contém um número maior de periódicos menos produtivos; e o terceiro inclui um número maior de periódicos menos produtivos (ARAÚJO, 2006 *apud* RODRIGUES; VIEIRA, 2016).

A terceira Lei bibliométrica, a Lei de Zipf (1949), foi desenvolvida pelo linguista George K. Zipf e aborda sobre a incidência de palavras em textos científicos. De acordo com a Lei, há correlação entre o número de palavras diferentes e a frequência de seu uso, onde um pequeno número de palavras é usado muito mais frequentemente. Zipf formulou o princípio do menor esforço, apontando que existe uma economia de palavras e que as palavras mais usadas indicam o assunto do documento (ARAÚJO, 2006).

O advento de novas ferramentas computacionais, capazes de processar conjunto de dados, combinadas às técnicas de mineração de texto têm permitido novas oportunidades para a bibliometria (WOLFRAN, 2018 *apud* GUIMARÃES; MOREIRA; BEZERRA, 2021), resumindo-a não somente nos procedimentos apresentados anteriormente. Além disso, a visualização de redes bibliométricas, com “nós” que podem ser periódicos, publicações, pesquisadores ou palavras-chave, tem sido alvo de interesse de pesquisadores da área (VAN ECK; WALTMAN, 2019 *apud* GUIMARÃES; MOREIRA; BEZERRA., 2021).

Assim, a bibliometria permite diversas aplicações em diversos campos e métodos. O método ProKnow-C - *Knowledge Development Process-Constructivist* (ENSSLIN *et al.*, 2010) é um desses métodos. Desenvolvido pelo Laboratório de Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão-Constructivista (LabMCDA-C) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o método visa, sobretudo, permitir ao pesquisador reunir um portfólio com reconhecimento científico e relevância ao tema de interesse (LINHARES *et al.*, 2019).

O método é estruturado em quatro etapas, iniciando-se pela seleção do portfólio bibliográfico, em que o pesquisador faz a busca do material científico nas bases de dados. Segundo Ensslin *et al.* (2014), portfólio bibliográfico corresponde ao conjunto restrito de artigos científicos e relevantes ao tema da revisão. Na segunda fase, faz-se a bibliometria, com as contabilizações dos dados estatísticos do conjunto de artigos obtidos na etapa anterior, seleção de portfólio. De acordo com Fontana (2020), a análise bibliométrica tem como propósito identificar os destaques das variáveis delimitadas pelo pesquisador, de forma a: (a) orientar o pesquisador quanto aos periódicos, artigos, autores e palavras-chave que estão trabalhando com o tema da pesquisa, de acordo com a visão do pesquisador; (b) identificar quem são, onde e como trabalham os pesquisadores do portfólio bibliográfico e as instituições de pesquisa dos pesquisadores; (c) identificar os autores-destaque sobre o tema no portfólio bibliográfico; (d) identificar os periódicos que estão publicando sobre o tema e suas principais linhas de atuação.

Após o levantamento do portfólio bibliográfico na etapa 1 e a utilização de indicadores para medir a produção do portfólio na etapa 2, o pesquisador está apto a refletir sobre os conteúdos dos trabalhos selecionados (CASTELLI, 2018). Esta próxima etapa, etapa 3, chama-se análise sistêmica, que constitui-se como um processo científico utilizado para analisar o portfólio bibliográfico a partir de uma visão de mundo (filiação teórica) definida e explicitada por suas lentes, visando identificar por cada lente e, globalmente, os destaques e oportunidades (carências) de conhecimento encontrados na amostra selecionada (TASCA *et al.*, 2010; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012; ENSSLIN *et al.*, 2017; THIEL; ENSSLIN; ENSSLIN, 2017 *apud* FONTANA, 2020; CASTELLI, 2018).

A última etapa é a pergunta de pesquisa. O pesquisador, após passar por todas as etapas anteriores, pode reconhecer as oportunidades e estabelecer a

pergunta de pesquisa, que norteará todo o estudo; o objetivo geral, que demonstrará como responder à pergunta e os objetivos específicos que integram o objetivo geral (FONTANA, 2020).

O método ProKnow-C tem sido utilizado em análises quantitativas em diversas pesquisas acadêmicas (SOUZA, 2015; CASTELLI, 2018; GULARTE *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2022; entre outros). Bedin e Viana (2020) realizaram uma pesquisa bibliométrica em teses e dissertações sobre negócios sociais e inovação no Brasil utilizando o ProKnow-C. Como fonte para montagem do portfólio foram utilizadas palavras-chave específicas nas bases de dados Biblioteca Digital de teses e dissertações (BDTD) e no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), filtrando a pesquisa com a exclusão de documentos duplicados e documentos que não estavam alinhados, pois citavam as palavras-chave somente no resumo, nos resultados ou considerações finais. Segundo os autores, não houve nenhuma limitação nas buscas pelos trabalhos.

Na segunda fase do método, análise bibliométrica, os autores apontaram que geralmente essa análise é composta por variáveis que abrangem informações sobre produtividade dos autores, artigos e periódicos de destaque e fator de impacto dos periódicos (ENSSLIN; ENSSILIN; DUTRA, 2007 *apud* BEDIN; VIANA, 2020), mas, devido ao portfólio bibliográfico da pesquisa não contemplar esse tipo de informação, uma vez que é constituído por teses e dissertações, foram definidas outras variáveis de acordo com as necessidades e as informações encontradas no portfólio bibliográfico. Assim, as análises nessa etapa se restringiram a identificar: a) áreas do conhecimento que mais se destacaram nas pesquisas; b) o tipo de pesquisa mais desenvolvida; c) instituições de ensino superior que têm devotado espaço para este tipo de assunto; d) evolução temporal e; e) estudos empíricos: ferramentas utilizadas.

As demais etapas do ProKnow-C foram realizadas, também, como a análise sistêmica, onde os autores relacionaram as pesquisas encontradas com abordagens teóricas do tema da pesquisa (negócios sociais e inovação). Na última etapa, pergunta de pesquisa, os autores deixaram algumas perguntas que foram formuladas mediante aos resultados encontrados nas etapas anteriores e que objetivavam melhorias futuras do cenário encontrado. Ainda foram apresentadas as

limitações da pesquisa, como as análises terem sido feitas somente em teses e dissertações e as pesquisas terem contemplado somente o cenário brasileiro, e sugestão para futuras pesquisas: contemplar artigos científicos sobre a temática, bem como o cenário internacional.

Ante o exposto, e baseado nos objetos utilizados neste trabalho para identificar o cenário da produção sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados na região sudeste do Brasil (teses, dissertações e artigos), as etapas metodológicas e indicadores bibliométricos utilizados foram adaptados para melhor atender aos objetivos da pesquisa. Embora a análise também abranja artigos científicos, o método ProKnow-C foi introduzido à esta seção para exemplificar as etapas que compõem a aplicação de um método bibliométrico, mas não será aplicado na metodologia deste trabalho, pois, como mencionado, os procedimentos e indicadores serão adaptados. Uma descrição mais detalhada foi feita no Capítulo 3 (Metodologia).

## 2.3 BIBLIOMETRIA SOBRE MATERIAIS ÁLCALI-ATIVADOS E GEOPOLIMÉRICOS

De acordo com Masi, Manzi e Bignozzi (2020), a realização de pesquisa sobre materiais álcali-ativados é um tópico inovador e dinâmico dentro da ciência dos materiais, principalmente devido ao desempenho relevante em termos de propriedades físicas, químicas e mecânicas desses materiais em relação aos tradicionais, como o cimento Portland comum, envolvendo muitos aspectos, aplicações em diversas áreas, como química, engenharia civil e materiais. Assim, embora pesquisas sobre a temática estejam em andamento há algumas décadas, ainda é um campo novo, o que tem sustentado o interesse entre os pesquisadores (ZAKKA; LIM; KHUN, 2021).

Zakka, Lim e Khun (2021) realizaram um estudo cientométrico em dados bibliográficos extraídos da plataforma *Scopus* com objetivo de identificar o foco e as lacunas atuais de pesquisa sobre concreto geopolimérico no mundo. As lacunas identificadas foram nas áreas de tipo de geopolímero, materiais, *design* de mistura, propriedades mecânicas, propriedades de durabilidade, microestrutura, adoção e aplicação. Segundo aqueles autores, mais estudos de longo prazo são necessários nessas áreas para fornecer uma base para um quadro regulatório para a adoção de

concretos geopoliméricos. A Figura 2.5 abaixo mostra a tendência das publicações por ano a partir de 1989 até 2022 identificada pelos autores.



Figura 2.5 - Amostra de literatura segundo o ano de publicação (ZAKKA; LIM; KHUN, 2021).

Segundo a Figura 2.5, os anos mais produtivos em publicações sobre concretos geopoliméricos foram entre 2014 e 2019 e o surgimento do primeiro artigo em 2004. Nota-se, entretanto, queda da produção entre 2019 e 2020, não sendo mencionadas as possíveis causas dessa ocorrência pelos autores. Segundo eles, o crescimento entre 2004 e 2019 mostra que os pesquisadores estão demonstrando mais interesse no concreto geopolimérico como alternativa ao concreto de cimento Portland convencional, com expectativa de mais publicações de pesquisa nos próximos anos.

Masi, Manzi e Bignozzi (2020) apontam que o rápido aumento do interesse por pesquisas sobre materiais álcali-ativados a partir dos anos 2000 ocorreu, provavelmente, em razão do aumento da preocupação com os problemas ambientais e a necessidade de redução de emissão de CO<sub>2</sub> na produção de materiais de construção.

Um estudo produzido por Zakka, Lim e Khun (2021) analisou os países onde a maioria das pesquisas sobre concreto geopolimérico foram realizadas através da contagem de citações em documentos e a “força total do *link*”, que indica que os documentos de cada país tiveram impacto em um ou mais países envolvidos na pesquisa. Os resultados indicaram que a Austrália detém o maior impacto de pesquisas, seguida por Índia, Malásia e Reino Unido (Tabela 2.1) e que o Brasil está entre os países listados; no entanto, ocupando a 21ª posição. Esse resultado indica que embora sejam realizadas pesquisas sobre geopolímeros, o Brasil ainda possui um longo caminho a percorrer.

Yang *et al.* (2022) realizaram uma análise quantitativa do progresso de pesquisas sobre compósitos geopoliméricos através de um estudo bibliométrico utilizando a base *Scopus*, e uma posterior análise cientométrica utilizando o *software* VOSviewer. Os autores buscaram identificar as principais fontes de publicações, palavras-chave mais utilizadas nos artigos publicados, pesquisadores e artigos com mais citações e países com maiores produções. Para a mineração dos dados bibliométricos na plataforma *Scopus*, utilizaram palavras-chave como “*geopolymers*” e “*geopolymer concrete*”.

Tabela 2.1 - Países com maior quantidade de pesquisas (ZAKKA; LIM; KHUN, 2021).

S/N	Países	Documentos	Citação	Força total do link
1	Austrália	317	7132	144
2	Brasil	30	359	11
3	Camarões	29	666	44
4	Canadá	34	444	31
5	China	187	1605	86
6	Egito	23	415	4
7	Alemanha	41	463	4
8	Índia	538	2672	30
9	Indonésia	104	388	56
10	Irã	23	249	17
11	Itália	65	892	58
12	Japão	26	855	21

Tabela 2.1 - Países com maior quantidade de pesquisas (ZAKKA; LIM; KHUN, 2021).

S/N	País	Documentos	Citação	Força total do link
13	Malásia	185	2636	109
14	Nova Zelândia	11	283	17
15	Portugal	24	284	43
16	Arábia Saudita	30	555	36
17	Cingapura	22	388	8
18	Coreia do Sul	29	371	18
19	Espanha	28	485	38
20	Tailândia	59	1228	26
21	Peru	40	247	24
22	Reino Unido	72	2449	67
23	Estados Unidos	138	1577	57

Nas tendências de publicações anual foram encontradas publicações a partir de 1987, com poucos artigos publicados, e um crescimento gradativo após os anos 2000 para ambas as palavras-chave utilizadas. Foi observado ainda um crescimento substancial do número de publicações entre os anos de 2011 e 2021, indicando que está aumentando o interesse dos pesquisadores por materiais de construção ecologicamente corretos. Tendência similares foram encontradas no trabalho produzido por Zakka, Lim e Khun (2021), mencionado anteriormente.

Na coocorrência de palavras-chave, a análise no VOSviewer indicou cinco palavras que apareceram com maior frequência nas publicações da área da temática de compósitos geopoliméricos: polímeros inorgânicos, geopolímero, geopolímeros, resistência à compressão e cinzas volantes. No mapeamento dos autores, a pesquisadora van Deventer teve a maioria dos artigos e citações sobre a temática, e o artigo com maior número de citações foi "*Geopolymer technology: The current state of the art*", de Duxson (DUXSON *et al.*, 2007) com 2.239 citações. O maior número de citações de um artigo sobre estado da arte mostra como esse tipo de trabalho é de importância e interesse dos pesquisadores.

De acordo com Yang *et al.* (2022), a quantidade total de artigos e citações ilustra o impacto de uma nação em um determinado campo de estudo. No

mapeamento de países que contribuem com pesquisas sobre compósitos geopoliméricos, Índia, China e Austrália publicaram a maioria dos documentos com 668, 647 e 614 artigos, respectivamente; e em termos de citação, a Austrália ficou em primeiro lugar com 45.440 citações, a China em segundo com 18.724 e os Estados Unidos em terceiro com 11.485. O Brasil também apareceu na listagem, ocupando a 17ª posição no número de artigos e citações sobre a temática. A Figura 2.6 mostra os países que apareceram no estudo, onde o grau de contribuição do país é mostrado pelo tamanho da caixa e as linhas representam as ligações entre os países com base nas citações. Para os autores, a descrição gráfica dos países ativos auxilia os acadêmicos a formar colaborações científicas, produzir artigos de *joint venture* e compartilhar novas abordagens e ideias.

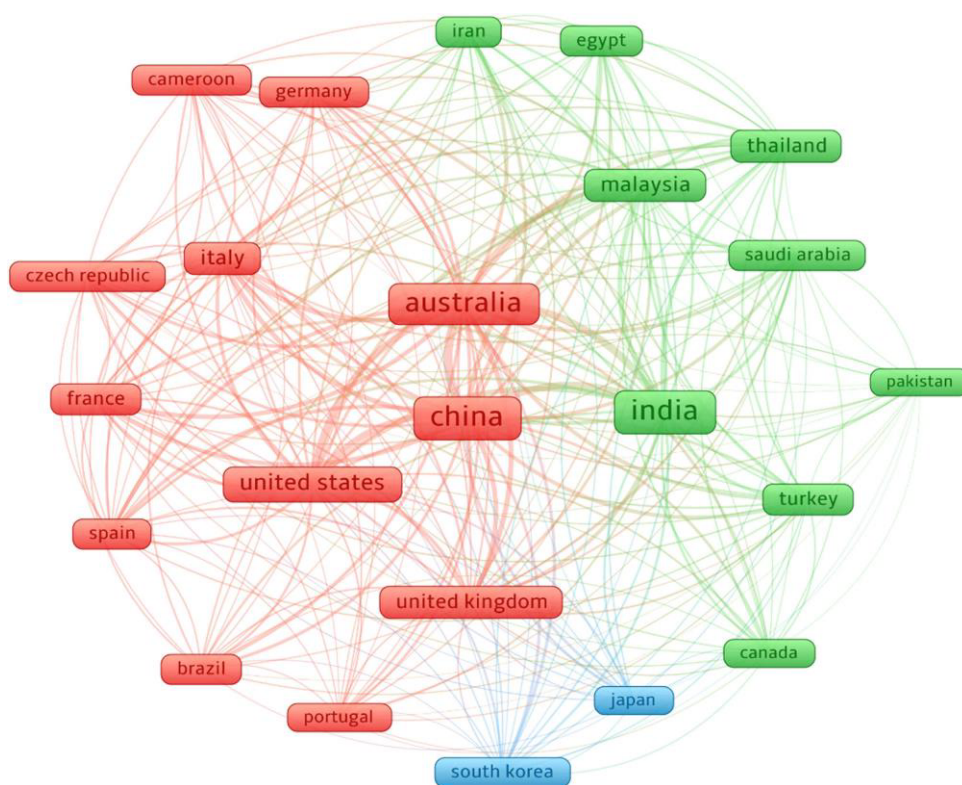


Figura 2.6 - Visualização das principais nações participantes sobre geopolímeros (Yang *et. al.*, 2022).

No Brasil, de acordo com Trindade (2017), as primeiras pesquisas sobre materiais geopoliméricos ocorreram no IME – Instituto Militar de Engenharia, no Rio de Janeiro, lideradas por Clelio Thaumaturgo, tendo se expandido para outros estados posteriormente. Pires (2015) também apontou que os primeiros estudos



sobre síntese e caracterização de geopolímeros à base de metacaulim e metacaulim mais escória de alto forno foram realizados no Instituto Militar de Engenharia (IME) nas teses de Barbosa (1999) e Silva (2000).

Em 2016, Geraldo (2016) reuniu trabalhos de pesquisadores brasileiros entre os anos de 2005 e 2015, com o objetivo de identificar o cenário atual sobre geopolímeros no Brasil, não descreditando a importância de pesquisas anteriores. O autor não abordou os métodos utilizados na realização do estudo. Foram encontrados trabalhos espalhados em quatro das cinco regiões do Brasil, sendo a Centro-Oeste a que não teve a produção de trabalho algum.

Em números, a região Norte contou com apenas um trabalho produzido no tempo analisado; região Nordeste e Sudeste com dezenove trabalhos cada uma e a região Sul com doze trabalhos, totalizando cinquenta e um trabalhos encontrados no período avaliado. A Universidade Federal da Paraíba (UFPB) apresentou-se como a instituição com a maior concentração de trabalhos, com mais de 17% do total de pesquisas no país, e quase 50% do total de pesquisas das instituições localizadas na região Nordeste. Como fonte de aluminossilicato, o metacaulim foi empregado em mais de 60% do total de trabalhos, e como ativador o hidróxido de sódio com silicato de sódio foi a opção mais amplamente empregada.

Assim, ainda não há um estudo mais aprofundado nas regiões do Brasil que identifiquem os primeiros trabalhos produzidos sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos, os anos mais produtivos, a preferência na escolha de precursores e ativadores *etc.*, e os vieses que propiciaram toda essa ocorrência e predileção.

### 3. METODOLOGIA

Este capítulo visa apresentar e detalhar as etapas de execução do presente estudo. A definição do processo metodológico está relacionada ao problema a ser pesquisado (MORGAN; SMIRCICH, 1980; TRIVIÑOS, 1987), que neste trabalho corresponde ao cenário das pesquisas sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na região sudeste do Brasil.

Com a definição do problema de pesquisa, seu objeto (teses, dissertações e artigos) e recorte espacial (instituições públicas de ensino superior, bem como de instituições particulares que realizam pesquisa científica no sudeste do Brasil), parte-se para a necessidade de delimitar o espaço temporal de análise (Figura 3.1). O ano de 2022 foi estabelecido como limite, enquadrando-se todos os anos anteriores no recorte temporal, o que permite identificar os primeiros trabalhos produzidos na área na região sudeste do Brasil.

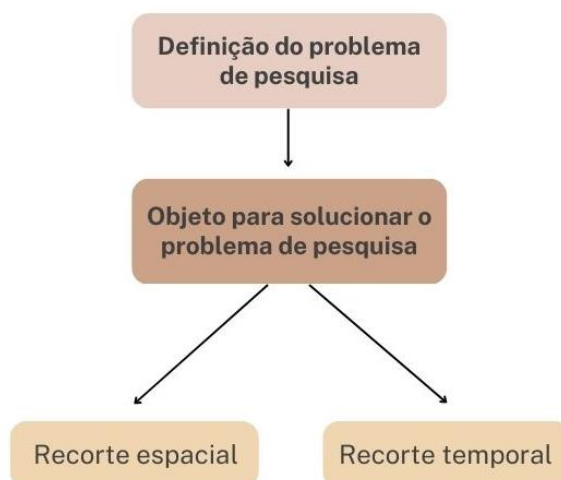


Figura 3.1 - Fluxograma: definição da pesquisa (elaborado pela autora, 2023).

Posteriormente, o programa de pesquisa foi dividido em três etapas:

- i) definição das bases de dados;
- ii) levantamento dos programas e trabalhos (dissertações, teses e artigos) que irão compor o portfólio de pesquisa por meio das bases de dados;
- iii) análise bibliométrica do portfólio, com avaliação quantitativa e qualitativa, segundo os objetivos da pesquisa.

### 3.1 BASE DE DADOS

A definição da base de dados está vinculada aos tipos de informações que ela pode fornecer com os resultados buscados. Assim, buscando-se vincular as produções ao cerne de onde elas são desenvolvidas, neste caso, os programas de pós-graduação das IES, a primeira base de dados a ser utilizada precisa fornecer informações quanto aos programas que se enquadram no recorte espacial, delimitando o campo de análise nas etapas posteriores. A Plataforma Sucupira foi escolhida para o levantamento dos programas de pós-graduação, por ser uma ferramenta *online* do Sistema Nacional de Pós-Graduação (SNPG) que permite coletar informações e servir como referência (BRASIL, 2014).

#### 3.1.1 Teses e dissertações

Após o levantamento dos programas foi necessário encontrar teses e dissertações que se enquadram na pesquisa. Inicialmente, a base de dados utilizada que permite o vínculo do programa de pós-graduação com os trabalhos produzidos é o próprio endereço eletrônico dos programas coletados, buscando por “Teses e Dissertações” nos referidos cursos. Porém, tendo em vista que alguns *sites* institucionais se encontram desatualizados, para certificar-se de que todos os trabalhos produzidos estão sendo coletados, e tratando-se de teses e dissertações, que são consideradas “literatura cinzenta”, e portanto, de difícil acesso, foram necessárias bases de dados complementares.

O Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, que permite a busca por meio de palavras-chave em teses e dissertações, foi o selecionado, já que trata-se de um sistema *online* do governo vinculado ao Ministério da Educação (MEC) para o depósito de teses e dissertações (BACALGINI, 2013). A Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) foi outra base de dados utilizada, pois reúne a produção das universidades brasileiras que utilizam o sistema BDTD do IBICT (IBICT, 2022).

A Plataforma LATTES, que reúne informações de pesquisadores de todo o Brasil, também foi uma ferramenta útil, tanto na busca por trabalhos quanto na coleta da produção de artigos dos pesquisadores. Para certificar-se, mais uma vez, que nenhum trabalho esteja fora do alcance das buscas, o *Google* também serviu de base de dados nas buscas por trabalhos, por meio da utilização de palavras-chave

como: “geopolimerização”, “ativação alcalina” etc. Os procedimentos aqui selecionados serão melhor descritos no próximo tópico.

Por fim, na dificuldade de acesso a algum trabalho, outros meios foram utilizados, tais como ligações telefônicas, *e-mails* e visitas técnicas aos programas.

### 3.1.2 Artigos

Para a busca dos artigos, a base de dados definida foi o currículo Lattes dos pesquisadores que trabalharam com geopolímeros/álcali-ativação. Por se tratar de uma base em que os dados são disponibilizados pelo portador do currículo, a confiabilidade das informações ficou à cargo dos próprios pesquisadores. A busca por artigos objetivou identificar se as dissertações e teses produzidas também originaram artigos científicos.

A *Web of Science* também foi uma base de dados utilizada para coletar artigos sobre a temática de pesquisa, no sentido de identificar as possíveis contribuições científicas entre pesquisadores. É uma plataforma *online* que contém informações bibliográficas e citações, abrangendo quase 1,9 bilhão de referências citadas em mais de 171 milhões de registros (CLARIVATE ANALYTICS, 2023). Os resultados encontrados na *Web of Science* também foram analisados no VOSviewer.

O *software* VOSviewer é uma ferramenta que permite visualizar redes bibliométricas de citação, coautoria, acoplamento bibliográfico, entre outros. O objetivo do seu uso foi o de desenvolver a análise de coautoria entre os pesquisadores que publicaram artigos sobre geopolímeros e materiais alcali-ativados. O *software* utiliza-se do método de força de associação, onde maior será a ligação entre os itens quanto maior for a frequência de documentos produzidos por um conjunto de autores (van Eck e Waltman, 2019).

A Figura 3.2 resume as bases de dados que foram definidas neste trabalho em função de cada objetivo.

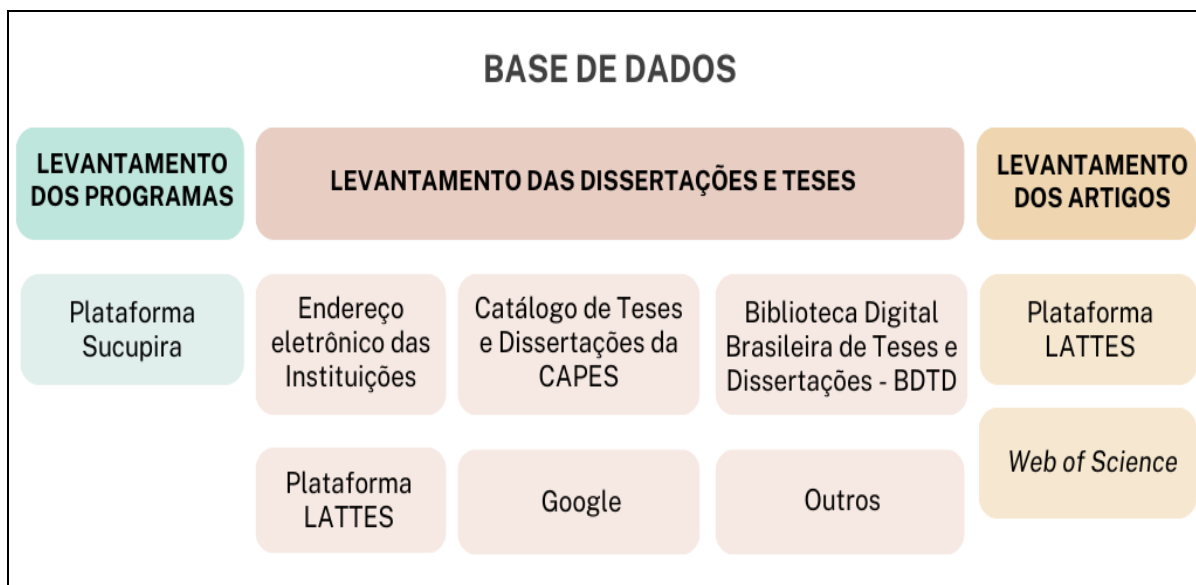


Figura 3.2 - Esquema: base de dados (elaborado pela autora, 2023).

## 3.2 COMPOSIÇÃO DO PORTFÓLIO

### 3.2.1 Programas de pós-graduação

#### 3.2.1.1 Plataforma Sucupira

O acesso aos dados dos programas cadastrados na Plataforma Sucupira (CAPES, 2022e) foi feito por meio do módulo Coleta CAPES (CAPES, 2022b), em que é possível a busca por cursos selecionando opções como programa, nota do curso, modalidade (acadêmico ou profissional), situação, região e unidade federativa. Na Figura 3.3 estão indicados os campos preenchidos para o levantamento dos programas. Como as áreas que geralmente estudam esses materiais são a Engenharia Civil, a Engenharia e Ciência dos Materiais e a Química, foram esses os campos preenchidos nas buscas pelos programas (campo 1).

No campo das notas dos cursos (2) utilizou-se cursos acima de nota 3, inclusive, pois segundo a avaliação do Ministério da Educação (BRASIL, 2013), correspondem aos cursos de pós-graduação *stricto sensu* com desempenho regular dentro dos padrões mínimos de qualidade; cursos com nota 1 ou 2 não são credenciados. Na situação do programa (campo 3) foram preenchidos a situação “em funcionamento” (conforme indicado na Figura 3.3) e, também, “desativado” e “em desativação”, tendo em vista o interesse em cursos que, apesar de estarem em

processo de desativação ou não mais em funcionamento, podem ter alguma produção afim à temática da pesquisa no tempo adotado. Na modalidade (campo 4) optou-se por cursos acadêmicos, uma vez que o interesse do presente estudo é o meio acadêmico, e no campo (5) a região sudeste, recorte espacial analisado.

The image shows a web form titled "Dados Cadastrais do Programa" (Program Registration Data). The form contains several fields and options, with red arrows and numbers 1 through 5 pointing to specific elements:

- 1:** Points to the "Programa:" dropdown menu, which is currently set to "Engenharia Civil".
- 2:** Points to a table of course grades (Nota do Curso). The table has two columns: the first column contains the numbers 3, 4, 5, 6, and 7; the second column contains a blue 'x' icon. The number 5 is highlighted.
- 3:** Points to the "Situação do Programa:" dropdown menu, which is currently set to "EM FUNCIONAMENTO".
- 4:** Points to the "Modalidade:" dropdown menu, which is currently set to "ACADEMICO".
- 5:** Points to the "Região:" dropdown menu, which is currently set to "Sudeste".

Other fields in the form include "Instituição de Ensino Superior:", "Área Básica:", "Área de Avaliação:", and "UF:" (with a "-- SELECIONE --" option).

Figura 3.3 - Busca por programas: Plataforma Sucupira (CAPES, 2022e).

Os dados para compor esta análise foram coletados durante o mês de fevereiro de 2022, e novamente atualizados em abril de 2023. Na primeira coleta de fevereiro estavam disponíveis apenas a avaliação do Quadriênio 2013-2016, sendo necessário atualizar para a avaliação mais recente, o Quadriênio 2017-2020, que ficou disponível posteriormente e trouxe atualizações quanto ao funcionamento e notas dos cursos em relação a avaliação anterior.

### 3.2.2 Teses e dissertações

#### 3.2.2.1 Endereço eletrônico das instituições de ensino superior

Com os cursos levantados, o primeiro acesso aos trabalhos foi feito por meio dos próprios endereços eletrônicos dos programas de pós-graduação. Comumente os *sites* possuem repositório próprio de teses e dissertações. Em alguns repositórios há a possibilidade de procurar por palavras-chave e incluir filtros de busca só por teses ou só por dissertações, por exemplo; em outros, no entanto, é preciso uma busca minuciosa por cada um dos trabalhos que mencionem ou que tenham alguma relação com a temática do presente estudo.

Na busca por meio de palavras-chave, optou-se pelos seguintes termos: “geopolímero(s)”, “geopolimerização”, “álcali-ativação”, “álcali-ativado(a)”, “ativação alcalina”, “alcalinamente ativado” e “ativado alcalinamente”. Estes também foram os termos buscados nos títulos quando da ausência de buscador nos *sites*, além da leitura de prévias e/ou resumos disponíveis.

Os trabalhos encontrados foram dispostos em tabelas no Excel, com todas as informações pertinentes que foram necessárias nas análises posteriores, tais como data, material estudado, precursor, ativador *etc.* A coleta de trabalhos através desta base foi realizada durante o mês de março de 2022 e novamente em abril de 2023, a partir dos dados atualizados dos cursos. Foram encontrados registros de trabalhos sobre a temática de geopolímeros e materiais álcali-ativados nos endereços eletrônicos a partir do ano de 1999, no entanto, observou-se que trabalhos mais antigos, como este identificado, não estavam disponíveis eletronicamente.

#### 3.2.2.2 Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES

O acesso ao Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES deu-se por meio do endereço eletrônico (CAPES, 2022c), que permite realizar a busca por meio de palavras-chave, podendo incluir filtros do tipo de trabalho (mestrado ou doutorado), ano, autor, orientador, área do conhecimento, nome do programa, nome da instituição *etc.* A Figura 3.4 mostra a interface de busca de trabalhos no Catálogo e a Figura 3.5 os resultados encontrados com os filtros utilizados nas buscas.



Figura 3.4 - Busca por trabalhos: catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (CAPES, 2022a).

As buscas foram feitas com base nos termos já mencionados, utilizando filtros de pesquisa, tendo em vista que o Catálogo abriga uma infinidade de trabalhos de diversas instituições. Os filtros utilizados foram (Figura 3.5): nome do programa (Engenharia Civil, Engenharia e Ciência dos Materiais, Química, Engenharia Química) (campo 1) e instituição (campo 2), utilizando-se o nome das instituições dos programas levantados anteriormente na Plataforma Sucupira. Os demais filtros foram julgados não necessários, tendo em vista que esses dois campos já atenderam muito bem aos objetivos do presente estudo.

**139** resultados para **geopolímeros**

Exibindo 1-20 de 139

**Refinar meus resultados**

**Nome Programa:** 31 opções **1**

- ENGENHARIA CIVIL 42
- ENGENHARIA QUÍMICA 17
- ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL 8

**Instituição:** 34 opções **2**

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA 22
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO 12

Figura 3.5 - Filtros de busca por trabalhos: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (CAPES, 2022a).



O levantamento dos trabalhos nesta base de dados foi realizado também durante o mês de março de 2022 e novamente em abril de 2023. O primeiro registro de trabalho encontrado utilizando as etapas aqui descritas foi no ano de 2000, porém, o trabalho em meio eletrônico também não estava disponível para acesso.

### 3.2.2.3 Biblioteca Digital de Teses e Dissertações

O acesso à Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) também foi realizado por meio do endereço eletrônico (IBICT, 2022), com buscas por termos específicos e utilização de filtros para refinar as pesquisas. A Figura 3.6 mostra a interface inicial da BDTD, na qual as buscas foram feitas com a opção “Todos os campos” (campo 1) e busca (campo 2). E nos filtros também foram utilizados: nome da instituição (campo 1) e do programa (campo 2), conforme mostra a Figura 3.7.

A busca por trabalhos nesta base de dados foi realizada durante os meses de março e abril de 2022 e novamente em maio de 2023. O primeiro registro de trabalhos nesta base de dados foi do ano de 2007, posterior aos dados encontrados no Catálogo da CAPES e do repositório das IES.



Figura 3.6 - Busca por trabalhos: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (IBICT, 2022).



Figura 3.7 - Filtro de busca por trabalhos: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (IBICT, 2022).

#### 3.2.2.4 Plataforma LATTES

A pesquisa na Plataforma LATTES (CNPQ, 2022) foi feita por meio da busca dos currículos dos pesquisadores. A ferramenta foi útil à medida que os trabalhos que foram levantados nas bases de dados anteriores tenham o currículo LATTES dos orientadores e coorientadores indicados na plataforma. O objetivo foi encontrar artigos que se enquadrassem nas pesquisas de orientadores e coorientadores que possam ter trabalhado ou participado da banca examinadora, mas que ainda não estivessem em nenhuma base de dados.

Vale ressaltar que o acesso ao currículo LATTES não permite campo de pesquisa, sendo as buscas feitas visualmente. Esse procedimento pode, no entanto, não ter tanta confiabilidade quanto a busca por palavras-chave, uma vez que se trata de uma busca visual; porém, foi utilizado como ferramenta de pesquisa para complementar a outras de maior confiança utilizadas anteriormente. Os dados foram coletados da plataforma Lattes durante o mês de maio de 2022 e atualizados novamente nos meses de maio e junho de 2023.

### 3.2.2.5 Google

A busca por trabalhos no *site* Google (GOOGLE INC., 2022) foi feita de forma a verificar se há alguma tese ou dissertação sobre a temática em análise e que também não se encontra nas bases de dados pesquisadas anteriormente. Para isso, a entrada foi no campo de pesquisa com os termos já mencionados [geopolímeros(s); geopolimerização; álcali-ativação *etc.*], seguido do nome do programa (Engenharia Civil; Engenharia e Ciência dos Materiais; Química *etc.*) e o nome da instituição. O ponto de parada da pesquisa foi quando os resultados não estavam mais convergindo aos termos buscados. No google, as pesquisas foram feitas também em maio de 2022 e junho de 2023.

### 3.2.2.6 Outros meios

Na indisponibilidade de algum trabalho nas bases de dados relatadas anteriormente, outros meios foram utilizados, tais como contato via *e-mail* e ligação telefônica aos pesquisadores e visita técnica à IES, dependendo das informações necessárias. A busca por informações através desses outros meios disponíveis deu-se durante todo o levantamento dos trabalhos, tanto em 2022 como posteriormente em 2023.

## 3.2.3 Artigos

### 3.2.3.1. Plataforma LATTES

O Currículo Lattes (CNPQ, 2022) dos orientadores e coorientadores de teses e/ou dissertações sobre geopolímeros/álcali-ativação foram buscados tanto como complemento no levantamento das teses/dissertações quanto no levantamento dos artigos. A seção para contabilizar os artigos foi “produções bibliográficas - artigos completos publicados em periódicos”, buscando-se por artigos que abordassem a temática geopolimerização/álcali-ativação. Diferentemente das teses e dissertações, os artigos foram somente contabilizados, não interessando neste momento o que foi produzido e os materiais utilizados nas pesquisas, mas tão somente a quantidade

produzida. As informações dos artigos foram dispostas em tabelas, reunindo informações como títulos, revistas publicadas e ano de publicação.

Posteriormente, foram verificados se estes artigos se originaram de alguma tese/dissertação a partir dos títulos e dos autores. A busca por artigos na plataforma Lattes foi feita em maio de 2022 e em junho de 2023.

### 3.2.3.2. *Web of Science*

O ingresso na *Web of Science* foi feito por meio do Acesso CAFe – Comunidade Acadêmica Federada da plataforma Periódicos CAPES (CAPES, 2023), via lista de bases. O Acesso CAFe corresponde ao conteúdo restrito pago do portal, mas que possui acesso remoto para os usuários vinculados à IES participantes da rede da Comunidade, por meio do *login* no *e-mail* institucional. Assim, após acesso ao Portal de Periódicos da CAPES (Figura 3.8), foi preciso clicar no Acesso CAFe para ser redirecionado à seleção da Instituição.

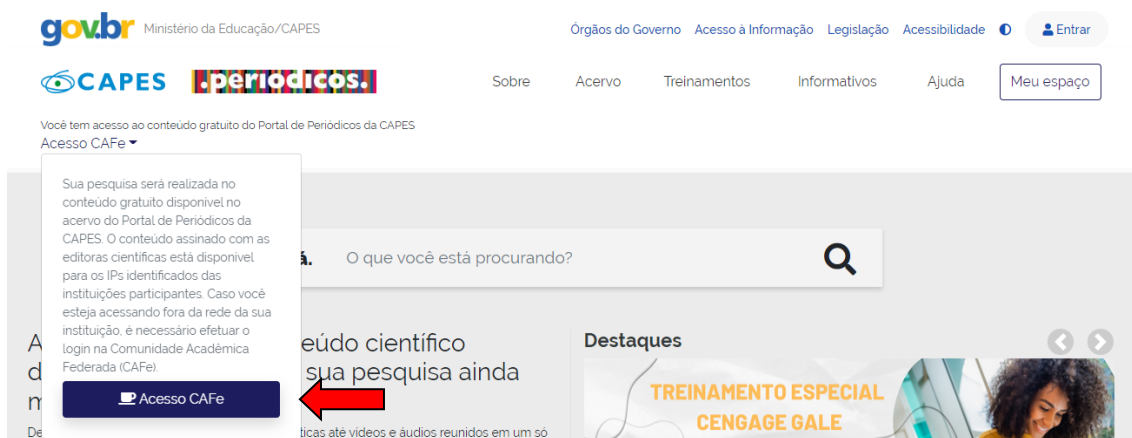


Figura 3.8 - Interface Periódicos CAPES: Acesso CAFe (CAPES, 2023).

A UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro) foi utilizada como instituição de acesso (Figura 3.9), uma vez que corresponde à instituição da autora desta pesquisa e que permite o ingresso de *e-mail* e senha vinculados ao Portal da IES, já pertencentes à autora do presente estudo.



Figura 3.9 - Acesso remoto via CAFe (CAPES, 2023).

Foi necessário, após o direcionamento para a realização do *login* no Portal da instituição, acessar “Acervo” (campo 1) e “Lista de Bases” (campo 2), como mostra a Figura 3.10, que redirecionou para a página de busca da base. Na Lista de Bases (Figura 3.11), a busca foi feita por títulos (campo 1), selecionando “Contém a palavra” (campo 2) e incluindo *Web of Science* (campo 3).

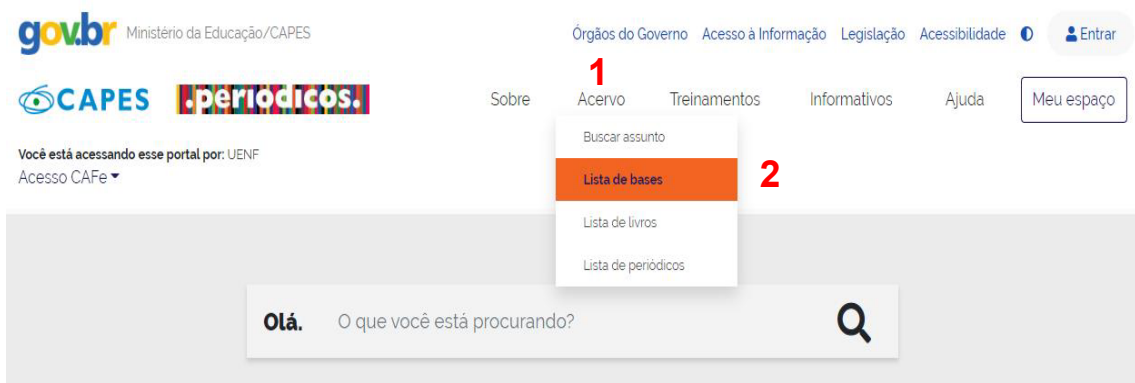


Figura 3.10 - Portal Periódicos CAPES: acesso remoto via CAFe (CAPES, 2023).

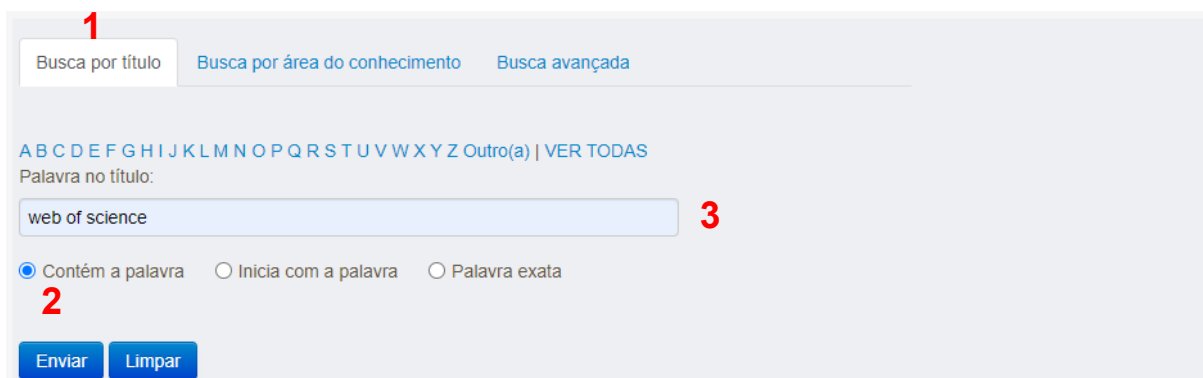


Figura 3.11 - Lista de bases: acesso remoto via CAFe (CAPES, 2023).

Na interface de busca da *Web of Science* (Figura 3.12) foi possível localizar documentos por meio de palavras-chave e filtros de pesquisa. Optou-se por utilizar operadores lógicos para maior assertividade nas buscas, definindo dois grupos de palavras-chave separados por “OR” e separados entre si por “AND”, a saber: “alkali-activated OR alkali-activation OR alkali-activated materials AND geopolymer OR geopolymerization OR geopolymeric” foram as palavras buscadas.

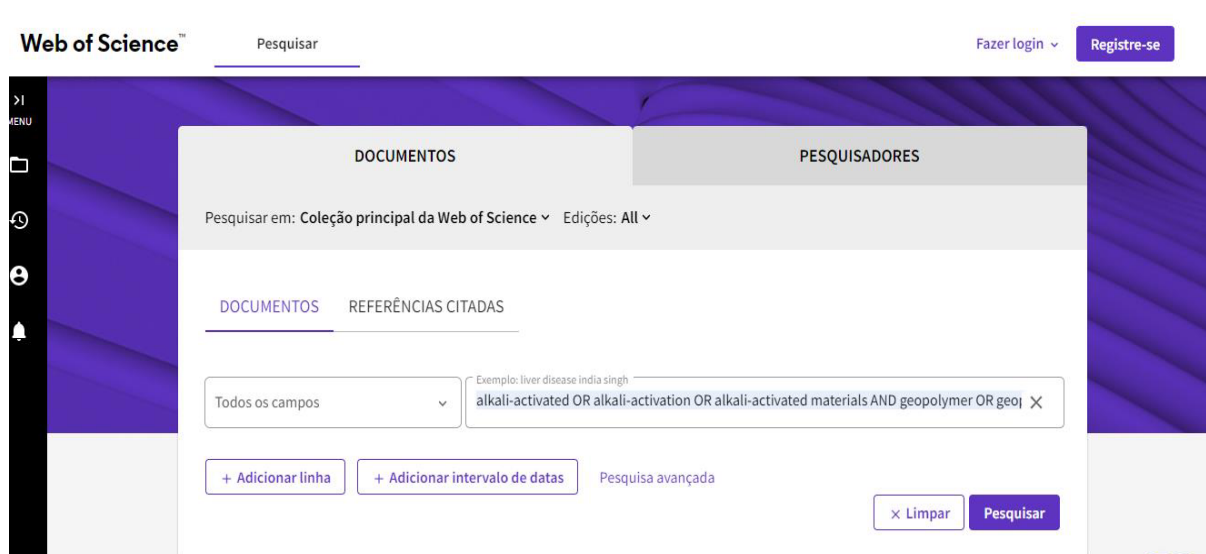


Figura 3.12 - Interface de busca: *Web of Science* (CLARIVATE ANALYTICS, 2023).

No refinamento da busca, restringiu-se a pesquisa somente no Brasil, utilizando o filtro por Países/Regiões e por ano de publicação, considerando até 2022. Para delimitar ainda mais a origem dos artigos buscados, uma vez que o recorte espacial compreende a região sudeste do Brasil, utilizou-se filiações por instituições de ensino superior, selecionando apenas as IES da região sudeste. Desta forma, as buscas retornaram apenas artigos que se enquadravam no recorte temporal e espacial proposto. A busca por artigos na *Web of Science* foi realizada durante o mês de julho de 2023, com o primeiro registro de artigos sobre a temática encontrado no ano de 2012.

Posteriormente, os arquivos encontrados foram exportados em formato .TXT para serem analisados no VOSviewer.

### 3.2.3.3. VOSviewer

Foi utilizado o *software* VOSviewer versão 1.6.19 na elaboração do mapa bibliográfico. Inicialmente, foi necessário incluir o arquivo gerado pela busca na *Web of Science*, que serviu de base para o *software* localizar os autores e realizar algumas adequações. O tipo de análise também precisou ser definido, que neste caso corresponde à coautoria, e às delimitações (Figura 3.13), identificando o número mínimo de documentos por autor (campo 1) e número mínimo de citações por autor (campo 2). Foram considerados apenas autores com no mínimo um documento na amostra e com no mínimo uma citação, conforme a Figura 3.13.

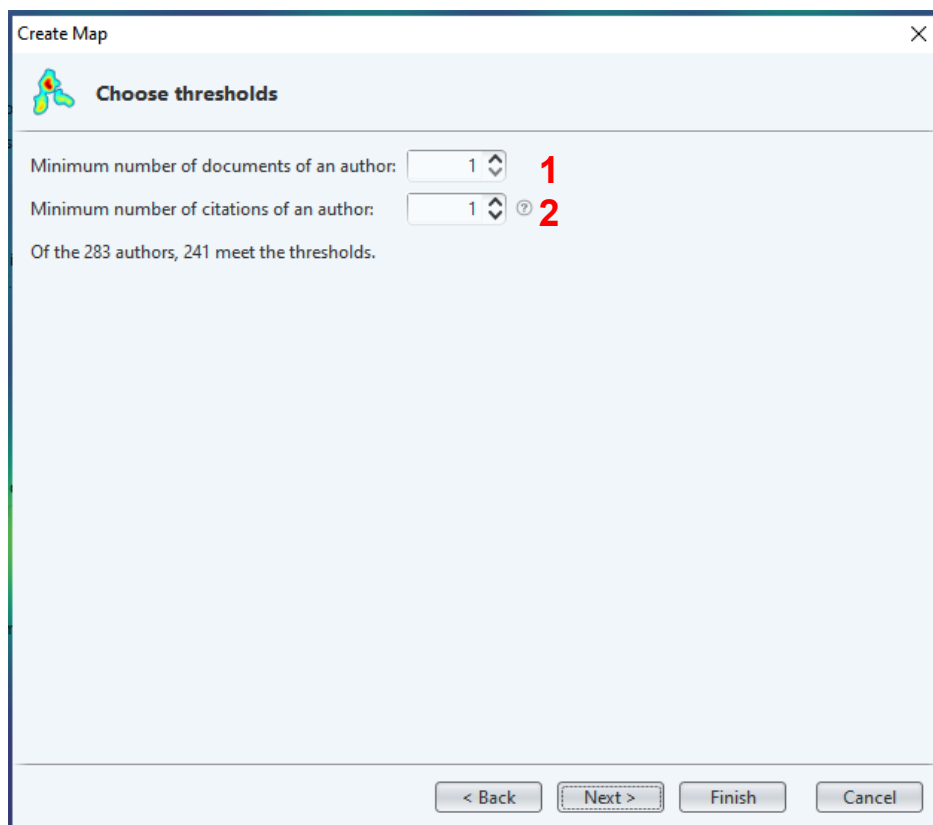


Figura 3.13 - Fragmento do VOSviewer (CLARIVATE ANALYTICS, 2023).

Após essas adequações, o *software* gerou um mapa com os nomes dos autores que publicaram artigos e suas interligações com outros autores, sendo possível identificar as redes de colaboração entre eles.

### 3.3 ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

A etapa seguinte ao levantamento correspondeu à análise e tratamento do portfólio, buscando-se encontrar respostas às perguntas efetuadas nos objetivos do presente estudo.

Na análise das dissertações e teses, cada instituição teve seus trabalhos contabilizados, permitindo, assim, comparar quais produziram maior quantidade em seu estado e qual instituição que mais produziu na região sudeste. O mesmo foi feito para os anos de produção, para os materiais estudados e para os tipos de precursores e ativadores utilizados. Na identificação dos parâmetros de resistência e dosagens, estas informações foram extraídas diretamente dos trabalhos.

Para os artigos, os procedimentos foram similares aos realizados para teses e dissertações, buscando-se responder os questionamentos levantados nos objetivos iniciais do presente trabalho. Na análise dos mapas bibliográficos de coautoria gerados pelo VOSviewer, a interpretação deu-se diretamente pelo aspecto gráfico das imagens geradas.

Finalmente, a quantificação das dissertações, teses e artigos e a elaboração de gráficos, a partir dos resultados levantados, foram feitos no Excel e, posteriormente, pôde-se realizar análises e inferências que contribuiram para a discussão dos resultados obtidos. A Figura 3.14 a seguir mostra um fluxograma resumindo todas as etapas descritas na metodologia aqui apresentada.

É importante ressaltar ainda, que como apontado, ao buscar dissertações e teses nas bases de dados selecionadas utilizando os mesmos critérios (provenientes de programas de PG das áreas selecionadas da região sudeste), foram encontrados os primeiros registros em diferentes períodos de tempo. Isso indica que as informações das bases não estão integradas entre si. Foi identificado ainda que alguns desses registros mais antigos encontrados não estavam com a versão digital disponível, apontando que além de não estarem integradas, há uma certa defasagem na disponibilidade de acesso à essa literatura mais antiga, estando estas mais restritas às bibliotecas das universidades. Assim, essas questões afetam na análise dos dados, uma vez que eles precisam estar disponíveis para serem coletados e analisados.



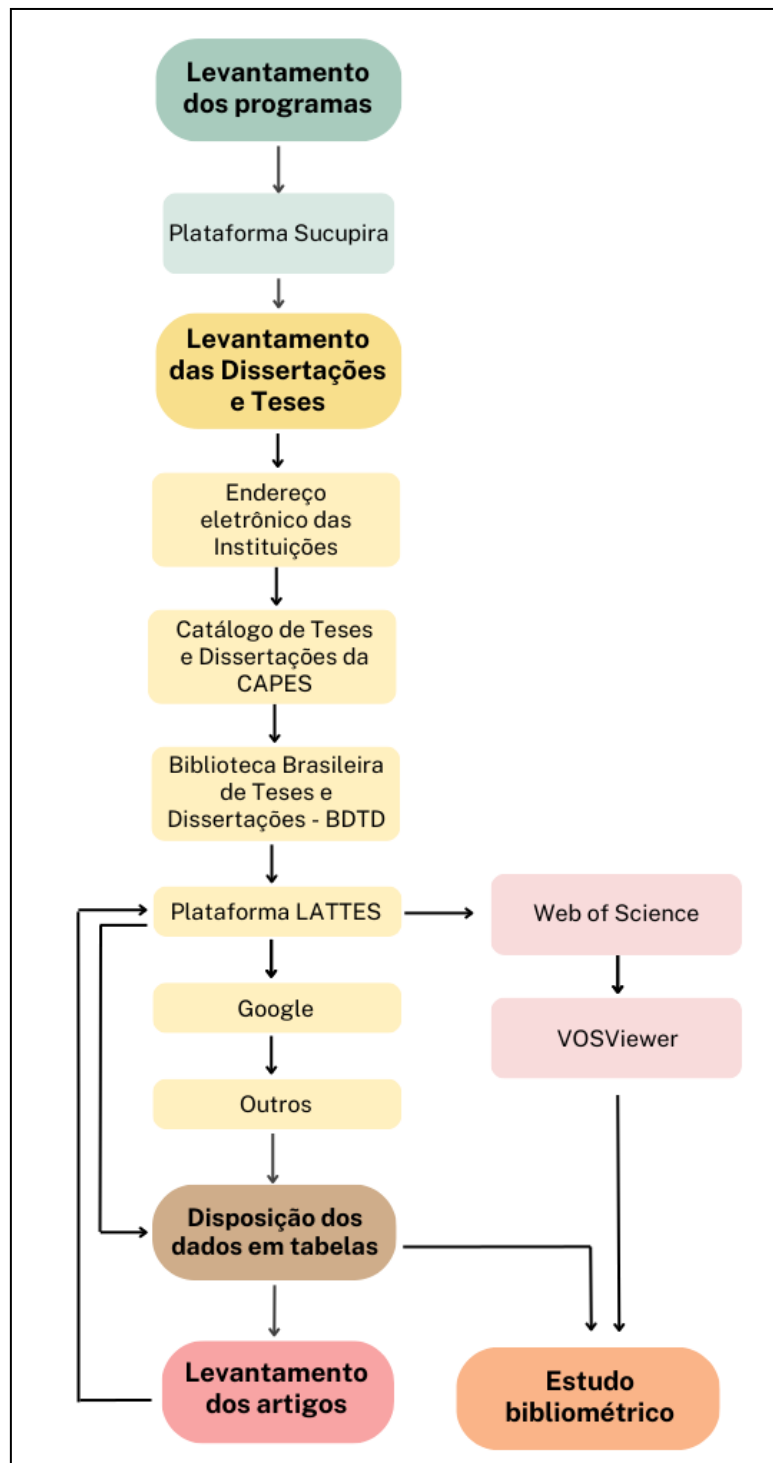


Figura 3.14 - Fluxograma das etapas da metodologia utilizada no presente estudo (elaborado pela autora, 2023).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO

Foram encontrados na Plataforma Sucupira programas de pós-graduação nas áreas de interesse (Engenharia Civil, Engenharia/Ciência dos Materiais e Química/Engenharia Química) e que se enquadram no recorte espacial da pesquisa (provenientes de instituições públicas e particulares que realizam pesquisa científica) nos quatro estados da região Sudeste do Brasil, tanto nos níveis de mestrado quanto de doutorado. A Tabela 4.1 mostra a relação dos programas encontrados por estado com suas respectivas Instituição de Ensino Superior (IES), notas dos cursos e situação atual. As IES que possuem mais de uma unidade, como a USP - Universidade de São Paulo, foram separadas nas análises para melhor visualização da distribuição espacial. Foram encontrados oitenta e três programas, distribuídos em trinta e sete instituições de ensino.

Tabela 4.1 - Programas de pós-graduação na Região Sudeste.

PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO – REGIÃO SUDESTE				
ESPÍRITO SANTO				
IES	Nome do programa	Notas do curso		Situação
		Mestrado	Doutorado	
Ufes - Universidade Federal do Espírito Santo	Pós-graduação em Engenharia Civil	4	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	3	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	5	5	Em funcionamento
Ifes - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo	Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais	4	-	Em funcionamento
MINAS GERAIS				
IES	Nome do programa	Notas do curso		Situação
		Mestrado	Doutorado	
UFV - Universidade Federal de Viçosa	Pós-graduação em Engenharia Civil	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	3	-	Em funcionamento
UFU - Universidade Federal de Uberlândia	Pós-graduação em Engenharia Civil	4	-	Em funcionamento

Tabela 4.1 - Programas de pós-graduação na Região Sudeste (continuação).

<b>PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO – REGIÃO SUDESTE</b>				
<b>MINAS GERAIS</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Notas do curso</b>		<b>Situação</b>
		<b>Mestrado</b>	<b>Doutorado</b>	
UFU - Universidade Federal de Uberlândia	Pós-graduação em Engenharia Química	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	6	6	Em funcionamento
UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto	Pós-graduação em Engenharia Civil	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	3	-	Em funcionamento
Cefet-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	Pós-graduação em Engenharia Civil	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia de Materiais	3	-	Em funcionamento
UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora	Pós-graduação em Engenharia Civil	4	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	5	5	Em funcionamento
UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá	Pós-graduação em Materiais para Engenharia	4	4	Em funcionamento
UNIFAL-MG - Universidade Federal de Alfenas	Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais	4	4	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	3	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	4	4	Em funcionamento
UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais	3	-	Em funcionamento
UEMG - Universidade do Estado de Minas Gerais/UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto	Pós-graduação em Engenharia de Materiais - UFOP – UEMG	4	4	Em funcionamento
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais	Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas	6	6	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	4	4	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	7	7	Em funcionamento
UFSJ - Universidade de São João del-Rei	Pós-graduação em Física e Química de Materiais	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	3	-	Em funcionamento
UFVJM - Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri	Pós-graduação em Química	4	4	Em funcionamento

Tabela 4.1 - Programas de pós-graduação na Região Sudeste (continuação).

<b>PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO – REGIÃO SUDESTE</b>				
<b>RIO DE JANEIRO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Notas do curso</b>		<b>Situação</b>
		<b>Mestrado</b>	<b>Doutorado</b>	
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais	6	6	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	6	6	Em funcionamento
UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Química	4	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	4	4	Em funcionamento
UFF - Universidade Federal Fluminense	Pós-graduação em Engenharia Civil	4	4	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	3	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	6	6	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	-	-	Desativado
UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	4	4	Em funcionamento
	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais	3	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	4	4	Em funcionamento
UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	4	4	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais	4	4	Em funcionamento
PUC-Rio - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	6	6	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química, de Materiais e Processos ambientais	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	5	5	Em funcionamento
IME - Instituto Militar de Engenharia	Pós-graduação em Ciência dos Materiais	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	4	4	Em funcionamento
Cefet/RJ - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca	Pós-graduação em Engenharia Mecânica e Tecnologia de Materiais	4	4	Em funcionamento

Tabela 4.1 - Programas de pós-graduação na Região Sudeste (continuação).

<b>PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO – REGIÃO SUDESTE</b>				
<b>SÃO PAULO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Notas do curso</b>		<b>Situação</b>
		<b>Mestrado</b>	<b>Doutorado</b>	
USP - Universidade de São Paulo	Pós-graduação em Engenharia Civil	6	6	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Materiais	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	7	7	Em funcionamento
Unicamp - Universidade Estadual de Campinas	Pós-graduação em Engenharia Civil	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	7	7	Em funcionamento
UNESP-IS - Universidade Estadual Paulista câmpus de Ilha Solteira	Pós-graduação em Engenharia Civil	4	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Ciência dos Materiais	6	6	Em funcionamento
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos	Pós-graduação em Engenharia Civil	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Ciência dos Materiais	4	4	Em funcionamento
	Pós-graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	7	7	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	7	7	Em funcionamento
UNESP-Bauru - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho câmpus Bauru	Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais	6	6	Em funcionamento
UNESP-ARAR - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Araraquara)	Pós-graduação em Química	7	7	Em funcionamento
UNESP-SJRP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (São José do Rio Preto)	Pós-graduação em Química	5	5	Em funcionamento
USP/SC - Universidade de São Paulo (São Carlos)	Pós-graduação em Engenharia Civil	7	7	Em funcionamento

Tabela 4.1 - Programas de pós-graduação na Região Sudeste (conclusão).

<b>PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO – REGIÃO SUDESTE</b>				
<b>SÃO PAULO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Notas do curso</b>		<b>Situação</b>
		<b>Mestrado</b>	<b>Doutorado</b>	
USP/SC - Universidade de São Paulo (São Carlos)	Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais	6	6	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	7	7	Em funcionamento
USP/RP - Universidade de São Paulo (Ribeirão Preto)	Pós-graduação em Química	6	6	Em funcionamento
UFABC - Universidade Federal do ABC	Pós-graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais	3	-	Em funcionamento
USP/EEL - Escola de Engenharia de Lorena	Pós-graduação em Engenharia de Materiais	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	4	4	Em funcionamento
UPM - Universidade Presbiteriana Mackenzie	Pós-graduação em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia	4	4	Em funcionamento
Unifesp - Universidade Federal de São Paulo	Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Materiais	5	5	Em funcionamento
	Pós-graduação em Engenharia Química	3	-	Em funcionamento
	Pós-graduação em Química	4	4	Em funcionamento
FEI - Centro Universitário da FEI	Pós-graduação em Engenharia Química	3	-	Em funcionamento
Faenquil - Faculdade de Engenharia Química de Lorena	Pós-graduação em Engenharia de Materiais	-	-	Desativado
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	Desativado

Dos oitenta e três programas encontrados, como pode ser observado na Tabela 4.1, somente um está “em desativação”, que foi o curso de pós-graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), em Minas Gerais, iniciado em agosto de 2011; e três cursos desativados: a pós-graduação em Química da Universidade Federal Fluminense (UFF) no Rio de Janeiro, que teve início em abril de 2002, mas que a partir de 2008 extinguiu-se e passou a ser unificada ao programa de química orgânica da mesma instituição; e os cursos de pós-graduação em Engenharia de Materiais, iniciado em

agosto de 1988 e de Engenharia Química, com início em março de 2001, ambos da Faculdade de Engenharia Química de Lorena (Faenquil) em São Paulo, que em 2006 foi extinta e os cursos levados para a Escola de Engenharia de Lorena – USP/EEL. Os demais programas apresentaram situação “em funcionamento”.

Observa-se, ainda, o curso de Pós-graduação em Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) que provém da colaboração, inicialmente, de três instituições: as duas mencionadas acima e o Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), que deixou a rede em 2014. O curso surgiu da necessidade da demanda das três instituições por um programa de pós-graduação na área de metalurgia e materiais. Atualmente a UFOP é a instituição coordenadora, enquanto a UEMG é instituição associada (REDEMAT, 2022). Assim, trabalhos produzidos neste programa serão contabilizados para as duas instituições.

A Tabela 4.2 abaixo resume o quantitativo de programas encontrados por estado e por área que foram destrinchados na Tabela 4.1 anterior.

Tabela 4.2 - Quantitativo geral dos programas de pós-graduação.

<b>QUANTITATIVO DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO</b>				
<b>Estado</b>	<b>Quantidade de programas por áreas</b>			<b>Total de programas</b>
	<b>Engenharia Civil</b>	<b>Engenharia/Ciência dos Materiais</b>	<b>Química/Engenharia Química</b>	
Espírito Santo	1	2	1	4
Minas Gerais	5	8	11	24
Rio de Janeiro	5	6	11	22
São Paulo	6	12	15	33
	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>38</b>	<b>83</b>

O estado de São Paulo apresentou maior concentração desses programas, como pode ser observado na tabela anterior, com total de trinta e três, permitindo maior campo de pesquisas e possibilidades para o estado; e o Espírito Santo o menor número, com apenas quatro programas de pós-graduação nas áreas de interesse. Essas tendências já eram de se esperar, uma vez que São Paulo é o estado com maior número de estudantes de pós-graduação do país (BRASIL, 2018), e o Espírito Santo o estado com menor número de programas de pós-graduação da Região Sudeste (CAPES, 2022c).

## 4.2 TESES E DISSERTAÇÕES

Foram encontradas teses e dissertações sobre geopolímeros/materiais alcali-ativados nos programas de pós-graduação pesquisados (Tabela 4.1) em três dos quatro estados da Região Sudeste. O estado do Espírito Santo não contou com nenhum trabalho produzido sobre a temática no recorte de tempo analisado, tendo seus dados não contabilizados na pesquisa. Mesmo possuindo programas de pós-graduação em áreas que, geralmente, abordam o estudo de tais materiais (Engenharia Civil, Engenharia/Ciência dos Materiais e Química/Engenharia Química) com, inclusive, linhas de pesquisa afins à temática, como o Programa de Engenharia Civil da UFES, que possui linhas de pesquisa sobre utilização de resíduos industriais e construções sustentáveis, nenhum trabalho foi identificado.

Essa ocorrência revela desinteresse sobre a temática por parte da comunidade científica no estado do Espírito Santo, que apesar de possuir programas e linhas de pesquisa que poderiam estudar a temática, não há um número de pesquisadores suficientemente interessados no assunto. Ainda assim, a ausência de pesquisas naquele estado revela oportunidades para que futuras pesquisas sejam realizadas, uma vez que campos disponíveis para isso existem.

Tratando-se dos estados restantes, também, nem toda instituição que possui programas de pós-graduação nas áreas de interesse apresentou tese e/ou dissertação sobre a temática da pesquisa, mesmo aquelas com mais programas, uma vez que instituições com mais programas em áreas que estudam esses materiais apresentam maior possibilidade de ocorrência de trabalhos do que instituições que possuem apenas um programa, por exemplo. Desta forma, questões permeiam a ocorrência ou não de trabalhos sobre geopolímeros/materiais alcali-ativados nas instituições e programas de pós-graduação de cada estado, seja pelo desconhecimento do tema, falta de interesse ou até mesmo falta de incentivos por pesquisas na área.



## 4.2.1 Produções por estado

### 4.2.1.1 Minas Gerais

Minas Gerais possui vinte e quatro programas de pós-graduação nas áreas de interesse desta pesquisa (Tabela 4.2), distribuídos por doze instituições de ensino superior. A Tabela 4.3 mostra o número de trabalhos produzidos por cada programa, o total por instituição e o total produzido no estado.

Tabela 4.3 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: Minas Gerais.

<b>MINAS GERAIS</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
UFV - Universidade Federal de Viçosa	Pós-graduação em Engenharia Civil	1	1	<b>2</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
UFU - Universidade Federal de Uberlândia	Pós-graduação em Engenharia Civil	3	-	<b>3</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto	Pós-graduação em Engenharia Civil	4	1	<b>5</b>
	Pós-graduação em Química	-	-	
Cefet-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	Pós-graduação em Engenharia Civil	12	1	<b>17</b>
	Pós-graduação em Engenharia de Materiais	4	-	
UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	-	<b>0</b>
	Pós-graduação em Química	-	-	
UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá	Pós-graduação em Materiais para Engenharia	-	-	<b>0</b>
UNIFAL-MG - Universidade Federal de Alfenas	Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais	-	-	<b>0</b>
	Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (Em desativação)	-	-	
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	

Tabela 4.3 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: Minas Gerais (conclusão).

<b>MINAS GERAIS</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais	-	-	<b>0</b>
UEMG - Universidade do Estado de Minas Gerais/UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto	Pós-graduação em Engenharia de Materiais - UFOP - UEMG	1	-	<b>1</b>
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais	Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas	3	2	<b>8</b>
	Pós-graduação em Química	-	1	
	Pós-graduação em Engenharia Química	2	-	
UFSJ - Universidade Federal de São João del-Rei	Pós-graduação em Física e Química de Materiais	2	1	<b>3</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
UFVJM - Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri	Pós-graduação em Química	-	-	<b>0</b>
<b>Total de teses/dissertações - Minas Gerais</b>		<b>32</b>	<b>7</b>	<b>39</b>

De acordo com os dados do levantamento da Tabela 4.3, Minas Gerais produziu trinta e nove trabalhos sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados, provenientes de sete instituições de ensino e nove programas de pós-graduação, com um total de trinta e duas dissertações e sete teses produzidas. Esse resultado indica que 58,33% das doze instituições que possuem programas de pós-graduação em áreas que poderiam ter trabalhos sobre a temática produziram pelo menos um trabalho, ou seja, o estudo desses materiais está presente em um pouco mais da metade das instituições analisadas no estado.

Em relação aos números de programas disponíveis, e quais deste possuíam trabalhos sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados, apenas dez dos vinte e quatro programas de pós-graduação da área de interesse possuem trabalhos sobre a temática. Isto significa que cerca de 58,33% dos programas de pós-graduação que poderiam estar produzindo estudos sobre a temática não possuem nenhum trabalho de dissertação e/ou tese sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos.

Nesse sentido, o estado de Minas Gerais, embora conte com uma quantidade significativa de programas de PG, colocando-se entre o estado de São Paulo e do Rio de Janeiro em quantidade (Tabela 4.2), e trabalhos na temática, esses números não estão bem distribuídos entre as instituições, haja vista que ainda há IES não produzindo nada sobre o assunto, enquanto outras produzem bastante, como é o caso do Cefet-MG.

#### 4.2.1.2 Rio de Janeiro

O estado do Rio de Janeiro possui vinte e dois programas de pós-graduação nas áreas de interesse da pesquisa (Tabela 4.2), distribuídos por oito instituições de ensino superior. A Tabela 4.4 mostra a produção no estado, com a quantidade de teses e dissertações produzidas sobre a temática, o respectivo programa de pós-graduação de pertencimento dos trabalhos, a instituição de ensino e o total produzido pela instituição e estado.

Tabela 4.4 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: Rio de Janeiro.

<b>RIO DE JANEIRO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	1	-	<b>1</b>
	Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais	-	-	
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	<b>0</b>
	Pós-graduação em Química	-	-	
UFF - Universidade Federal Fluminense	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	1	<b>1</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
	Pós-graduação em Química (Desativado)	-	-	
UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	-	<b>0</b>

Tabela 4.4 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: Rio de Janeiro (conclusão).

<b>RIO DE JANEIRO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais	-	-	<b>0</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	13	2	<b>21</b>
	Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais	3	3	
PUC-Rio - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	1	1	<b>2</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química, de Materiais e Processos ambientais	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
IME - Instituto Militar de Engenharia	Pós-graduação em Ciência dos Materiais	10	5	<b>16</b>
	Pós-graduação em Química	-	1	
Cefet/RJ - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca	Pós-graduação em Engenharia Mecânica e Tecnologia de Materiais	-	2	<b>2</b>
<b>Total de teses/dissertações - Rio de Janeiro</b>		<b>28</b>	<b>15</b>	<b>43</b>

De acordo com a Tabela 4.4, o estado do Rio produziu quarenta e três trabalhos sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados procedentes de seis instituições de ensino e oito programas de pós-graduação, com um total de vinte e oito dissertações e quinze teses produzidas.

Relacionando-se o total de instituições de ensino que ofertam programas de pós-graduação nas áreas de interesse no estado do RJ (oito instituições) com as que possuem trabalhos sobre a temática, apenas duas (UERJ e UFRRJ) das oito não contaram com trabalhos. Esse resultado indica que 25% das instituições do Rio de Janeiro que ofertam programas de pós-graduação nas áreas de interesse não realizaram nenhuma pesquisa acadêmica sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos no recorte de tempo analisado. Essa proporção mostra-se inferior ao

encontrado no estado de Minas Gerais, em que 41,67% das instituições não apresentaram nenhum trabalho sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados.

Entretanto, relacionando-se o número total de programas nas áreas de interesse (vinte e dois programas) com os que possuem trabalhos sobre o tema, apenas oito apresentaram algum trabalho de tese ou dissertação sobre a temática. Em média 63,64% dos programas que poderiam estar desenvolvendo pesquisas sobre esses materiais no Rio de Janeiro não possuem nenhuma pesquisa sobre o assunto. Além disso, a distribuição encontra-se desigual entre as instituições, mesmo entre aquelas que contam com mais programas de pós: têm-se duas instituições que mais produzem (UENF e IME), enquanto as demais produziram somente um ou dois trabalhos. Tendências semelhantes apareceram em Minas Gerais, com uma quantidade substancial de trabalhos produzidos restrita a um número pequeno de instituições, enquanto outras pouco ou nada produziram.

#### 4.2.1.3 São Paulo

O estado de São Paulo possui trinta e três programas nas áreas de engenharia civil, ciência/engenharia de materiais e química/engenharia química (Tabela 4.2), distribuídos por quinze instituições de ensino superior. É o estado com maior número de instituições e programas nas áreas de interesse em relação aos demais da Região Sudeste. A Tabela 4.5 mostra o número de teses e dissertações sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados encontrados em cada programa de pós-graduação pesquisado, a instituição de ensino de pertencimento dos programas, bem como o total produzido por instituição e por todo o estado de São Paulo.

Tabela 4.5 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: São Paulo.

<b>SÃO PAULO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
USP - Universidade de São Paulo	Pós-graduação em Engenharia Civil	1	1	4
	Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Materiais	-	-	
	Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais	1	1	

Tabela 4.5 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: São Paulo (continuação).

<b>SÃO PAULO</b>				
IES	Nome do programa	Quantidade		Total por Instituição
		Dissertação	Tese	
USP - Universidade de São Paulo	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	<b>0</b>
	Pós-graduação em Química	-	-	
Unicamp - Universidade Estadual de Campinas	Pós-graduação em Engenharia Civil	1	2	<b>3</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
UNESP-IS - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Ilha Solteira)	Pós-graduação em Engenharia Civil	6	-	<b>10</b>
	Pós-graduação em Ciência dos Materiais	1	3	
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	-	<b>2</b>
	Pós-graduação em Ciência dos Materiais	-	-	
	Pós-graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais	1	1	
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
UNESP-BAURU - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Bauru)	Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental	-	-	<b>2</b>
	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais	-	2	
UNESP-ARAR - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Araraquara)	Pós-graduação em Química	-	1	<b>1</b>
UNESP-SJRP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (São José do Rio Preto)	Pós-graduação em Química	-	-	<b>0</b>
USP/SC - Universidade de São Paulo (São Carlos)	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	-	<b>0</b>
	Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
USP/RP - Universidade de São Paulo (Ribeirão Preto)	Pós-graduação em Química	-	-	<b>0</b>
UFABC - Universidade Federal do ABC	Pós-graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais	1	-	<b>1</b>
USP/EEL - Escola de Engenharia de Lorena	Pós-graduação em Engenharia de Materiais	-	-	<b>0</b>

Tabela 4.5 - Produção de teses/dissertações por instituição e programa: São Paulo (conclusão).

<b>SÃO PAULO</b>				
IES	Nome do programa	Quantidade		Total por Instituição
		Dissertação	Tese	
USP/EEL - Escola de Engenharia de Lorena	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	<b>0</b>
UPM - Universidade Presbiteriana Mackenzie	Pós-graduação em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia	-	-	<b>0</b>
Unifesp - Universidade Federal de São Paulo	Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Materiais	-	-	<b>0</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
	Pós-graduação em Química	-	-	
FEI - Centro Universitário da FEI	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	<b>0</b>
Faenquil - Faculdade de Engenharia Química de Lorena	Pós-graduação em Engenharia de Materiais	-	-	<b>0</b>
	Pós-graduação em Engenharia Química	-	-	
<b>Total de teses/dissertações - São Paulo</b>		<b>12</b>	<b>11</b>	<b>23</b>

Foram encontrados vinte e três trabalhos no estado de São Paulo, oriundos de sete instituições de ensino e nove programas de pós-graduação, totalizando doze dissertações e onze teses produzidas. A quantidade de instituições que possuem trabalhos produzidos sobre a temática em relação ao total de instituições (que possuem programas de pós-graduação nas áreas que geralmente estudam materiais álcali-ativados e geopoliméricos) que poderiam efetuar pesquisas na área indica que 53,33% das instituições de São Paulo não possuem nenhuma pesquisa acadêmica sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos. Essa quantidade torna-se relevante levando-se em conta que São Paulo possui o maior número de instituições com cursos de pós-graduação nas áreas de interesse da Região Sudeste.

Dos trinta e três programas de pós-graduação nas áreas que geralmente estudam esses materiais, apenas nove apresentaram pesquisas sobre eles. Em números, significa que 27,27% dos programas de pós-graduação de São Paulo possuem pesquisas sobre a temática, enquanto 72,73%, porcentagem bastante significativa, não pesquisaram sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos no recorte temporal analisado. Assim como nos demais estados, essa produção

concentra-se de forma desigual: têm-se instituições bastante produtivas no estado (como é o caso da UNESP de Ilha Solteira), enquanto outras produzem bem pouco (como a UFSCar, que apresenta bem mais programas de PG do que a UNESP de Ilha Solteira, mas que possui apenas dois trabalhos sobre o tema) e uma porcentagem relevante (53,33%) nada produziu.

#### **4.2.2 Produções ao longo do tempo**

Após o levantamento do que foi produzido em cada estado, foi necessário visualizar como se deu essa produção ao longo dos anos. Pesquisas acadêmicas sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na Região Sudeste do Brasil tiveram início a partir da década de 90. Em 1995 foi desenvolvida no programa de pós-graduação em Engenharia Civil da UFRJ, no Rio de Janeiro, uma tese de doutorado intitulada “Contribuição ao conhecimento e à determinação da reatividade de solos sesquioxídicos utilizando o hidróxido de cálcio: aplicação ao processo de geopolimerização (Estabilização)”, que seria o primeiro trabalho sobre a temática na Região Sudeste. No entanto, por não se tratar especificamente sobre geopolimerização como o processo de síntese de novos materiais, que é a definição utilizada neste trabalho e o processo de interesse da pesquisa, mas sim como método de estabilização de solos com cal, esta pesquisa não foi considerada como a primeira desenvolvida.

Assim, a primeira produção acadêmica sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados na Região Sudeste do Brasil ocorreu em 1999, no programa de pós-graduação em química do Instituto Militar de Engenharia (IME), com o desenvolvimento de uma tese intitulada “Síntese e caracterização de polissialatos”, sob orientação do professor Clelio Thaumaturgo e autoria de Valeria Figueiredo Felisbino Barbosa. Nos anos posteriores as produções se estenderam pelo estado do Rio e, também, para outros. A seguir, têm-se as análises do que foi produzido ao longo dos anos por estado, desde suas primeiras produções, e ao fim uma análise geral do que foi produzido em toda a região ao longo dos anos.



#### 4.2.2.1 Minas Gerais

A Figura 4.1 mostra a produção do estado de Minas Gerais desde o primeiro trabalho (teses/dissertações) até 2022 e quando as produções se iniciaram em cada IES. O primeiro trabalho de tese/dissertação sobre a temática no estado de Minas Gerais foi desenvolvido em 2013. Percebe-se que em relação à primeira produção da Região Sudeste, em 1999, Minas Gerais iniciou as pesquisas sobre materiais álcali-ativados/geopolímeros mais tardiamente. No ano seguinte às primeiras produções (2015), nenhuma tese/dissertação sobre o tema foi desenvolvida; porém, entre 2016 e 2018 as produções aumentaram, até diminuírem e se mantiveram com cinco trabalhos por ano em 2019 e 2020. No ano seguinte, em 2021, a produção de trabalhos voltou a aumentar, e em 2022 Minas apresentou o maior número de dissertações/teses produzidas em um ano.

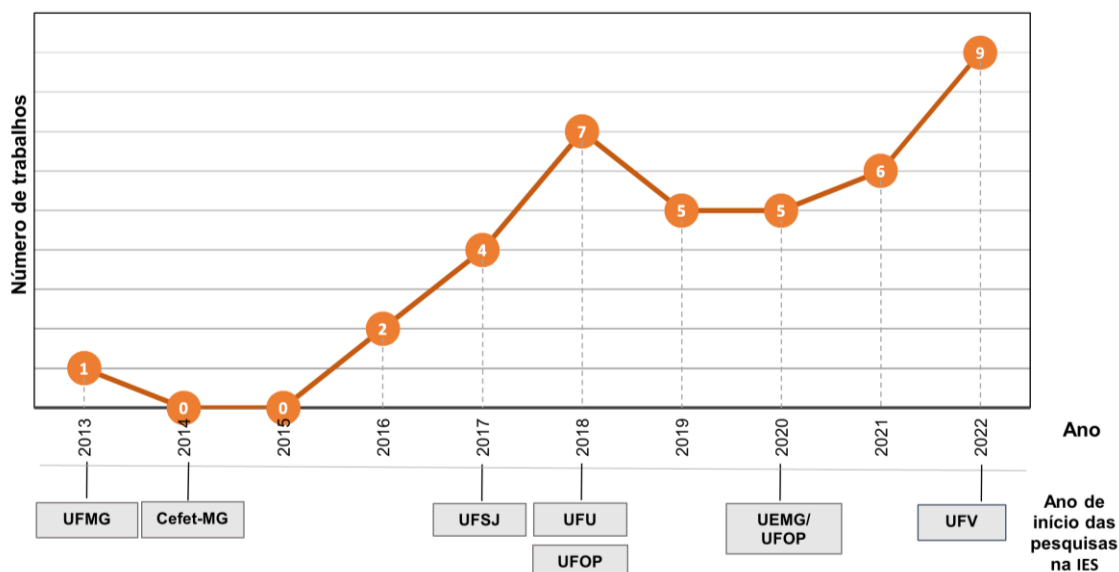


Figura 4.1 - Teses/dissertações produzidas ao longo dos anos em Minas Gerais.

Na distribuição espacial entre as instituições, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) foi a pioneira no estado, com o desenvolvimento de uma tese de doutorado intitulada “Geopolímero a partir de resíduos oriundos da indústria de alumínio para reutilização e coprocessamento”, em 2013, de autoria de Nilton Freixo Nagem e orientação de Herman Sander Mansur. Em 2014, o Cefet-MG iniciou pesquisas sobre a temática, seguido pela UFSJ em 2017, UFU e UFOP em 2018.

Em 2020, o programa de pós-graduação de engenharia de materiais unificado da UFOP com a UEMG desenvolveu sua primeira pesquisa sobre materiais álcali-ativados/geopoliméricos, e somente em 2022 a UFV também iniciou com pesquisas. Nota-se que, embora tenha ficado um ano sem o desenvolvimento de nenhuma pesquisa de pós-graduação sobre a temática desde quando iniciou esse estudo (2015), o estado manteve-se produzindo nos anos seguintes.

#### 4.2.2.2 Rio de Janeiro

Rio de Janeiro foi o primeiro estado da Região Sudeste a iniciar o desenvolvimento de teses/dissertações sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos. A Figura 4.2 mostra a evolução das produções no estado ao longo dos anos e entre as instituições, com o ano de início de pesquisas sobre a temática.

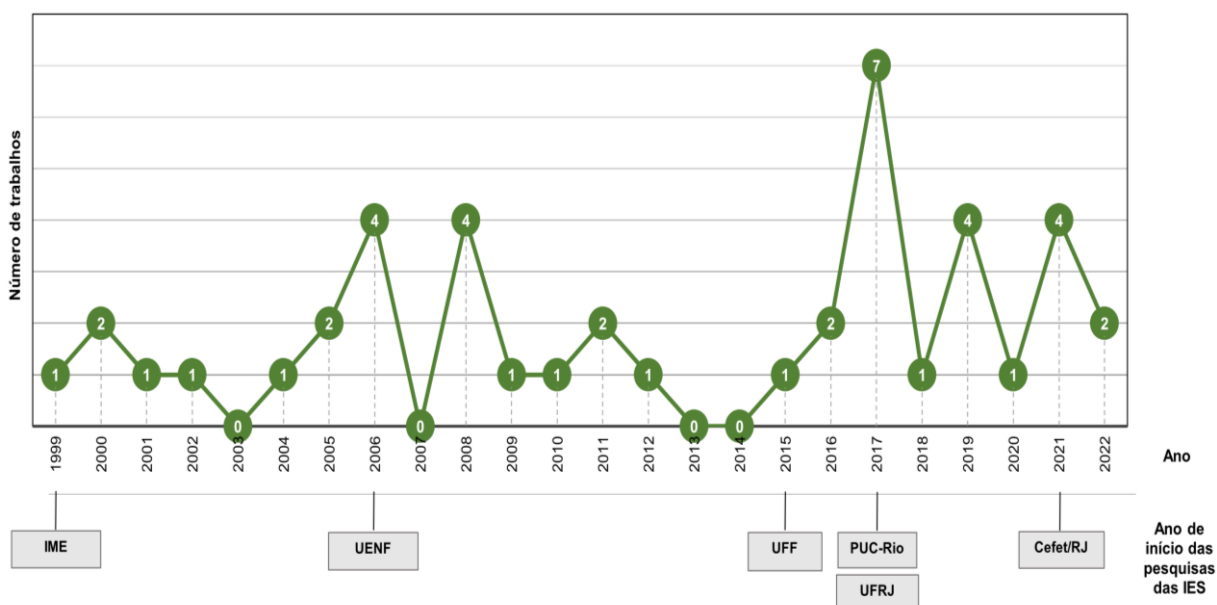


Figura 4.2 - Teses/dissertações produzidas ao longo dos anos no Rio de Janeiro.

Como mencionado, em 1995 foi feita uma tese na UFRJ sobre geopolimerização, mas que não corresponde ao assunto abordado neste trabalho, sendo somente em 1999, de fato, o primeiro trabalho no Rio de Janeiro. Percebe-se que durante o início das pesquisas até 2022 o Rio de Janeiro manteve-se com mais anos com produções de trabalhos do que sem produção alguma. Isso indica a constância de produções no estado, mesmo que possa ter havido ausência de

teses/dissertações (2003, 2007, 2013 e 2014). Outrossim, por ter iniciado as pesquisas na década de 90, enquanto o estado de Minas começava suas pesquisas sobre a temática em 2013, o Rio de Janeiro já contava com vinte e um trabalhos de teses/dissertações.

Na distribuição espacial o IME foi a primeira instituição do estado e, também, da Região Sudeste, a realizar pesquisas acadêmicas sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados. Após sete anos, a UENF iniciou suas atividades em 2006 com uma dissertação de mestrado sob orientação do professor Dylmar Penteado Dias, que também foi doutorando do IME e desenvolveu uma tese sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados em 2001, orientado pelo professor Clelio Thaumaturgo, ou seja, as primeiras pesquisas sobre a temática desenvolvidas no IME proporcionaram o início dos trabalhos na UENF sete anos depois.

Em 2015, a pós-graduação em engenharia civil da UFF desenvolveu seu primeiro trabalho sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados: uma tese de doutorado sob coorientação do professor Felipe José da Silva (IFRJ). O referido coorientador também foi doutorando do IME e desenvolveu uma tese sobre essa temática no ano de 2000, também sob orientação do professor Clelio Thaumaturgo. Constata-se, pois, o mesmo ocorrido na UENF, pesquisas no Rio de Janeiro derivaram do IME e se expandiram para a UENF e a UFF. Nas demais instituições, PUC-Rio e Cefet/RJ, o início de pesquisas deu-se em 2017 e em 2021, respectivamente.

#### *4.2.2.3 São Paulo*

Em São Paulo pesquisas sobre a temática de geopolímeros/materiais álcali-ativados tiveram início em 2002: anterior ao estado de Minas Gerais e após as primeiras pesquisas no Rio de Janeiro. Intitulada “Estudo da retração em argamassa com cimento de escória ativada”, a dissertação foi desenvolvida no programa de pós-graduação em Engenharia Civil da USP, sob orientação do professor Wellington Longuini Repette, de autoria de Antônio Acacio de Melo Neto. Na Figura 4.3 está a quantidade de trabalhos produzidos por ano no estado, e a linha do tempo do início das atividades em cada instituição de ensino que produziu algum trabalho sobre a temática.

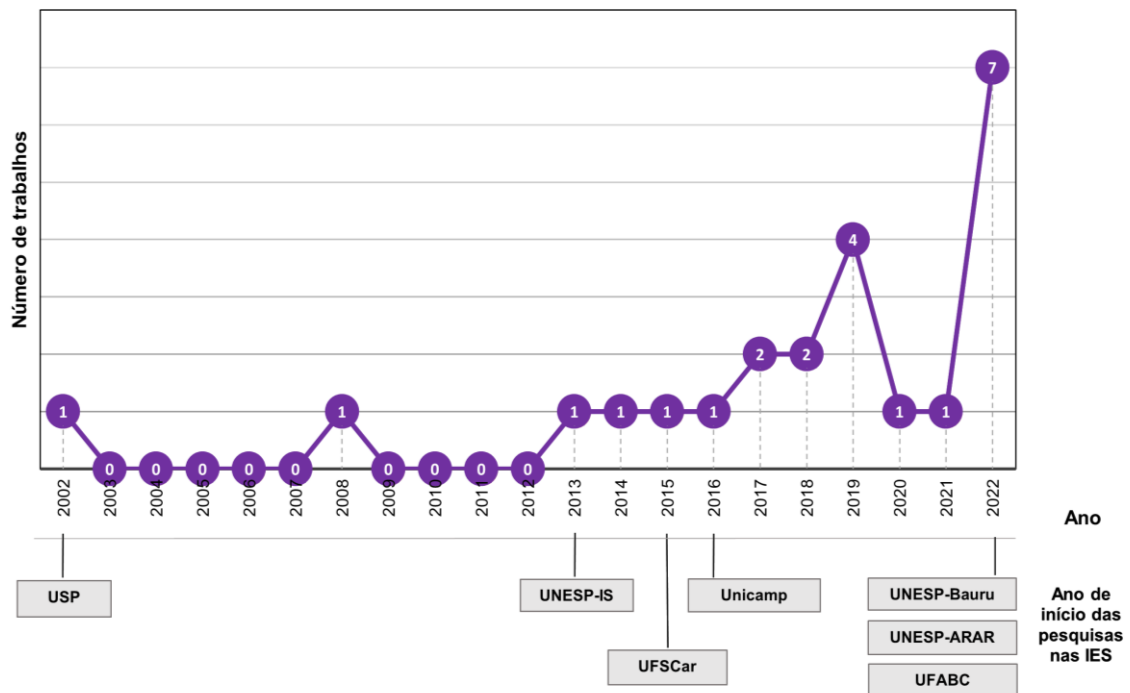


Figura 4.3 - Teses/dissertações produzidas ao longo dos anos em São Paulo.

O desenvolvimento de pesquisas no estado de São Paulo contou com um período significativo de dez anos, entre 2002 e 2012, com somente duas produções. A partir de 2013 o estado passou a contar com produções mais constantes, como pode ser observado na Figura 4.3, com ao menos um trabalho sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados por ano.

A USP foi a primeira instituição com pesquisas de pós-graduação sobre esses materiais no estado. Mais de dez anos após, em 2013, a UNESP, campus de Ilha Solteira, iniciou pesquisas sobre a temática, seguida pela UFSCar em 2015, a Unicamp em 2016, e em 2022 a UNESP Bauru, a UNESP Araraquara e a UFABC também começaram com pesquisas sobre a temática.

#### 4.2.2.4 Região Sudeste

A Figura 4.4 mostra um resumo do número total de dissertações/teses desenvolvidas por ano na Região Sudeste, reunindo a produção dos três estados.

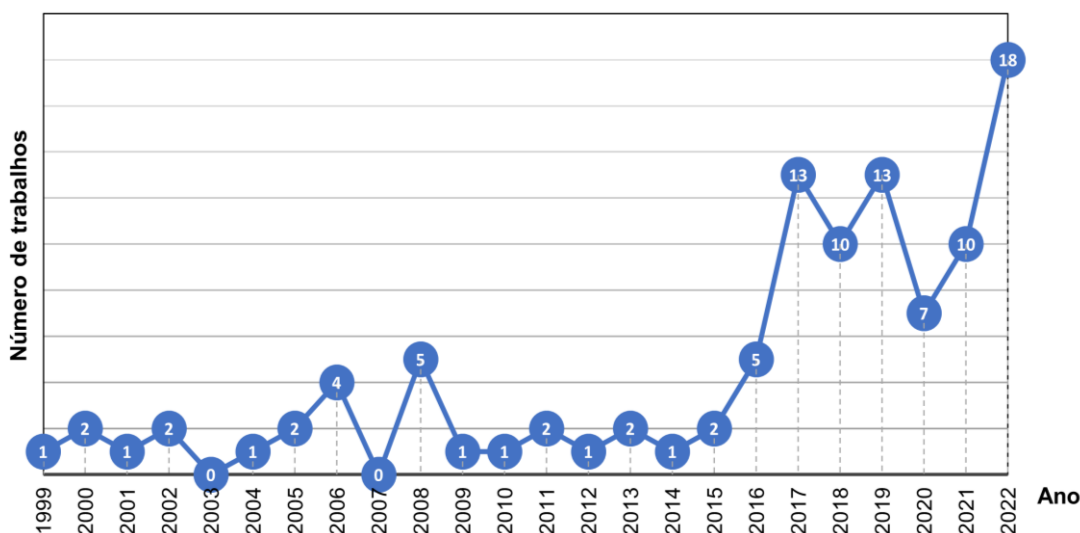


Figura 4.4 - Teses/dissertações produzidas ao longo dos anos na Região Sudeste do Brasil.

A partir de 1999, com a primeira produção, até 2005 observa-se na Figura 4.4 o desenvolvimento de pesquisas variando entre um e dois trabalhos por ano, com o crescimento desses números em 2005. Tendências semelhantes foram mostradas nas pesquisas de Zakka, Lim e Khun (2021), que analisaram a produção acadêmica desses materiais no mundo, utilizando a produção de artigos como base, e observaram o aumento da produção a partir de 2005, com os anos anteriores com pouca ou nenhuma produção. Masi, Manzi e Bignozzi (2020) apontaram que a maior preocupação das pessoas com o meio ambiente e a busca pela redução de emissão de CO<sub>2</sub> na produção de materiais de construção incentivaram pesquisas sobre a temática de materiais álcali-ativados/geopoliméricos a partir dos anos 2000, que foi justamente quando as pesquisas na Região Sudeste começaram a aparecer de forma mais constante.

Houve queda da produção acadêmica no ano de 2007, com nenhuma tese/dissertação desenvolvida sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na Região Sudeste, e no ano de 2008 as produções retomaram, porém nos anos que se seguiram até 2015 a produção de pesquisas continuou variando entre uma ou duas dissertações/teses por ano. Nota-se que até 2016 nenhum ano teve mais do que cinco trabalhos desenvolvidos, com produções por ano variando, em sua maioria, de um, dois ou nenhum trabalho produzido.

A curva da Figura 4.4 mostra um crescimento até o ano de 2017 e quedas no desenvolvimento de pesquisas em 2018 e 2020. No entanto, de 2017 até 2022 a

produção acadêmica manteve-se numa média mais alta do que as produções até o ano de 2016, ou seja, pesquisas acadêmicas sobre a temática ficaram mais constantes e significativas a partir de 2017 em toda a região, em todos os anos havendo, pelo menos, sete trabalhos de teses/dissertações sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na Região Sudeste do Brasil.

Zakka, Lim e Khun (2021) encontraram, em seu estudo cientométrico sobre a produção acadêmica de concreto geopolimérico no mundo, queda no desenvolvimento de trabalhos entre os anos de 2019 e 2020, que foi o mesmo comportamento ocorrido no número de teses/dissertações na Região Sudeste observado na Figura 4.4 (não necessariamente observada em cada estado separadamente), em que a produção decresceu de treze em 2019 para sete dissertações/teses em 2020. Aqueles pesquisadores não mencionaram as causas dessa ocorrência, haja vista que o trabalho abrangeu todo o mundo; mas, tratando-se do cenário analisado no presente estudo, um fator que muito influenciou, principalmente o desenvolvimento de pesquisas durante esse período (não somente sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados, mas em todo o contexto educacional), foi a pandemia de COVID-19, que contou com os primeiros casos em 2019 e foi considerada como pandemia em 2020, espalhando-se por todo o mundo (OMS, 2022). Assim, muitas universidades brasileiras precisaram adotar ensino remoto e pesquisas em laboratório ficaram extremamente prejudicadas. Essa realidade foi constatada em alguns casos no presente trabalho ao longo da busca por teses e dissertações: ao buscar informações sobre a conclusão de determinadas pesquisas entre 2019 e 2020 com os pesquisadores, instituições e orientadores, alguns justificaram a não conclusão ou interrupção devido aos efeitos da pandemia.

Embora tenha ocorrido essa queda no desenvolvimento de pesquisas nesses anos, a curva mostra-se ascendente em 2021, e mais ainda em 2022. Isso significa que voltaram a ser produzidas teses e dissertações sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na Região Sudeste. Espera-se que em 2023, e nos anos seguintes, essa tendência continue se mantendo ou mesmo aumentando.

Logo, em síntese, a Figura 4.5 mostra a linha do tempo que demarca o início de todos os eventos importantes na evolução temporal das pesquisas sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados na Região Sudeste do Brasil, incluindo o início das pesquisas em cada estado e em cada instituição.

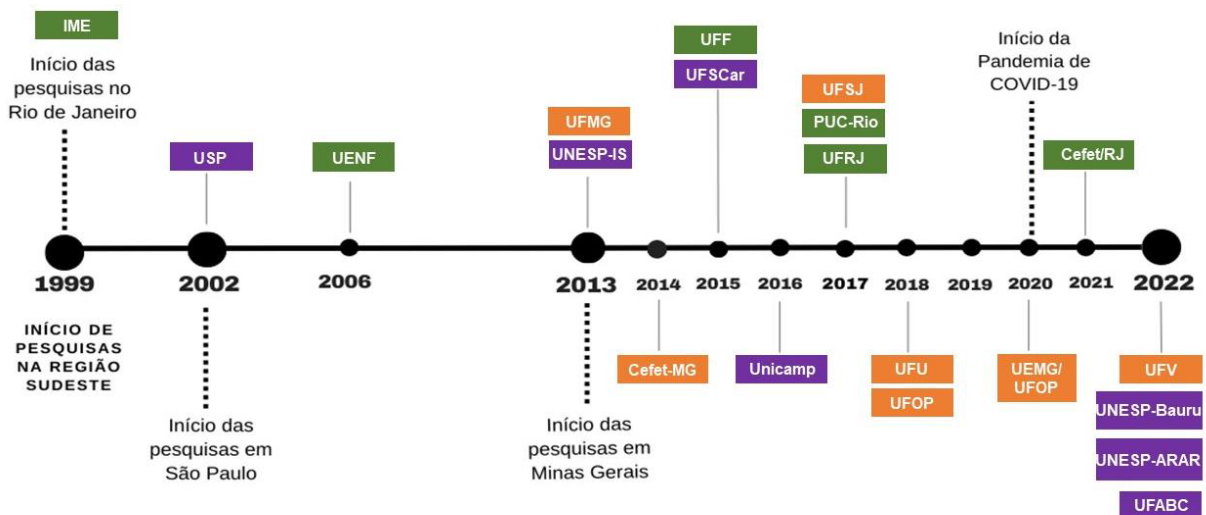


Figura 4.5 - Linha do tempo de pesquisas sobre materiais álcali-ativados/geopoliméricos na Região Sudeste.

### 4.2.3 Estados mais produtivos

Baseando-se na quantidade de trabalhos de tese/dissertação desenvolvidos, o Rio de Janeiro é o estado da Região Sudeste mais produtivo sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos. No período analisado (das primeiras produções até 2022), quarenta e três pesquisas de mestrado/doutorado foram desenvolvidas, equivalendo a 40,95% do total da produção de toda a região analisada. A Figura 4.6 mostra essas informações.

Não somente em termos quantitativos, o estado do RJ mostrou-se mais constante na produção durante os anos em relação aos demais estados, o que influenciou nesse resultado positivo (Figura 4.2). Além disso, a proporção entre as instituições prováveis de ter trabalhos sobre a temática e as que possuem trabalhos desenvolvidos foi mais satisfatória (75%) que nos demais estados: no Rio de Janeiro as pesquisas foram mais bem distribuídas ao longo do tempo e houve melhor equilíbrio entre as instituições em relação aos demais estados analisados. O segundo estado mais produtivo da região sudeste foi Minas Gerais, com trinta e nove trabalhos produzidos (37,15%) e, por último, São Paulo, com vinte e três trabalhos desenvolvidos (21,90%). No estado de São Paulo, por apresentar o maior número de pós-graduações nas áreas de interesse (Tabela 4.2), esperava-se maior concentração de trabalhos, o que surpreendentemente não ocorreu.



Figura 4.6 - Número de dissertação/tese sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados por estado da Região Sudeste do Brasil.

#### 4.2.4 Instituições mais produtivas

A produção das IES também foi analisada. Uma ocorrência percebida nos três estados, e já mencionada, foi a centralização de pesquisas restritas a instituições específicas, enquanto outras produziram substancialmente menos ou até mesmo nada. Maiores informações sobre quem e o que tem sido pesquisado sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos, como propõe a presente pesquisa, permitiria maior colaboração entre as instituições e melhor difusão de pesquisas sobre essa temática entre pesquisadores e instituições de forma mais equilibrada.

##### 4.2.4.1 Minas Gerais

O estado de Minas possui sete IES que desenvolveram trabalhos sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados no período analisado (Tabela 4.3). Das



sete, destaca-se o Cefet-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como a instituição mais produtiva do estado, que desenvolveu dezessete trabalhos sobre materiais álcali-ativados/geopoliméricos em seus dois programas de pós-graduação nas áreas de Engenharia Civil e Materiais. Isso equivale a dizer que 44% dos trabalhos desenvolvidos no estado concentraram-se no Cefet-MG, uma quantidade bastante significativa em relação a todo o estado. A Figura 4.7 mostra a porcentagem de cada instituição em relação ao total desenvolvido no estado de MG.

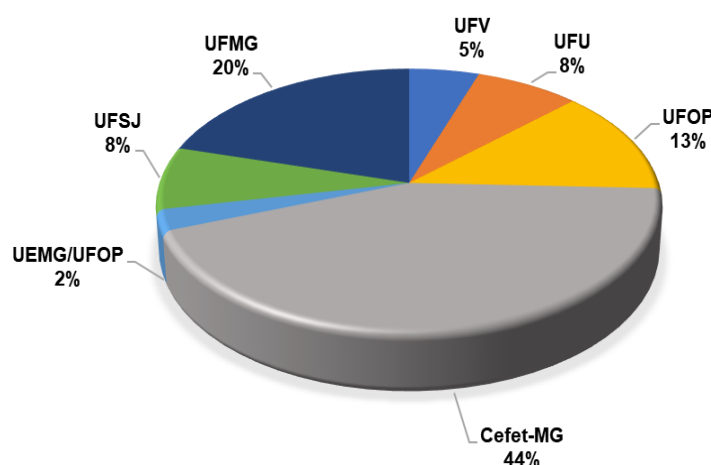


Figura 4.7 - Produção por IES no estado de Minas Gerais.

A UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais (20%) e a UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto (13%) também se destacaram nas produções no estado em relação às demais; porém, substancialmente, a maior parte das pesquisas concentraram-se no Cefet-MG, constatando a tendência de a produção ser restrita a instituições específicas do estado, enquanto as demais pouco produzem.

#### 4.2.4.2 Rio de Janeiro

No Rio de Janeiro a UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro reuniu o maior número de trabalhos de dissertação/tese no estado, com vinte e um trabalhos sobre geopolímeros/materiais álcali-ativados, equivalente a 49% das produções do RJ sendo desenvolvidas na referida IES. Em seguida, o IME – Instituto Militar de Engenharia foi a segunda instituição mais produtiva do Rio de

Janeiro, com dezesseis trabalhos desenvolvidos e 37% de toda produção do estado. A Figura 4.8 mostra a porcentagem de trabalhos de dissertação/tese que cada IES obteve no RJ.

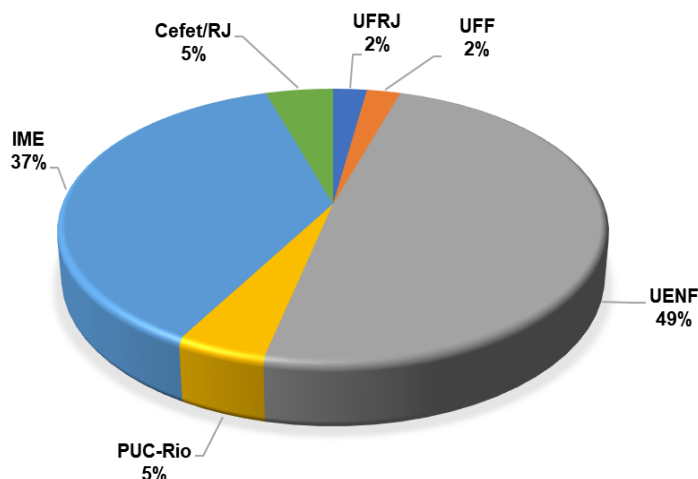


Figura 4.8 - Produção por IES no estado do Rio de Janeiro.

Observa-se que as duas instituições mais produtivas do Rio de Janeiro (UENF e IME) foram também as duas que iniciaram as pesquisas no estado, e inclusive uma delas é a pioneira de toda a Região Sudeste (IME).

#### 4.2.4.3 São Paulo

São Paulo apresentou trabalhos de tese/dissertação sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos em sete IES (Tabela 4.5). Dessas quatro, a UNESP-IS – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho câmpus de Ilha Solteira foi a mais produtiva, detendo 44% de toda a produção do estado de SP, com dez trabalhos desenvolvidos. A Figura 4.9 mostra a porcentagem que cada uma das sete instituições representa em relação à produção total do estado de São Paulo.

Após a UNESP-IS, têm-se a USP - Universidade de São Paulo com 17% de toda a produção de dissertações/teses sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos em SP. A mesma tendência anterior foi percebida: maior concentração de trabalhos em instituições específicas com o restante da produção distribuída em pequena quantidade nas demais IES.

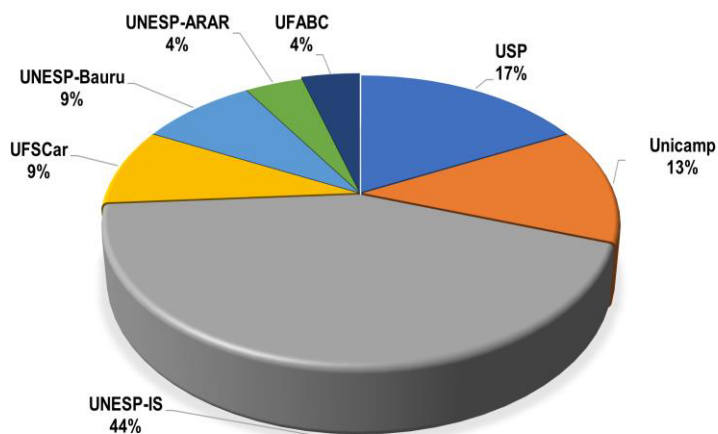


Figura 4.9 - Produção por IES no estado de São Paulo.

#### 4.2.4.4 Região Sudeste

Reunindo a produção de todas as IES da Região Sudeste, a UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro destaca-se como a instituição que mais produziu dissertações e teses sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos (20% de toda a produção da Região), como mostrado na Figura 4.10.

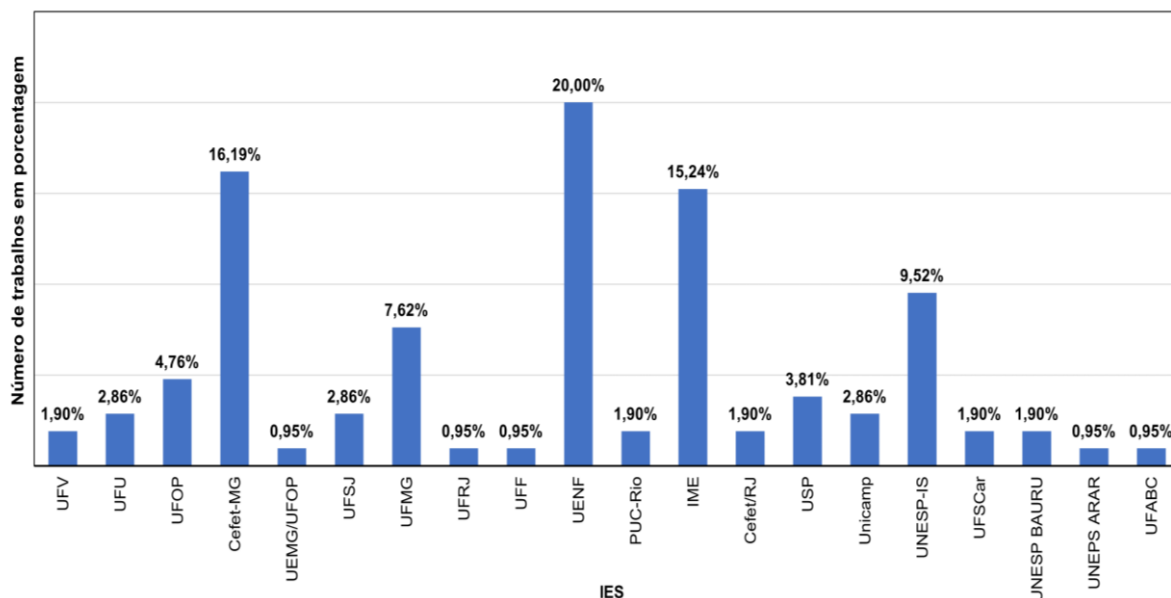


Figura 4.10 - Produção por IES em porcentagem na Região Sudeste do Brasil.

#### 4.2.5 Materiais mais estudados

Devido à possibilidade de se utilizar materiais álcali-ativados e geopoliméricos na produção de pastas, argamassas, concretos, resinas *etc.*, torna-se interessante conhecer de que forma esses materiais têm sido mais empregados nas pesquisas de pós-graduação da Região Sudeste do Brasil. Assim, a Figura 4.11 mostra a porcentagem da quantidade de pesquisas de dissertações/teses que estudaram materiais álcali-ativados e geopoliméricos na produção de cada um dos materiais elencados. Vale ressaltar que em algumas pesquisas foram produzidos mais de um tipo de material, por exemplo, o mesmo trabalho de dissertação/tese estudou argamassas e pastas geopoliméricas e, também, a elaboração de trabalhos teóricos, em que não foi estudado nenhum tipo de material em específico.

Os resultados indicaram que a maior parte dos trabalhos de dissertação/tese na Região Sudeste do Brasil envolveu a produção de pastas (44,62%) e argamassas (43,85%). Também foram estudadas a produção de concretos (9,23%) e resinas (2,31%); porém em menor quantidade das pesquisas.

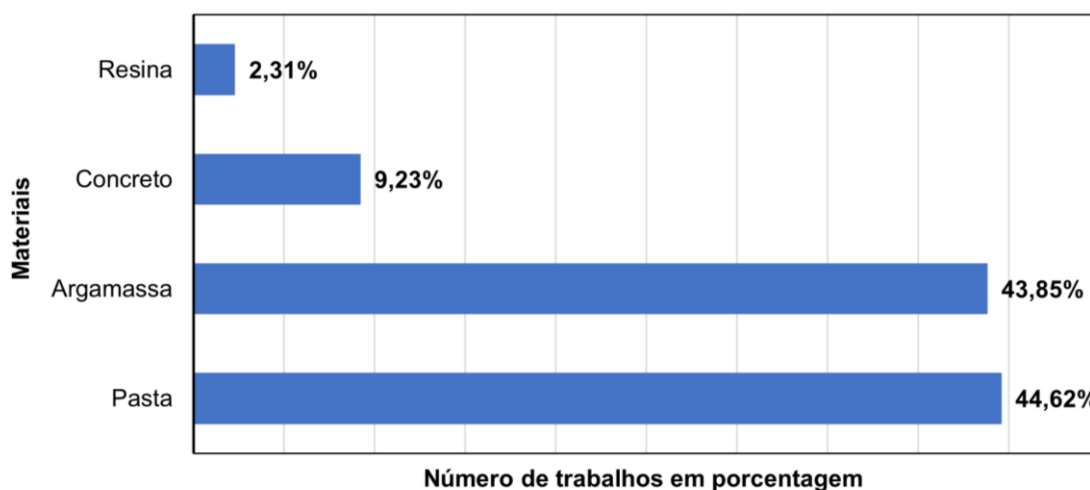


Figura 4.11 - Materiais estudados nas pesquisas em porcentagem na Região Sudeste do Brasil.

Geraldo (2016) elaborou uma avaliação do cenário brasileiro sobre geopolímeros entre os anos de 2005 e 2015, porém não analisou os materiais produzidos nas pesquisas. A preferência por pastas e argamassas no desenvolvimento dos trabalhos encontrado no presente estudo, possivelmente,

remete à sua maior facilidade e menor custo de confecção, bem como maior simplicidade na realização de ensaios experimentais.

#### **4.2.6 Ativadores e precursores mais utilizados**

Observou-se na Região Sudeste grande variedade de materiais empregados como precursores e ativadores, o que permite inferir que as pesquisas têm buscado novas formulações diferente das convencionais. Além do aspecto técnico, questões financeiras e disponibilidade espacial também influenciam nas predileções pelos materiais selecionados.

Em alguns trabalhos, no entanto, não foi possível identificar esses elementos constituintes, por se tratar de produtos comerciais e essas informações não estarem disponíveis, sendo indicados como “produto comercial não identificado”; ou pela falta de acesso às informações do trabalho ao se realizar alguma das etapas descritas na seção Metodologia do presente estudo, sendo estes nomeados como “não identificado”. Ressalta-se, também, que em algumas pesquisas foram utilizadas mais de uma combinação de materiais.

##### *4.2.6.1 Minas Gerais*

No estado de Minas Gerais o material mais utilizado como precursor foi o metacaulim, aparecendo em dezesseis trabalhos de dissertação/tese. Na Figura 4.12 a seguir têm-se a relação entre os precursores e o número de trabalhos em que eles foram utilizados. Observam-se pesquisas utilizando como precursores o minério de ferro, na forma de rejeitos, rejeitos de barragem e, também, a própria escória de alto forno, que provém da produção do ferro gusa. O estado de Minas Gerais é a principal região produtora de minério de ferro no Brasil, denominada de quadrilátero ferrífero (CODEMGE, 2022), o que justifica o aproveitamento desses materiais nas pesquisas, uma vez que são abundantes na região.



Figura 4.12 - Precursores utilizados por número de trabalhos no estado de Minas Gerais.

Os ativadores utilizados no estado de MG estão mostrados na Figura 4.13. A maior parte das pesquisas utilizou a mistura bicomponente de hidróxido de sódio com silicato de sódio, estando presente em vinte pesquisas de dissertação/tese em Minas Gerais, e somente o hidróxido de sódio em quatorze pesquisas.

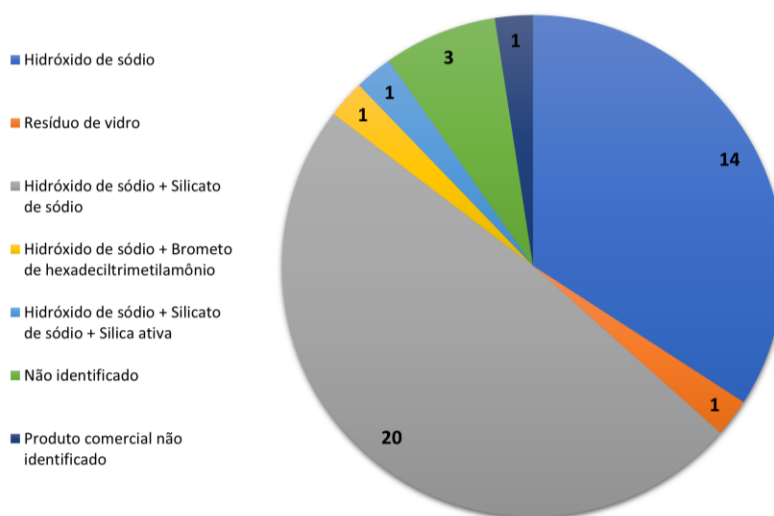


Figura 4.13 - Ativadores utilizados por número de trabalhos no estado de Minas Gerais.

#### 4.2.6.2 Rio de Janeiro

No estado do Rio de Janeiro o metacaulim também foi o precursor mais empregado nas pesquisas, aparecendo em dezesseis trabalhos de dissertação/tese. Na Figura 4.14 são mostrados os precursores utilizados nas pesquisas. Nota-se não somente o uso isolado de metacaulim como precursor, como também vários trabalhos com sua substituição por outros materiais, como escória de alto forno, cinza volante, cimento Portland *etc.*

Em relação aos ativadores mais utilizados no RJ (Figura 4.15), a composição de hidróxido de potássio com silicato de sódio foi a mais presente nas pesquisas de pós-graduação, sendo utilizada em quatorze trabalhos, seguida pela mistura bicomponente de hidróxido de sódio com silicato de sódio. Além disso, em relação ao estado de Minas Gerais, o Rio de Janeiro utilizou maior número de composições de ativadores, o que indica que este estado tem trabalhado outras pesquisas além das convencionais.

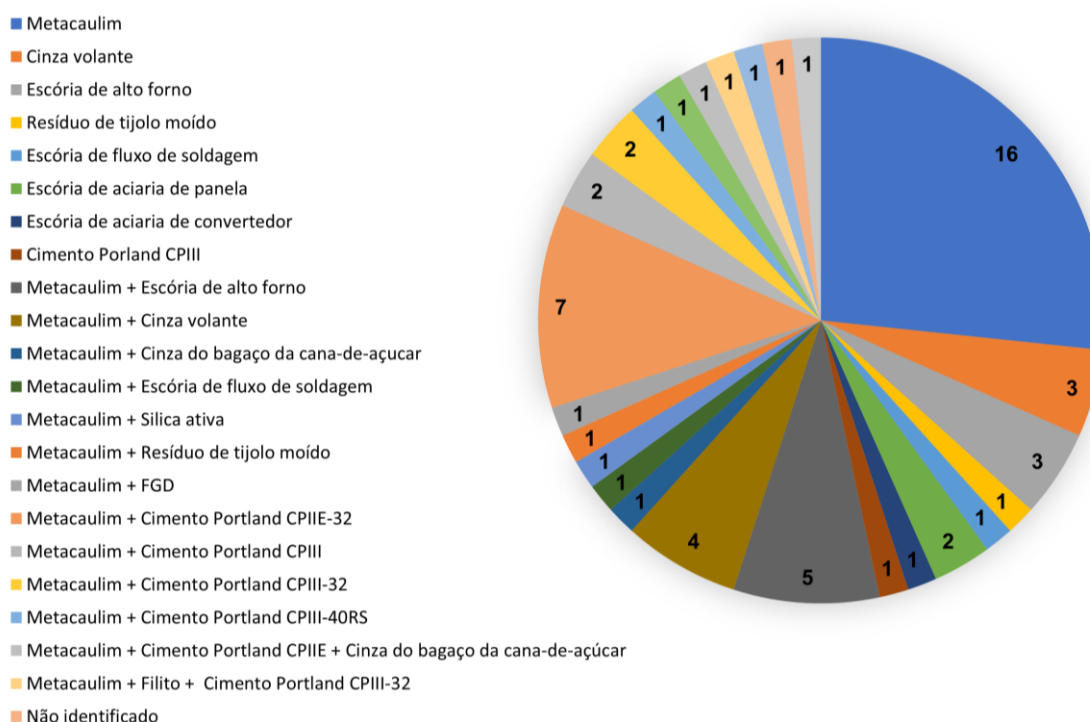


Figura 4.14 - Precursores utilizados por número de trabalhos no estado do Rio de Janeiro.



Figura 4.15 - Ativadores utilizados por número de trabalhos no estado do Rio de Janeiro.

#### 4.2.6.3 São Paulo

Finalmente, em São Paulo, o precursor mais utilizado nas pesquisas também foi o metacaulim, presente em dez dissertações/tese (Figura 4.16). Este material também teve destaque nos demais estados analisados.



Figura 4.16 - Precursores utilizados por número de trabalhos no estado de São Paulo.



Como ativadores (Figura 4.17), o hidróxido de sódio destacou-se como o mais utilizado no estado, sendo empregado em doze pesquisas de pós-graduação no estado de São Paulo. A composição de hidróxido de sódio com silicato de sódio também foi bastante utilizada nas pesquisas, o que também ocorreu nos outros estados.

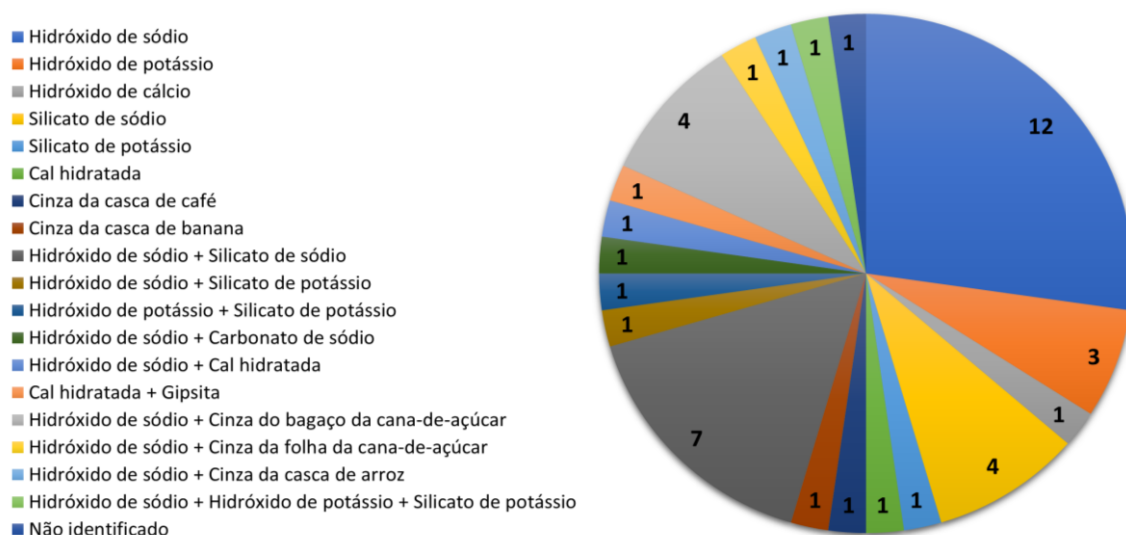


Figura 4.17 - Ativadores utilizados por número de trabalhos no estado de São Paulo.

Em relação aos demais estados, São Paulo foi o que mais utilizou misturas com cinza do bagaço e da casca da cana-de-açúcar, como pode ser observado nas Figuras 4.16 e 4.17, tanto como precursores quanto como ativadores. O estado de SP é o maior produtor sucroalcooleiro do Brasil (CONAB, 2022), o que permite compreender a utilização desses materiais no estado.

#### 4.2.6.4 Região Sudeste

Foram identificadas cinquenta e sete diferentes combinações de precursores e vinte e sete de ativadores nas pesquisas na Região Sudeste. Foram elaborados gráficos nas Figuras 4.18 e 4.19 que relacionam os precursores e ativadores utilizados nas pesquisas na região supracitada.

O precursor mais utilizado foi o metacaulim, que esteve presente em quarenta e quatro trabalhos de dissertação/tese e, além disso, também teve

destaque nas pesquisas de cada estado em separado. Geraldo (2016), ao analisar o cenário das pesquisas sobre geopolímeros no Brasil entre 2005 e 2015, também identificou o metacaulim como a fonte de aluminossilicato mais utilizada entre os autores, presente em 60% das pesquisas. Depois do metacaulim, as composições de metacaulim com escória de alto forno e somente escória de alto forno foram as mais utilizadas como precursores nas pesquisas.

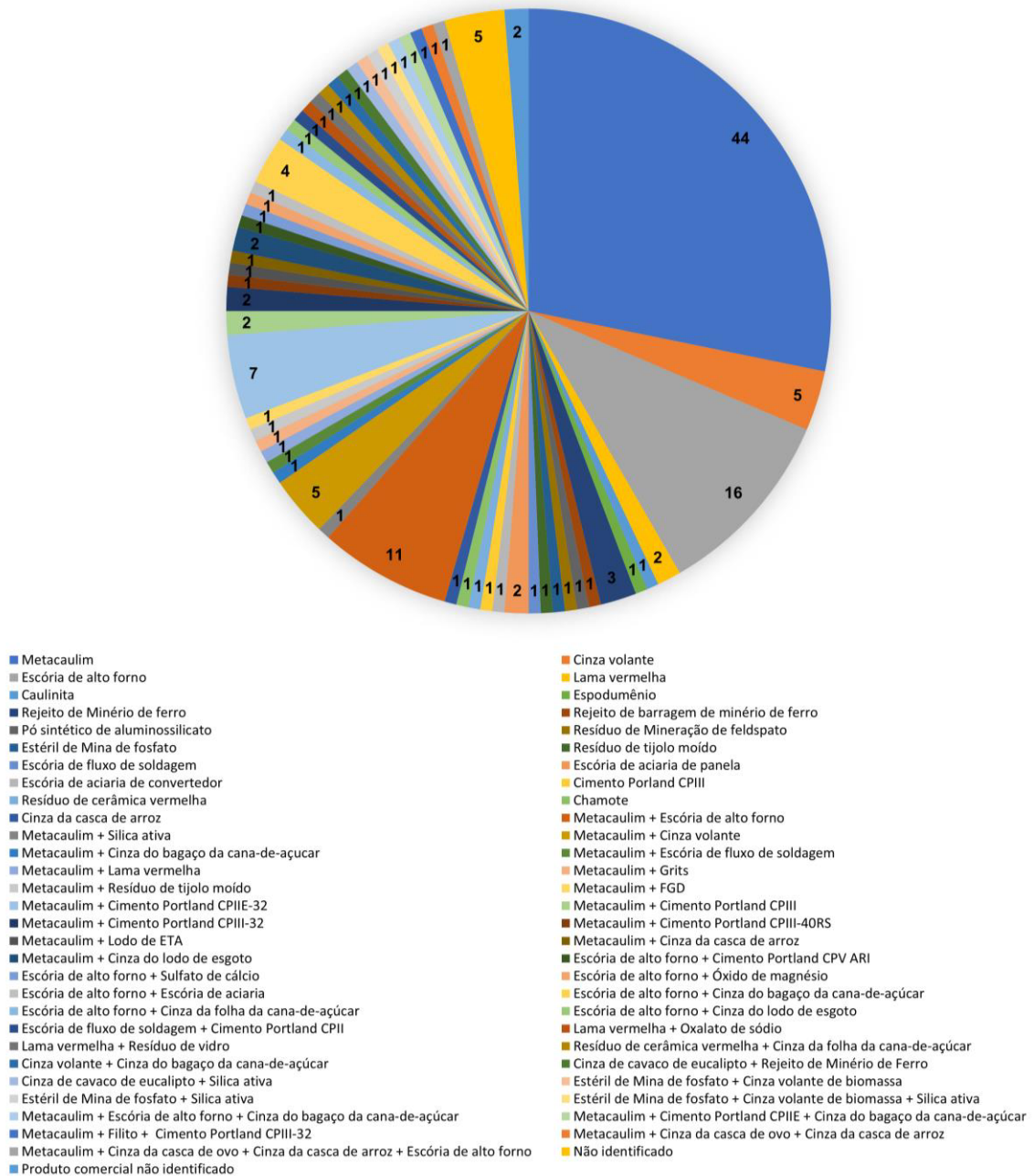


Figura 4.18 - Precursores utilizados por número de trabalhos na Região Sudeste do Brasil.

O ativador mais utilizado nas pesquisas (Figura 4.19) foi a composição de hidróxido de sódio com silicato de sódio, presente num total de trinta e oito trabalhos de dissertação/tese da região. O hidróxido de sódio e os ativadores bicomponentes de hidróxido de potássio com silicato de sódio também se destacaram nas pesquisas. No trabalho desenvolvido por Geraldo (2016), os ativadores mais empregados também foram hidróxido e silicato de sódio, e hidróxido e silicato de potássio, que aqui também apareceram nas pesquisas ao longo do período analisado.

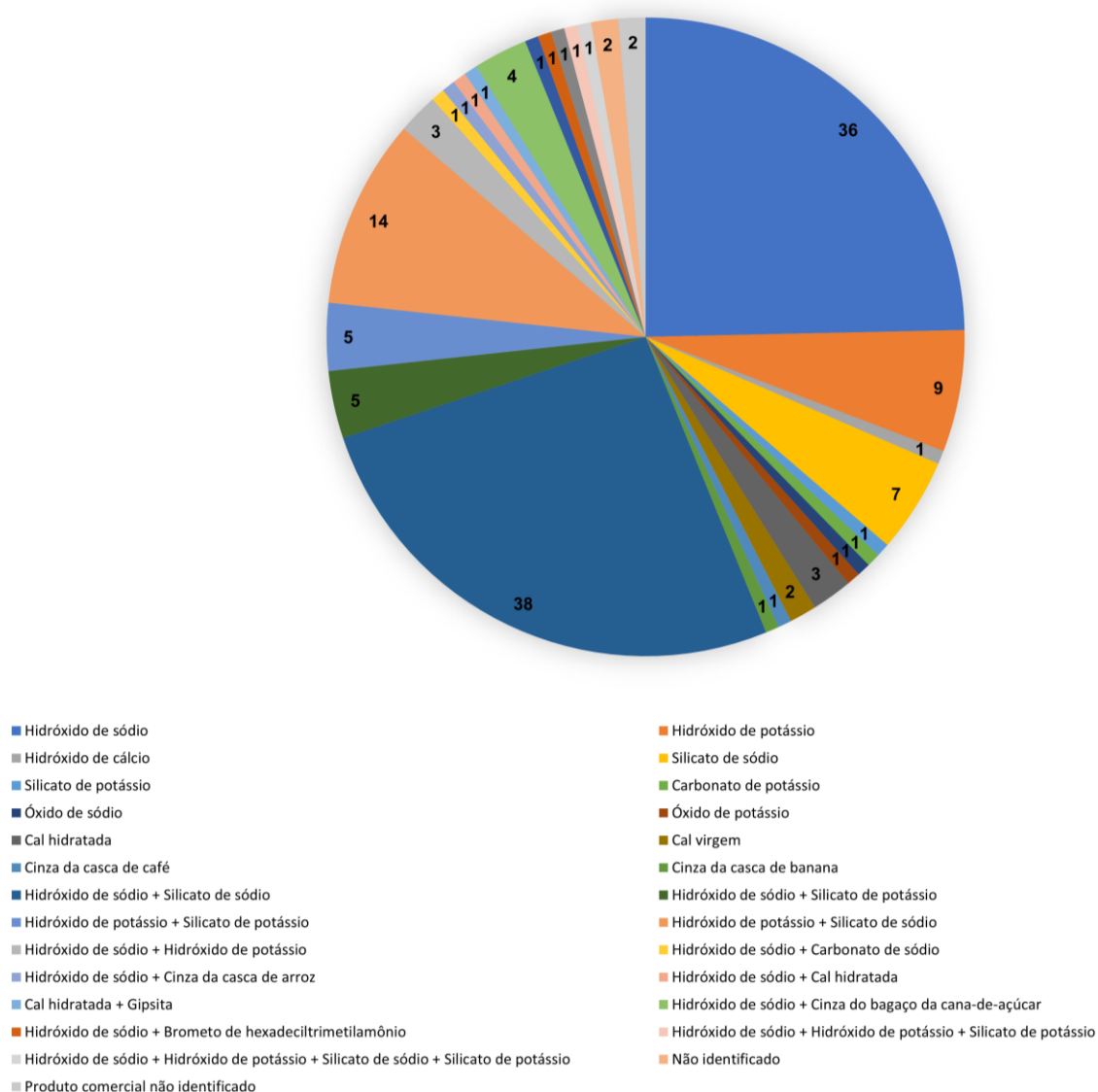


Figura 4.19 - Ativadores utilizados por número de trabalhos na Região Sudeste do Brasil.

Os resultados expostos mostram como a produção de materiais álcali-ativados e geopoliméricos no Brasil tem se utilizado de diferentes componentes na sua composição, desde aqueles mais abundantes no local onde estão sendo produzidos, até a utilização de novos materiais com novas combinações e possibilidades. Essa diversidade revela uma produção madura na região sudeste do Brasil, diferindo um pouco das combinações tradicionais já bastante estudadas.

#### **4.2.7 Resistência à compressão aos 28 dias**

Além da identificação dos materiais utilizados como precursores e ativadores na região sudeste, foi observada também como distribuiu-se a resistência à compressão aos 28 dias dos produtos desenvolvidos nas pesquisas. A resistência à compressão de um material está ligada à sua durabilidade e segurança estrutural, sendo importante ainda sua determinação para fins de aplicação dos materiais.

A seguir, têm-se a distribuição dos resultados encontrados nos trabalhos da região sudeste. Foi considerado o maior valor de resistência alcançado por pesquisa, em que cada dosagem/proporção está vinculada a um trabalho de dissertação/tese desenvolvido. Vale ressaltar que em algumas pesquisas esse parâmetro não foi determinado e, em outras, a resistência foi avaliada por outros períodos de tempo, como 7 e 14 dias, não sendo contabilizada nos resultados aqui apresentados. Também houve casos em que não foi possível ter acesso ao trabalho na íntegra, impossibilitando extrair as informações pertinentes.

##### **4.2.7.1 Minas Gerais**

A Figura 4.20 mostra em *box plot* a distribuição dos valores de resistência à compressão alcançados nos trabalhos do estado de Minas Gerais e na Tabela 4.6 são apresentadas as composições e dosagens correspondentes, de acordo com as informações disponíveis nos trabalhos.

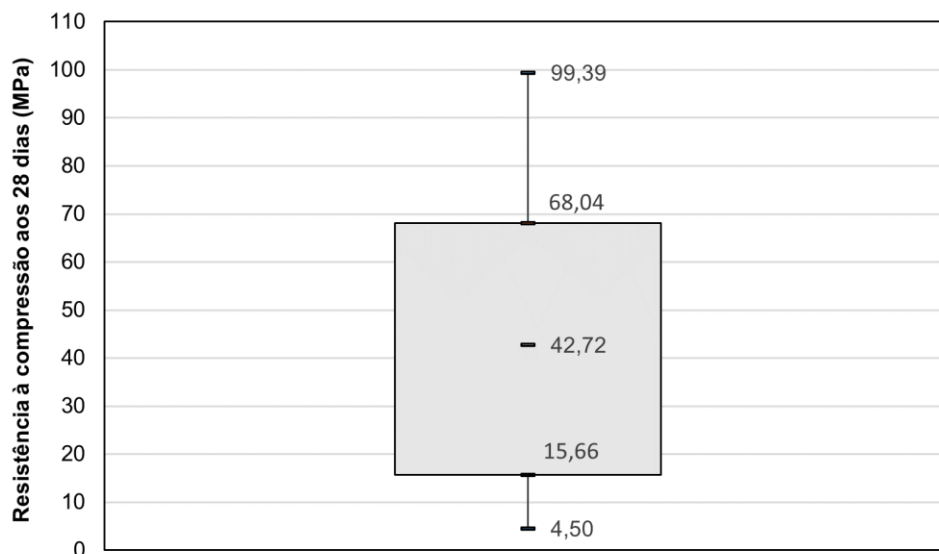


Figura 4.20 – Distribuição da resistência à compressão aos 28 dias e dosagens de Minas Gerais.

Tabela 4.6: Identificação das dosagens dos trabalhos de Minas Gerais.

COMPOSIÇÃO DAS DOSAGENS DAS MISTURAS – MINAS GERAIS		
IDENTIFICAÇÃO	ATIVADOR + PRECURSOR	DOSAGENS E PROPORÇÕES
A	Metacaulim + Lama vermelha + Hidróxido de sódio	<b>Traço:</b> 0,75 : 0,25 : 2,00 (metacaulim : lama vermelha : areia) - em massa <b>Razão água/precursor:</b> 0,1 <b>Concentração solução ativadora:</b> 10 mol/L
B	Chamote + Resíduo de vidro	<b>Proporção chamote:areia:</b> 1:1,131 <b>Quantidades:</b> 0,3kg (chamote) 0,339Kg (areia) 0,17kg (solução) <b>Relação líquido precursor:</b> 0,57 <b>Relação líquido sólido:</b> 0,26 <b>Concentração molar:</b> 8M
C	Metacaulim + Silicato de sódio + Hidróxido de sódio + água	<b>Proporção de ativadores (silicato de sódio + Hidróxido de sódio):</b> 0,4
D	Metacaulim + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Traço:</b> 1:2:0,60 (metacaulim: areia: água/metacaulim) <b>Relação mássica (silicato de sódio/hidróxido de sódio):</b> 2,5 <b>Concentração molar:</b> silicato de sódio (12M) hidróxido de sódio (15M)
E	Rejeito de Minério de Ferro (IOT) + Hidróxido de sódio	<b>Quantidades:</b> 3000g (IOT) : 150g (SF) : 302,4g (NaOH) : 945g (H <sub>2</sub> O) <b>Relação água/sólidos:</b> 0,27 <b>Concentração molar do ativador alcalino:</b> 8M (mol/L)
F	Rejeito de Barragem de Minério de Ferro (RBMF) + Hidróxido de sódio	<b>Quantidades:</b> 1750g (RBMF), 196,56g (NaOH), 0,27l (H <sub>2</sub> O) <b>Razão molar:</b> 8M
G	Lama vermelha + Pó de vidro + Hidróxido de sódio	<b>Quantidades:</b> 57,% (lama vermelha) : 38% (pó de vidro) : 5% (cimento) : <b>Relação solução/sólido:</b> 0,45

Tabela 4.6: Identificação das dosagens dos trabalhos de Minas Gerais (conclusão).

<b>COMPOSIÇÃO DAS DOSAGENS DAS MISTURAS – MINAS GERAIS</b>		
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>ATIVADOR + PRECURSOR</b>	<b>DOSAGEM E PROPORÇÕES</b>
H	Metacaulim + Escória de alto forno + Hidróxido de sódio	<b>Quantidades:</b> 5% (Metacaulim) / 95% (Escória de alto forno) <b>Relação água/precursor:</b> 0,5 <b>Relação agregado/precursor:</b> 1,5
I	Metacaulim + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Quantidades:</b> 50% (bica corrida) : 26,14% (pó paraná) : 11,11% (metacaulim) : 8,5% (silicato de sódio) : 4,25% (hidróxido de sódio)
J	Metacaulim + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Relação solução/Sólidos:</b> 1,3 <b>Relação Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> / NaOH (em massa) na solução alcalina:</b> 2 <b>Relação agregado miúdo:ligante:</b> 2:1
K	Metacaulim + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Relação solução/sólidos:</b> 1,3
L	Metacaulim + Escória de alto forno + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Composição:</b> 600g (metacaulim) : 400g (escória de alto forno) : 100g (areia) / <b>Relação SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:</b> 3,9 <b>Relação H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O:</b> 11
M	Metacaulim + Escória de alto forno + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Composição:</b> 80% (metacaulim) : 20% (escória de alto forno) <b>Relação molar:</b> 3
N	Metacaulim + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Relação agregado/ligante:</b> 1,5 <b>Relação molar Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub>:</b> 0,25
O	Cinza de cavaco de eucalipto + Rejeito de minério de ferro + Silicato de Sódio + Hidróxido de sódio	<b>Composição:</b> 50% (cinza do cavaco do eucalipto) e 50% (rejeito de minério de ferro) <b>Relação ativador/precursor:</b> 0,7 <b>Relação SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O:</b> 1,55
P	Metacaulim + Escória de alto forno + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Proporção metacaulim/escória de alto forno:</b> 20/80 <b>Relação SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:</b> 4,2
Q	Escória de alto forno + Óxido de magnésio + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Razão molar SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:</b> 5,45 <b>Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH (% em massa):</b> 2,72
R	Escória de alto forno + Escória de aciaria + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Proporção:</b> 60% escória de alto forno e 40% escória de aciaria
S	Estéril de mina de fosfato + Cinza volante de biomassa + Silica ativa + Hidróxido de Sódio	<b>Proporção:</b> 40% Estéril de mina de fosfato, 50% Cinza volante de biomassa e 10% silica ativa
T	Escória de alto forno + Cinza do bagaço da cana-de-açúcar + Metacaulim + Silicato de sódio + Hidróxido de sódio	<b>Composição (% em massa):</b> 15 (Cinza do bagaço da cana de açúcar), 50 (escória), 35 (metacaulim), 20 (Silicato de sódio), 40 (Hidróxido de sódio)
U	Cinza volante + Hidróxido de sódio	<b>Razão solução ativadora/cinza volante:</b> 0,5
V	Cinza volante + Hidróxido de sódio	Não identificado.
W	Metacaulim + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Dosagem:</b> Metacaulim (0,7); Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (0,24); NaOH (0,06) <b>Relação água/ligante:</b> 0,4.

Foi observado que os produtos alcançaram a média de 42,72MPa de resistência à compressão, e que 50% das dosagens distribuíram-se entre 15,86MPa e 68,04MPa. Dessa forma, 25% das dosagens apresentaram resistência abaixo de 15,86MPa e 25% apresentaram resistência acima de 68,04MPa. De todas as misturas analisadas, 99,39MPa (dosagem T) foi identificada como a maior resistência à compressão aos 28 dias, a partir da mistura de escória de alto forno, cinza do bagaço da cana-de-açúcar, metacaulim, silicato de sódio e hidróxido de sódio; e a menor resistência foi de 4,50MPa (dosagem F), com a composição de rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) e hidróxido de sódio.

#### 4.2.7.2 Rio de Janeiro

Também foram levantadas as resistências à compressão das pesquisadas realizadas no estado do Rio de Janeiro, como mostram a Figura 4.21 e a Tabela 4.7.

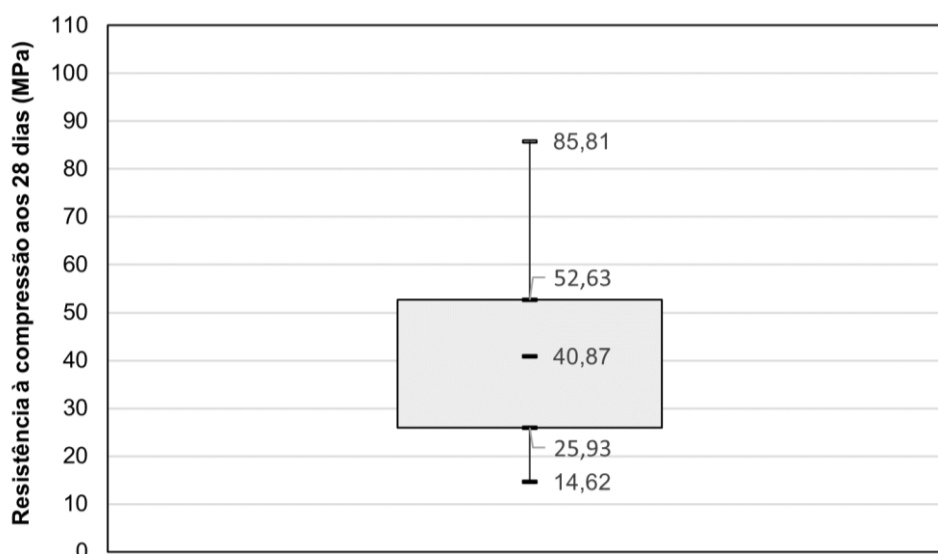


Figura 4.21 - Relação resistência à compressão aos 28 dias e dosagens do Rio de Janeiro.

Tabela 4.7: Identificação das dosagens dos trabalhos do Rio de Janeiro.

COMPOSIÇÃO DAS DOSAGENS DAS MISTURAS – RIO DE JANEIRO		
IDENTIFICAÇÃO	ATIVADOR + PRECURSOR	DOSAGENS E PROPORÇÕES
A	Hidróxido de sódio + Silicato de sódio + Metacaulim	<b>Composição:</b> 777 kg/m <sup>3</sup> (metacaulim) / 588 kg/m <sup>3</sup> (silicato de sódio) / 189 kg/m <sup>3</sup> (hidróxido de sódio) / 193 kg/m <sup>3</sup> (água) <b>Relação líquido/sólido:</b> 1,25 <b>Relação silicato/NaOH:</b> 3,11

Tabela 4.7: Identificação das dosagens dos trabalhos do Rio de Janeiro (continuação).

<b>COMPOSIÇÃO DAS DOSAGENS DAS MISTURAS – RIO DE JANEIRO</b>		
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>ATIVADOR + PRECURSOR</b>	<b>DOSAGENS E PROPORÇÕES</b>
B	Metacaulim + Cinza da casca de arroz + cinza volante + Silicato de cálcio + Hidróxido de cálcio + Hidróxido de potássio	<b>Traço:</b> 1:1,26 :0,99 :0,36 (em massa) <b>Relação a/c:</b> 0,357
C	Metacaulim + Cimento Portland CPIIE-32 + Silicato de sódio + Hidróxido de potássio	<b>Traço:</b> 1: 2: 3: 0,60
D	Metacaulim + Cal virgem	<b>Traço:</b> 1:3:0,70
E	Metacaulim + Hidróxido de sódio + Hidróxido de potássio	<b>Composições:</b> 265kg/m <sup>3</sup> (metacaulim), 93kg/m <sup>3</sup> (Cimento Portland CP II E - 32), 119kg/m <sup>3</sup> (Silicato de sódio), 108kg/m <sup>3</sup> (Hidróxido de potássio), 113kg/m <sup>3</sup> (água) e 1572kg/m <sup>3</sup> (areia)
F	Metacaulim + Cimento Portland CPIIE-32 + Silicato de sódio + Hidróxido de potássio	Não identificado.
G	Metacaulim + Cimento Portland CPIIE-32 + Hidróxido de potássio + Silicato de sódio alcalino	<b>Traço:</b> 1:2:3:0,45
H	Metacaulim + Cimento Portland CPIII-32 + Hidróxido de potássio + Silicato de sódio alcalino	<b>Traço:</b> 1:2:3 <b>Relação a/c:</b> 0,44
I	Metacaulim + Hidróxido de sódio	<b>Traço:</b> 0,25:1:0,36
J	Metacaulim + Silicato de Potássio + Hidróxido de Potássio	<b>Relação precursor/agregado:</b> 1:1
K	Metacaulim + Cimento Portland CPIIE-32 + Hidróxido de potássio + Silicato de sódio	<b>Traço:</b> 1:1,2:0,36
L	Metacaulim + Hidróxido de potássio + Silicato de sódio	<b>Traço:</b> 1:1:0,34
M	Metacaulim + Hidróxido de sódio	<b>Traço:</b> 0,35:0:1:0,35 <b>Relação ativador/precursor:</b> 0,35
N	Cinza volante + Cal virgem	<b>Relação sólidos/areia:</b> 1,3 <b>Relação (CV:A:CVI:água/sólidos):</b> 1:3:0,41:0,87 <b>Relação areia: ativador+precursor:</b> 3:1
O	Silicato de potássio + Hidróxido de sódio + Metacaulim	<b>Relação precursor:agregado miúdo:</b> 1:0,75
P	Resíduo de tijolo moído + Metacaulim + Hidróxido de sódio	<b>Traço:</b> 1:1:0,8 (precursor:agregado miúdo: solução ativadora alcalina)
Q	Metacaulim + Silicato de Sódio + Hidróxido de Sódio	Não identificado.



Tabela 4.7: Identificação das dosagens dos trabalhos do Rio de Janeiro (conclusão).

COMPOSIÇÃO DAS DOSAGENS DAS MISTURAS – RIO DE JANEIRO		
IDENTIFICAÇÃO	ATIVADOR + PRECURSOR	DOSAGENS E PROPORÇÕES
R	silicato de sódio comercial, hidróxido de sódio e resíduo de mármore + Metacaulim + Cimento Portland CP II-E + Cinza do bagaço de cana-de-açúcar	Não identificado.
S	Escória de alto forno + Hidróxido de sódio	<b>Traço:</b> 1:2:0,45 (aglomerante: agregado: água)
T	Metacaulim + Resíduo do processo de dessulfurização de gases (FGD)	<b>Razões molares:</b> SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (2,5), Na <sub>2</sub> O/SiO <sub>2</sub> (0,32), Na <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0,8), H <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O (10 – 11)
U	Metacaulim + Escória de alto forno + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Composições:</b> 600g (metacaulim), 400g (escória de alto forno), 1000g (areia)
V	Metacaulim + Cimento Portland CPIII-40 RS + Hidróxido de potássio + Silicato de sódio	<b>Traço:</b> 1:1,849:1,745:0,42 <b>Quantidades:</b> Cimento (kg/m <sup>3</sup> ) 459 / Areia (kg/m <sup>3</sup> ) 849 / Brita (kg/m <sup>3</sup> ) 801 <b>Relação a/agl:</b> 0,42
W	Metacaulim + Cinza da Casca de ovo + Escória de alto forno + Cinza de casca de arroz + Hidróxido de Potássio	<b>Componentes:</b> MC + 60% EGAF + 40% (CCA + COC) <b>Relação água/aglomerante:</b> 0,58
X	Cinza volante + Metacaulim + Silicato de sódio + Hidróxido de potássio	Não identificado.
Y	Metacaulim + Filito branco + Cimento Portland CPIII-32 + Silicato de sódio + Hidróxido de potássio	Não identificado.
Z	Escória de alto forno + Hidróxido de potássio	Não identificado.

Em relação ao estado de Minas, as resistências à compressão alcançadas nas pesquisas do Rio de Janeiro (Figura 4.21) ficaram distribuídas em faixas de valores mais próximos, entre 25,93MPa e 52,63MPa, com 50% das misturas distribuindo-se entre esses valores. A média das resistências alcançadas foi de 40,87MPa, também inferior à média das resistências alcançadas em Minas Gerais. A maior resistência à compressão do estado foi de 85,81MPa (dosagem O), a partir da mistura de silicato de potássio, hidróxido de sódio e metacaulim, e a menor foi de 14,62MPa (dosagem I), com a composição de metacaulim e hidróxido de sódio.

### 4.2.7.3 São Paulo

As resistências à compressão alcançadas nas pesquisas em São Paulo estão na Figura 4.22 e na Tabela 4.8.

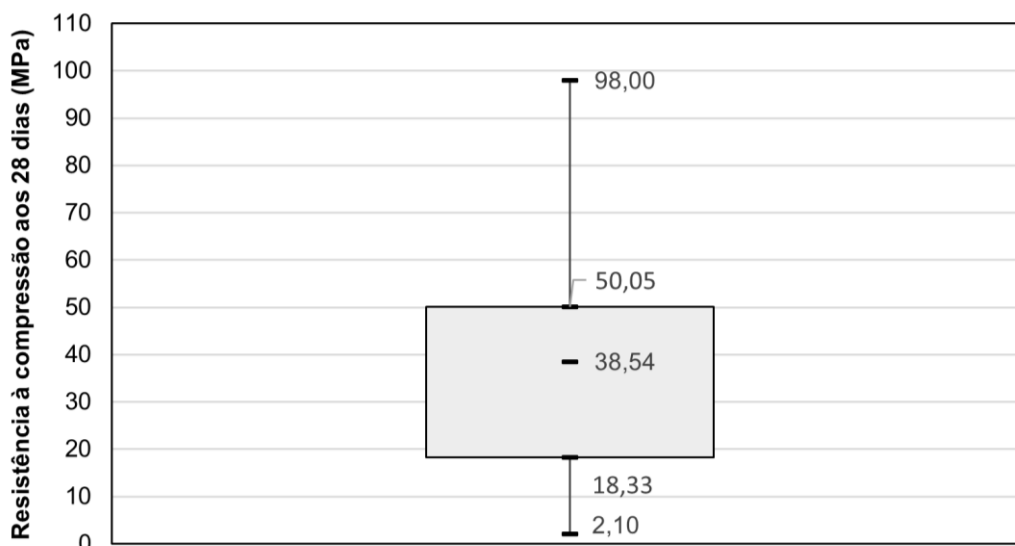


Figura 4.22 - Relação resistência à compressão aos 28 dias e dosagens de São Paulo.

Tabela 4.8: Identificação das dosagens dos trabalhos de São Paulo.

COMPOSIÇÃO DAS DOSAGENS DAS MISTURAS – SÃO PAULO		
IDENTIFICAÇÃO	ATIVADOR + PRECURSOR	DOSAGENS E PROPORÇÕES
A	Escória de alto forno + Silicato de sódio	<b>Traço:</b> 1:2:0,48 (aglomerante : agregado : água em massa)
B	Escória de alto forno + Silicato de sódio	<b>Relação água/aglomerante:</b> 0,4 <b>Relação aglomerante/agregado:</b> 1,2
C	Metacaulim + Lodo de ETA + Hidróxido de sódio	Mistura com 15% lodo de ETA
D	Metacaulim + Hidróxido de sódio + Cinza da casca de arroz	<b>Composição:</b> 230g (água), 104g (cinza da casca de arroz), 81g (NaOH), 355g (metacaulim), 1065g (areia)
E	Hidróxido de potássio + Escória de alto forno	<b>Relação água/cimento:</b> 0,45 <b>Relação aglomerante/agregado:</b> 2,5 <b>Razão molar:</b> 8M
F	Cinza do lodo de esgoto + metacaulim + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Relação molar SiO<sub>2</sub> /Na<sub>2</sub>O:</b> 2 <b>Relação molar H<sub>2</sub>O/ Na<sub>2</sub>O:</b> 9,26
G	Resíduo de cerâmica vermelha + Cinza da folha da cana-de-açúcar + Hidróxido de sódio + Silicato de sódio	<b>Relação água/precursor:</b> 0,45 <b>Relação precursor sólido/areia:</b> 1:2,5 <b>Relação SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O:</b> 1,3

Tabela 4.8: Identificação das dosagens dos trabalhos de São Paulo (conclusão).

COMPOSIÇÃO DAS DOSAGENS DAS MISTURAS – SÃO PAULO		
IDENTIFICAÇÃO	ATIVADOR + PRECURSOR	DOSAGENS E PROPORÇÕES
H	Cinza da casca de arroz (CCA) + Hidróxido de sódio	<b>Composição:</b> 1000g (areia); 500g (metacaulim); 128,33g (CCA); 96g (NaOH); 300g (água) <b>Relação aglomerante/agregado:</b> 1:2 <b>Relação água/aglomerante:</b> 0,6
I	Metacaulim + Cinza da casca de arroz + Hidróxido de sódio	<b>Composição (em massa):</b> 1:0,6:1,25:2,25 (Aglomerante : água : areia : brita)
J	Cinza da folha da cana-de-açúcar + Escória de alto forno	<b>Relação água/cimento:</b> 0,45 <b>Proporção escória de alto forno / Cinza da folha da cana de açúcar:</b> 72/25
K	Hidróxido de sódio + cinza do bagaço de cana (ativadores) + Escória de alto forno	<b>Relação água/aglomerante:</b> 0,5 <b>Relação água/ativador:</b> 0,45
L	Cinza da casca de banana (ativador) + Escória de alto forno	<b>Composição:</b> 400g (escória) + 800g (areia) + 160g (água) + 42,1g (ativador)
M	Hidróxido de sódio + Silicato de sódio + Metacaulim	Não identificado.
N	Metacaulim + Hidróxido de sódio	<b>Razão molar global SiO<sub>2</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:</b> 3,5
O	Metacaulim + Cinza volante + Hidróxido de sódio + Hidróxido de potássio + Silicato de potássio	Não identificado.
P	Metacaulim + Hidróxido de sódio	<b>Traço:</b> 1:1,2:2 (cimento, agregado miúdo e agregado graúdo) <b>Relação água/cimento:</b> 0,35
Q	Metacaulim + Hidróxido de sódio	<b>Relação metacaulim/areia:</b> 1:3 <b>Relação solução álcali-ativada:sólidos:</b> 1:3

As resistências alcançadas nos trabalhos de São Paulo também estiverem numa faixa de valor próximas entre si, com 50% das dosagens distribuídas entre 18,33MPa e 50,05MPa. Os trabalhos alcançaram em média 38,54MPa de resistência, valor inferior ao encontrado nos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. A maior resistência à compressão aos 28 dias foi de 98MPa (dosagem A), alcançada pela mistura de escória de alto forno com silicato de sódio, e a menor, 2,10MPa (dosagem O), a partir de metacaulim, cinza volante, hidróxido de sódio, hidróxido de potássio e silicato de potássio.

No geral, é possível verificar que não existe padronização na apresentação das dosagens nos estudos avaliados, sendo feita em razões molares entre óxidos, razões molares das soluções ativadoras alcalinas e, também, em massa. Esta falta de padronização e a grande quantidade de matérias-primas utilizadas com

precursores e ativadores dificultam a comparação dos resultados e a obtenção de conclusões mais elaboradas, bem como a tentativa de se construir um método de dosagem para previsão das resistências mecânicas dos materiais álcali-ativados e geopoliméricos, como os diferentes métodos de dosagem que existem para os materiais à base de cimento Portland convencional.

## 4.3 ARTIGOS

### 4.3.1 Artigos resultantes de teses e dissertações

Objetivando identificar se as teses e dissertações propiciaram a publicação de artigos sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados, como descrito na metodologia, o Currículo Lattes dos orientadores/coorientadores serviu de base para a busca (Tabela 4.6). A publicação de artigos tem a importância de difundir as pesquisas para além das instituições e programas de PG, o que é de extrema importância na expansão das pesquisas sobre qualquer tema, especialmente este tratado no presente trabalho. Ressalta-se que em alguns programas de PG do Brasil há a obrigatoriedade da submissão de, pelo menos, um artigo resultante da tese/dissertação desenvolvida.

Assim, foi elaborada uma tabela abaixo (Tabela 4.9) que reúne, por estado, o número de artigos que foram identificados como gerados a partir de teses/dissertações sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados. Foram encontrados um total de cento e um artigos derivados de cento e cinco teses/dissertações produzidas. Observa-se nos três estados um número muito próximo de teses/dissertações em relação ao número de total de artigos, o que permite inferir que os trabalhos gerados tem propiciado também um número expressivo de artigos científicos.

Tabela 4.9: Artigos vinculados a dissertações e teses por estado na Região Sudeste.

<b>QUANTIDADE DE ARTIGOS PRODUZIDOS A PARTIR DE DISSERTAÇÕES E TESES</b>		
<b>ESTADO</b>	<b>DISSERTAÇÕES E TESES</b>	<b>ARTIGOS</b>
Espírito Santo	-	-
Minas Gerais	39	<b>34</b>
Rio de Janeiro	43	<b>43</b>
São Paulo	23	<b>24</b>
	<b>105</b>	<b>101</b>

No entanto, vale ressaltar que os números descritos equivalem ao total de artigos gerados, não significando que necessariamente cada uma das dissertações/teses produzidas geraram artigos, pois alguns trabalhos ainda derivaram mais de um artigo. Em Minas Gerais, das trinta e nove dissertações e teses produzidas, vinte e uma (53,85%) derivaram artigos científicos; no Rio de Janeiro, das quarenta e três dissertações e teses produzidas, vinte e duas (51,16%) derivaram artigos científicos, e em São Paulo, das vinte e três dissertações e teses produzidas, onze (47,83%) geraram artigos, ou seja, nos três estados cerca de metade dos trabalhos produzidos não geraram artigos.

Esse resultado aponta que, apesar de, em números, a quantidade total de artigos, dissertações e teses equipararem-se, ainda há uma proporção relevante de trabalhos que estão restritos apenas às IES, demonstrando uma produção limitada ainda nesse sentido. Além disso, esse resultado mostra como é importante analisar não somente as produções dos cursos de PG, como dissertações e teses, mas também as que envolvem uma produção mais voltada para “além dos muros” das IES, como os artigos, para se ter um panorama mais completo do cenário das pesquisas sobre o assunto que se deseja conhecer.

#### **4.3.2 Revistas que publicam sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos**

Além da contabilização dos artigos, também foram identificadas as revistas onde esses artigos provenientes de dissertações/teses sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados foram publicados. Na Tabela 4.10 estão descritos os nomes das revistas e o número de artigos que foram publicados em cada uma delas.

Tabela 4.10: Número de artigos publicados por revista Região Sudeste.

REVISTA	NÚMERO DE ARTIGOS
Construction & Building Materials	12
Matéria – Rio de Janeiro	6
Cerâmica	5
Acta Microscópica	4
Materials Research-Ibero-American Journal of Materials	4
Case Studies in Construction Materials	3
Ceramics International	3
REM – International Engineering Journal	3
Revista Ibracon de Estruturas e Materiais	3
Cement & Concrete Composites	2
Journal of Adhesion Science and Technology	2
Journal of Building Engineering	2
Journal of Ceramic Science and Technology	2
Journal of Cleaner Production	2
Journal of Materials Research and Technology - JMR&T	2
MATEC Web of Conferences	2
Materials	2
Materials Letters	2
Materials Science Forum (online)	2
Materials Research	2
Molecules	2
Revista Brasileira de Aplicação de Vácuo	2
Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia Militar	2
Activity Report LNLS	1
Applied Materials Today	1
Chemical Engineering Journal	1
CivilEng	1
Engineering Research Express	1
Epitoanyag - Journal of Silicate Based and Composite Materials	1
E-Mat	1
Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures	1
Fórum Ambiental de Alta Paulista	1
Frontiers in Materials	1
Fuel (Guildford)	1
Industrial Crops and Products	1
International Journal of Applied Ceramic Technology	1
International Journal of Advanced Engineering Research and Science	1
International Journal of Engineering and Technology (IJET)	1
International Journal of Inorganic Materials	1
International Journal of Mining Reclamation and Environment	1
Journal of Asian Ceramic Societies	1
Journal of Composites and Compound	1

Tabela 4.10: Número de artigos publicados por revista Região Sudeste (conclusão).

REVISTA	NÚMERO DE ARTIGOS
Journal of Materials in Civil Engineering	1
Key Engineering Materials (online)	1
Materials and Structure	1
Materiales de Construcción	1
Perspectivas online: exatas e engenharia	1
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part L-Journal of Materials-design and applications	1
Powder Technology	1
Revista Eletrônica de materiais e processos (UFCEG)	1
Revista Militar de Ciência e Tecnologia	1
Revista Sul-Americana de Engenharia Estrutural	1
Theoretical and Applied fracture mechanics	1
	<b>101</b>

Observou-se a maior parte das publicações em revista internacionais, sendo a revista *Construction & Building Materials* identificada como a que mais contou com artigos publicados sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados, com um total de doze artigos. As revistas *Matéria* e *Cerâmica* também apresentaram elevados números de publicações, com seis e cinco publicações cada, respectivamente.

#### 4.3.3 Análise de coautoria

Segundo van Eck e Waltman (2014), a análise de rede de coautoria é uma técnica que permite identificar como os autores, instituições ou países estão relacionados de acordo com a quantidade de materiais que publicam conjuntamente. Foram encontrados um total de 129 registros de artigos a partir de 2003 na *Web of Science* com a aplicação dos filtros e palavras-chave selecionadas descritas na metodologia deste trabalho. A busca por esse material foi feita em 10 de agosto de 2023.

Posteriormente, com a ingestão dos resultados encontrados na *Web of Science* no VOSviewer, foi necessário padronizar os nomes de alguns autores de artigos devido a diferentes nomenclaturas sendo usadas para mesmos autores. Foram encontrados, então, duzentos e onze autores, distribuídos em vinte e cinco *clusters* de colaboração entre pesquisadores (Figura 4.23).

O tamanho dos círculos indicam a quantidade de publicações que o autor teve na amostra, ou seja, círculos maiores indicam maior número de publicações e círculos menores, menor número de publicações; e as linhas correspondem as colaborações que os autores mantêm entre si. Ainda é possível identificar na rede formada o número de *links* dos autores, que é a conexão entre dois itens (autores) e a força total do link (*link strength*), representada por um valor numérico positivo que indica a força total dos links de coautoria que um determinado pesquisador tem com outros pesquisadores, onde quanto maior for esse valor, mais forte será o *link*.

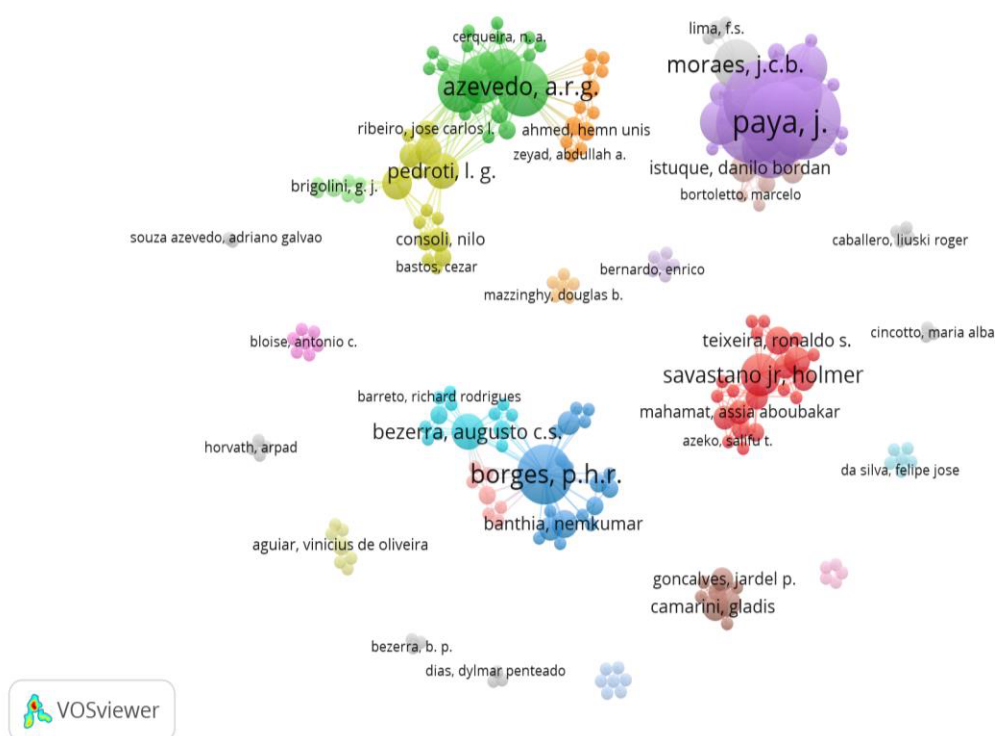


Figura 4.23 - Rede de coautoria de artigos sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos da região sudeste do Brasil.

Assim, observou-se no mapa gerado da Figura 4.23, em destaque, quatro grupos de *clusters* com grande número de nós, ou seja, com um número elevado de autores colaborando em pesquisas (grupo 1 – *clusters* verde claro, amarelo, verde escuro e laranja; grupo 2 - *clusters* roxo, cinza e rosa; grupo 3 - *clusters* azul claro, azul escuro e rosa e grupo 4 – *cluster* vermelho) e outros pequenos *clusters*, com o nome dos autores que mais se destacaram dentre os pesquisadores.



O grupo 1 (Figura 4.24) é o maior grupo de pesquisadores encontrados na amostra, constituído de quatro *clusters*: *cluster* 1 (verde claro) com seis nós; *cluster* 2 (amarelo), com quinze nós; *cluster* 3 (verde escuro), com vinte nós e, *cluster* 4 (laranja), com doze nós. Observou-se também pesquisadores estrangeiros no grupo, sobretudo, em um *cluster* específico (laranja), interligados entre si e ao pesquisador Afonso Rangel Garcez de Azevedo, indicando grande colaboração do pesquisador com autores de outros países.

Quatro pesquisadores destacaram-se nesse grupo, a saber, em ordem de maior número de artigos publicados: Afonso Rangel Garcez de Azevedo, com autoria/coautoria de treze documentos, trinta e cinco *links* e sessenta e cinco *total link strength*; Markssuel Teixeira Marvila, com dez documentos, vinte e três *links* e cinquenta *total link strength*; Carlos Maurício Fontes Vieira, com dez documentos também, vinte e dois *links* e cinquenta e um *total link strength* e Sergio Neves Monteiro, com sete documentos, sete *links* e trinta e cinco *total link strength*.

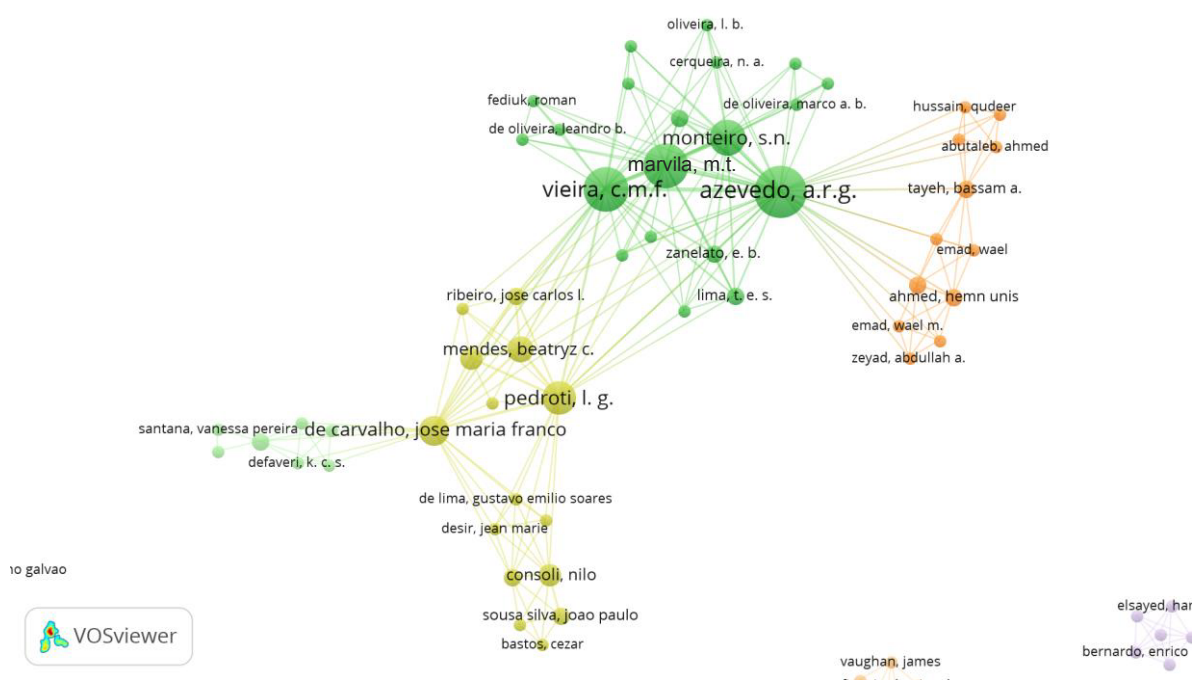


Figura 4.24 - Grupo 1 de *clusters* de coautoria.

O pesquisador Afonso Rangel é vinculado à UENF, e esteve na orientação/coorientação de duas pesquisas sobre geopolímeros e materiais alcali-ativados na referida IES e também participou de bancas examinadoras de trabalhos

do mesmo tema. Além de sua influência com autores do mesmo *cluster*, ele esteve em coautoria com autores estrangeiros, como apontado anteriormente, sendo um pesquisador que, embora não tenha muitas orientações, seu impacto na produção de artigos e colaborações entre autores é bastante significativa. Markssuel Teixeira Marvila foi identificado como autor de uma tese sobre geopolímeros na UENF, não estando envolvido em orientação de pesquisa no período analisado, porém seu impacto na produção de artigos também foi significativa, como pode ser observado no mapa gerado. Carlos Maurício Fontes Vieira também é um pesquisador vinculado à UENF, e esteve na orientação de duas pesquisas na UENF, Rio de Janeiro, e uma pesquisa na UFV, Minas Gerais; assim, também como participou de bancas de trabalho sobre a temática. Por fim, Sergio Neves Monteiro é um pesquisador vinculado ao IME; ele não esteve em nenhuma orientação de trabalho sobre a temática, porém envolveu-se na produção de artigos.

Observou-se pesquisadores de destaque com menor envolvimento em orientações de pesquisa, porém elevado engajamento no desenvolvimento de artigos e colaborações. Foi possível identificar ainda pesquisadores de instituições de estados como Minas (UFOP, UFV) e Rio Grande do Sul (UFRGS).

O grupo 2 (Figura 4.25) é constituído de três *clusters* também: *cluster* 1 (roxo) com quinze nós; *cluster* 2 (rosa), com seis nós e *cluster* 3 (cinza), com quatro nós. Observou-se também um número menor de pesquisadores estrangeiros no grupo em relação ao grupo 1, com uma grande influência de cinco autores que aparecem em destaque na Figura 4.25.

São eles, em ordem de maior número de autoria/coautoria de artigos: Lourdes Soriano, com autoria/coautoria em vinte e seis documentos, vinte e um *links* e cento e sessenta e dois *total link strength*; Jordi Payá, também com vinte e seis documentos, vinte e um *links* e cento e sessenta e dois *total link strength*; Maria Victória Borrachero, com vinte e cinco documentos, dezenove *links* e cento e cinquenta e sete *total link strength*; Mauro Mitusuuchi Tashima, com vinte e quatro documentos, dezenove *links* e cento e cinquenta e dois *total link strength* e, por fim, José Monzó, com vinte e dois documentos, dezessete *links* e cento e trinta e quatro *total link strength*. Os referidos pesquisadores são vinculados a *Universitat Politècnica de València*, na Espanha.

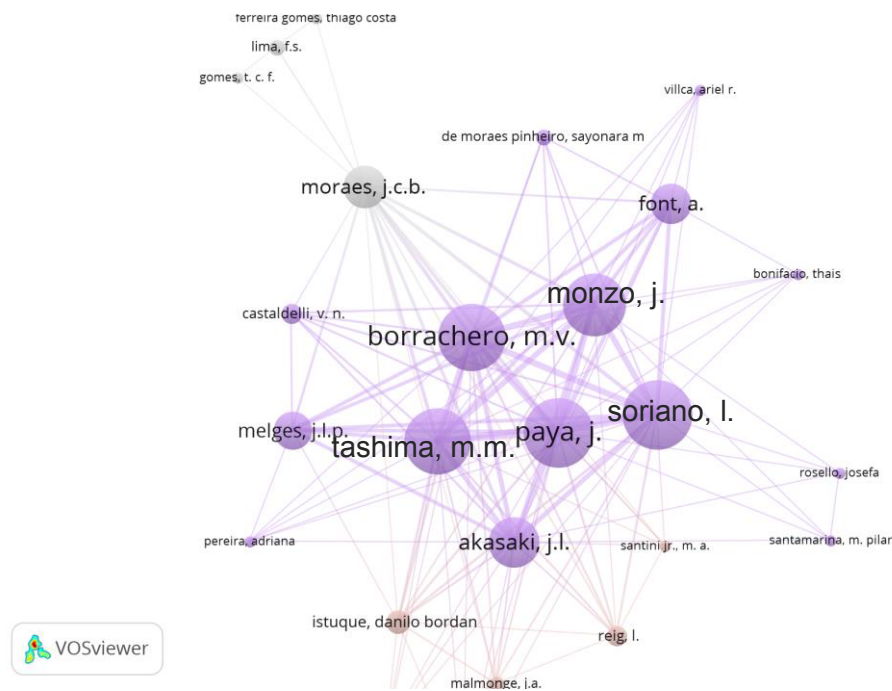


Figura 4.25 - Grupo 2 de *clusters* de coautoria.

Lourdes esteve na coorientação de uma pesquisa de mestrado na UNESP-IS e participou como membro de banca de outros dois trabalhos na mesma IES. Já Jordi Payá não esteve envolvido em nenhum trabalho de tese/dissertação identificado na região sudeste do Brasil. Maria Victoria Borrachero também participou como membro de duas bancas de doutorado sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados na UNESP-IS. Mauro Mitsuuchi esteve na orientação/coorientação de seis trabalhos na UNESP-IS, e participou de mais duas bancas na mesma instituição e um trabalho na UFRJ, destacando-se, inclusive, no estado de São Paulo e na UNESP-IS como um dos pesquisadores mais ativos em dissertações/teses sobre a temática. José Monzó também não foi identificado em nenhum trabalho de tese/dissertação na região sudeste do Brasil. Pode-se perceber que os autores que mais se destacaram, em sua maioria, envolveram-se em pesquisas nas instituições, tendo como resultado desses trabalhos a produção de artigos.

Além dos autores que tiveram destaque no grupo, observou-se também a presença de outros pesquisadores que se envolveram em orientações de pesquisas, participação de bancas ou até mesmo como autores de teses/dissertações sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados, tais como João Cláudio Bassan de Moraes

e Jorge Luis Akasaki, ambos na UNEPS-IS, indicando, como apontado anteriormente, a produção de artigos originados de trabalhos desenvolvidos nas IES.

O grupo 3 (Figura 4.26) é constituído de três *clusters*: *cluster 1* (azul escuro), com dezenove nós; *cluster 2* (azul claro), com treze nós e *cluster 3* (rosa), com sete nós. Observou-se um número menor de pesquisadores estrangeiros no grupo (*cluster rosa*), com a maioria interligado entre si e ao pesquisador Paulo Henrique Ribeiro Borges.

Assim, destacaram-se os pesquisadores Paulo Henrique Ribeiro Borges, do Cefet-MG, com quinze documentos, trinta e um *links* e quarenta e seis *links strength*; e Augusto Cesar da Silva Bezerra, também do Cefet-MG, com seis documentos, dezessete *links* e vinte e dois *links strength*, que aparecem com nomes e círculos em destaque no mapa. Os pesquisadores estiverem interligados em coautoria com diversos autores do grupo e também com uma forte ligação entre si, bem como, estiveram na orientação de dissertações/teses de suas IES, destacando-se também nesse sentido em suas IES, com onze trabalhos de pesquisa orientados/coorientados por Paulo Henrique, e cinco por Augusto Cesar.

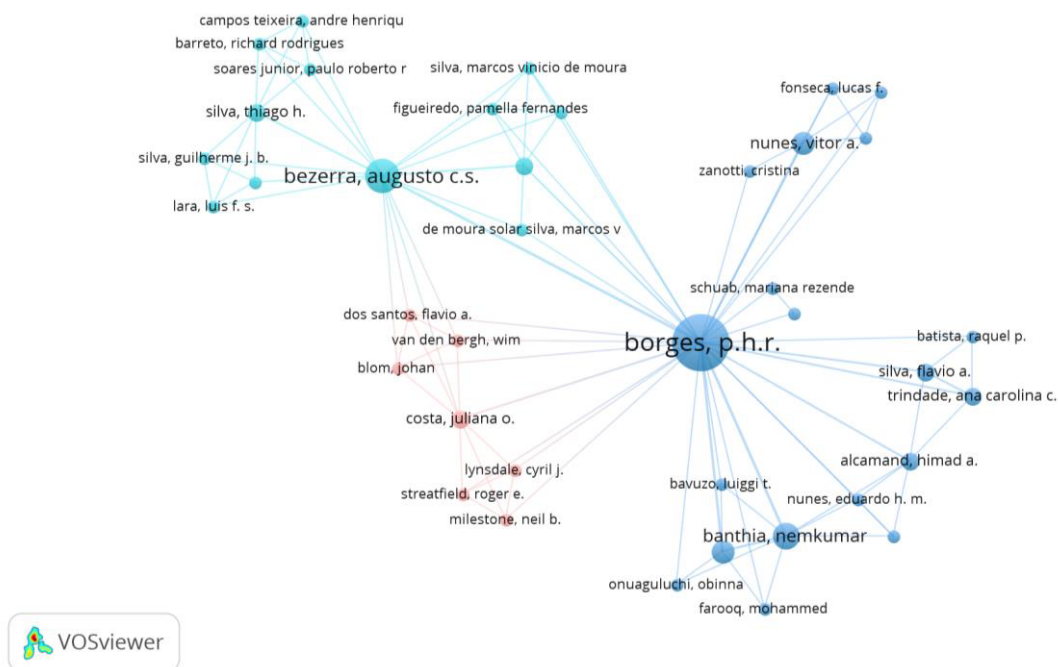


Figura 4.26 - Grupo 3 de *clusters* de coautoria.

Foi observado ainda, por meio do mapa gerado, diversos pesquisadores que orientaram dissertações/teses sobre a temática do Cefet-MG, autores de

dissertação/tese na instituição e membros que participaram de bancas desses trabalhos, indicando que alguns dos artigos encontrados resultaram também de trabalhos realizados na referida IES.

No grupo 4 (Figura 4.27), foi identificado apenas um *cluster* (vermelho), com vinte e dois nós (autores), com a maior parte constituída por autores estrangeiros interligados entre si e ao pesquisador Holmer Savastano Jr. Instituições internacionais como *African University of Science & Technology*, *Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)*, entre outras, foram algumas das identificadas como de origem desses autores.

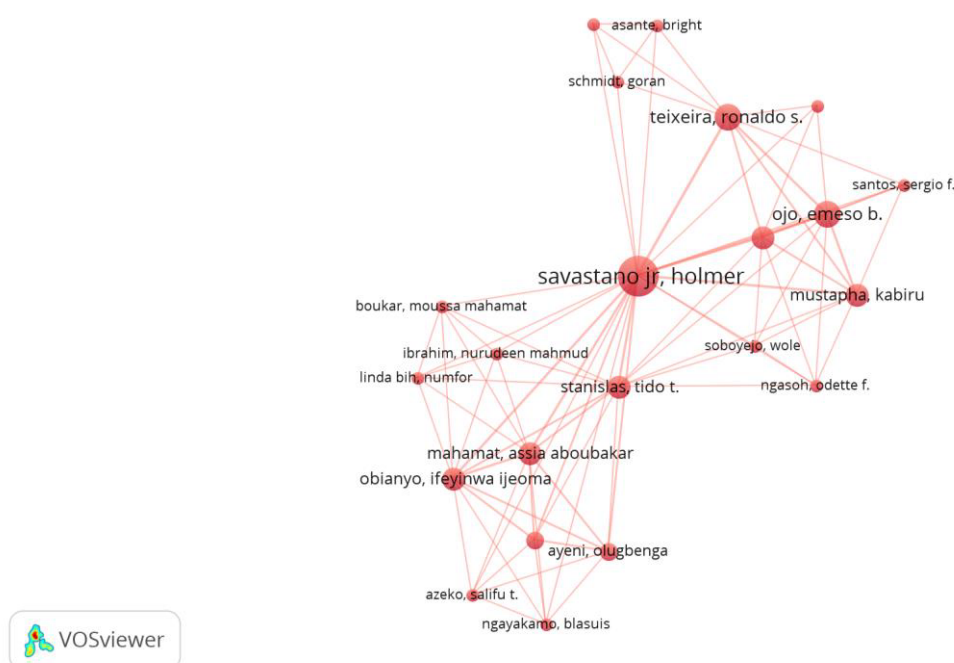


Figura 4.27 - Grupo 4 de *cluster* de coautoria.

Holmer Savastano Jr. aparece em destaque, no centro da imagem com um círculo de tamanho maior que dos outros autores. Holmer apresentou vinte e dois *links* e trinta e nove *links strength*, em um total de oito documentos na amostra, ou seja, esteve em coautoria com vinte e dois autores, em oito documentos com força total desse link de trinta e nove. O pesquisador é docente da Universidade de São Paulo – USP, e foi identificado na participação de cinco bancas de mestrado/doutorado em IES do estado do Rio de Janeiro e São Paulo; porém, não esteve na orientação/coorientação de nenhum trabalho sobre a temática. Essa resultante mostra que apesar de não estar envolvido em trabalhos acadêmicos nas

IES, o autor possui impacto na produção de artigos, bem como na relação com outros autores, principalmente de outras partes do mundo.

Em resumo, a análise de coautoria em pesquisas permitiu identificar os autores vinculados à IES do sudeste do Brasil que têm publicado artigos sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados juntamente com outros pesquisadores, bem como a influência destes em relação ao seu grupo de coautoria. O mapa formado sinalizou que, embora tenham sido formados alguns grupos, estes não se relacionam entre si, e ainda há grupos menores que também encontram-se dispersos, com autores que também não possuem relações de coautoria com nenhum outro *cluster*. Essa ocorrência mostra que o cenário das correlações entre autores de artigos sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na região sudeste encontra-se disperso/isolado.

#### 4.4 RESULTADO GERAL

A fim de reunir todos os resultados encontrados no presente trabalho, foi elaborado o Quadro 4.1 com todos os critérios utilizados nas avaliações.

Quadro 4.1 - Resumo dos resultados encontrados no presente estudo.

<b>DISSERTAÇÕES E TESES</b>		
<b>Aspecto analisado</b>	<b>Critério de avaliação</b>	<b>Resultado</b>
<b>Estado mais produtivo</b>	Número de dissertações/teses desenvolvidas em cada estado da região sudeste no recorte de tempo analisado.	Rio de Janeiro
<b>Instituições mais produtivas por estado</b>	Número de dissertações/teses desenvolvidas por instituição em relação aos seu estado de pertencimento no recorte de tempo analisado.	Cefet-MG - Minas Gerais
		UENF - Rio de Janeiro
		UNESP-IS - São Paulo
<b>Instituição mais produtiva da Região Sudeste</b>	Número de dissertações/teses desenvolvidas por instituição em relação a toda a região sudeste no recorte de tempo analisado.	UENF
<b>Material mais estudado na Região Sudeste</b>	Número de dissertações/teses que estudaram o respectivo material na região sudeste no recorte de tempo analisado.	Pastas

Quadro 4.1 - Resumo dos resultados encontrados no presente estudo (conclusão).

<b>DISSERTAÇÕES E TESES</b>		
<b>Aspecto analisado</b>	<b>Critério de avaliação</b>	<b>Resultado</b>
<b>Precursor mais utilizado por estado</b>	Número de dissertações/teses por estado que estudaram o precursor no recorte de tempo analisado.	Metacaulim - Minas Gerais
		Metacaulim - Rio de Janeiro
		Metacaulim - São Paulo
<b>Ativador mais utilizado por estado</b>	Número de dissertações/teses por estado que estudaram o ativador no recorte de tempo analisado.	Hidróxido de sódio + Silicato de sódio - Minas Gerais
		Hidróxido de potássio + Silicato de sódio - Rio de Janeiro
		Hidróxido de sódio + Silicato de sódio - São Paulo
<b>Precursor mais utilizado na Região Sudeste</b>	Número de dissertações/teses que estudaram o precursor em relação a toda a região sudeste no recorte de tempo analisado.	Metacaulim
<b>Ativador mais utilizado na Região Sudeste</b>	Número de dissertações/teses que estudaram o ativador em relação a toda a região sudeste no recorte de tempo analisado.	Hidróxido de sódio + Silicato de sódio

Com os critérios definidos em cada análise e os resultados encontrados foi possível visualizar o cenário das pesquisas sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na Região Sudeste do Brasil desde as primeiras produções até o ano de 2022, como proposto no presente trabalho. Espera-se que os resultados aqui apresentados auxiliem outros pesquisadores, bem como incentivem a realização de mais pesquisas sobre a temática com o passar dos anos.

#### 4.5 TRABALHOS FORA DO RECORTE DA PESQUISA

Embora tenham sido claramente descritos o recorte espacial e temporal, bem como as áreas de pesquisa consideradas no levantamento dos trabalhos, ao realizar as etapas de metodologia foram encontradas teses e dissertações sobre geopolímeros e materiais álcali-ativados que não se enquadraram nos critérios estabelecidos inicialmente, sendo estas não consideradas nas análises. Porém, partindo-se da premissa de que mesmo não estando no universo de análise, uma vez que recortes maiores exigiriam mais tempo de execução, o que não foi possível

na realização deste trabalho, essas dissertações e teses são de igual modo importantes para o cenário de pesquisas.

Assim, a título de informação, são apresentados a seguir dissertações e teses que não se enquadraram nos recortes e áreas estabelecidas desta pesquisa. É interessante observar, por exemplo, que quando estes critérios são alargados surgem novas instituições, novos programas e pesquisadores no cenário, o que é de extrema importância, inclusive para o incentivo de novas pesquisas.

Na Tabela 4.11 estão o número de trabalhos que foram encontrados fora do recorte temporal por IES, nome do programa e nível (mestrado ou doutorado). Vale ressaltar que a quantidade de trabalhos da tabela corresponde aos que ainda estavam em execução durante o levantamento, sem a confirmação se aqueles que ainda estavam em elaboração foram finalizados ou não.

Tabela 4.11 - Produção de teses/dissertações na Região Sudeste fora do recorte temporal.

<b>TRABALHOS FORA DO RECORTE TEMPORAL DA PESQUISA</b>				
<b>MINAS GERAIS</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
UFV - Universidade Federal de Viçosa	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	1	<b>1</b>
UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	4	<b>4</b>
Cefet-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	1	<b>1</b>
	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais	1	-	<b>1</b>
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais	Pós-graduação em Engenharia Civil	2	-	<b>2</b>
<b>RIO DE JANEIRO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Polímeros	-	1	<b>1</b>
UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	2	-	<b>6</b>
	Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais	3	-	
	Pós-graduação em Química	1	-	



Tabela 4.11 - Produção de teses/dissertações na Região Sudeste fora do recorte temporal (conclusão).

<b>TRABALHOS FORA DO RECORTE TEMPORAL DA PESQUISA</b>				
<b>RIO DE JANEIRO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
PUC-Rio - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	1	<b>1</b>
<b>SÃO PAULO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
USP - Universidade de São Paulo	Pós-graduação em Ciência dos Materiais	-	3	<b>3</b>
Unicamp - Universidade Estadual de Campinas	Pós-graduação em Engenharia Civil	-	1	<b>1</b>
UNESP-IS - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Ilha Solteira)	Pós-graduação em Ciência dos Materiais	-	2	<b>3</b>
	Pós-graduação em Engenharia Civil	1	-	
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais	1	-	<b>3</b>
	Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais	-	2	
UNESP-BAURU - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Bauru)	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais	2	-	<b>2</b>
UNESP-ARAR - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Araraquara)	Pós-graduação em Química	-	1	<b>1</b>

Os resultados mostrados na Tabela 4.11 só poderão ser confirmados a partir de uma pesquisa detalhada, como feita neste trabalho. Estão contabilizados ainda na Tabela 4.11 como parte do programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UENF este trabalho aqui realizado como fora do recorte da pesquisa, por estar sendo finalizado em 2023, e o trabalho que está sendo desenvolvido em outras regiões do país por outro discente.

Na Tabela 4.12 estão os trabalhos encontrados fora das áreas de interesse (Engenharia Civil, Engenharia/Ciência dos Materiais e Química/Engenharia

Química), sendo as quantidades relativas também aos trabalhos que ainda estavam em execução durante o levantamento, sem a confirmação da conclusão destes.

Tabela 4.12 - Produção de teses/dissertações na Região Sudeste fora das áreas estabelecidas.

<b>TRABALHOS FORA DAS ÁREAS ESTABELECIDAS NA PESQUISA</b>				
<b>MINAS GERAIS</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto	Pós-graduação em Construção Civil - Mestrado profissional	4	-	<b>4</b>
Cefet-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	Pós-graduação em Construção Sustentável	-	3	<b>5</b>
	Pós-graduação em Engenharia Civil - Mestrado profissional	2	-	
UFSJ - Universidade Federal de São João del-Rei	Pós-graduação em Engenharia Mecânica	5	-	<b>5</b>
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais	Pós-graduação em Construção Civil	10	-	<b>11</b>
	Pós-graduação em Engenharia de Minas	1	-	
CDTN - Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais	3	3	<b>6</b>
<b>RIO DE JANEIRO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro	Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Polímeros	-	1	<b>1</b>
<b>SÃO PAULO</b>				
<b>IES</b>	<b>Nome do programa</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Total por Instituição</b>
		<b>Dissertação</b>	<b>Tese</b>	
USP - Universidade de São Paulo	Pós-graduação em Engenharia da Construção Civil	1	-	<b>1</b>
Unifesp - Universidade Federal de São Paulo	Pós-graduação em Análise ambiental integrada	1	-	<b>1</b>
ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica	Pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica	3	-	<b>3</b>

Além dos programas de outras áreas, que surgem por se distanciarem daquelas definidas inicialmente na pesquisa, aparecem também trabalhos sobre a temática em outras IES que até então não tinham aparecido no cenário de pesquisas: o ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica e o CDTN - Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear. Mas, como apontado anteriormente, a confirmação destes números só poderá ser realizada mediante análise detalhada.

Espera-se que as informações descritas nesta seção possam contribuir com pesquisadores que desejam conhecer novos potenciais campos de pesquisa sobre a temática de geopolímeros e materiais álcali-ativados no Sudeste do Brasil, devendo estes, posteriormente, serem confirmados com análises mais minuciosas. Espera-se ainda incentivar mais pesquisas, com outros recortes de tempo e de espaço, abrangendo também novas áreas de estudo.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi possível concluir:

- a Região Sudeste do Brasil tem desenvolvido pesquisas sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos em três dos quatro estados: Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo;
- as pesquisas na Região Sudeste iniciaram-se em 1999, no Rio de Janeiro, com o primeiro trabalho desenvolvido no IME. São Paulo foi o segundo estado a pesquisar sobre a temática, em 2002 na USP, e Minas Gerais somente em 2013, na UFMG;
- a distribuição das pesquisas ao longo dos anos no Sudeste acompanhou as tendências internacionais, sendo estas mais expressivas a partir de 2015. A pandemia de COVID-19 teve impacto na realização de trabalhos nos anos de 2019 e 2020. Entretanto, os resultados indicaram crescimento das pesquisas nos anos seguintes (2021 e 2022);
- o Rio de Janeiro apresentou-se como o estado mais produtivo em teses e dissertações da Região Sudeste (40,95%), seguido por Minas Gerais (37,15%) e São Paulo (21,90%);
- os estados da Região Sudeste apresentaram concentração desigual de IES que realizam pesquisas sobre o tema, e a combinação dos fatores temporal e espacial entre as IES afetam de forma pontual na produção dos estados;
- o Cefet-MG foi a IES que mais produziu dissertações/teses sobre a temática (44%) em Minas Gerais; no Rio de Janeiro foi a UENF (49%); e em São Paulo foi a UNESP de Ilha Solteira (44%). De toda a Região Sudeste, a UENF foi a mais produtiva (20%);
- o tipo de material mais produzido nas pesquisas foi a pasta, presente em 44,62% dos trabalhos, devido principalmente à sua facilidade e simplicidade de produção e realização de ensaios de laboratório, bem como menores custos totais;

- uma variedade de matérias-primas foi empregada como precursores e ativadores no Sudeste, inferindo que os pesquisadores têm buscado combinações novas e diferentes das mais usuais. Além disso, foi observado o aproveitamento de matérias-primas abundantes localmente na obtenção dos produtos;
- o precursor mais utilizado nas pesquisas de Minas Gerais foi o metacaulim e o ativador alcalino bicomponente de hidróxido de sódio com silicato de sódio; no Rio de Janeiro, metacaulim e hidróxido de potássio com silicato de sódio, respectivamente; e em São Paulo, metacaulim e hidróxido de sódio com silicato de sódio, respectivamente;
- em relação à totalidade da Região Sudeste, o metacaulim foi o material mais utilizado como precursor nas pesquisas; e como ativador alcalino, a mistura bicomponente de hidróxido de sódio com silicato de sódio. Esses resultados assemelham-se aos obtidos por Geraldo (2016);
- há uma tendência na distribuição das resistências à compressão aos 28 dias alcançadas na pesquisas da região sudeste, sendo de 99,39MPa a maior resistência à compressão aos 28 dias alcançada nas pesquisas;
- a falta de padronização das dosagens e a elevada opção de matérias-primas como precursores e ativadores na obtenção dos materiais álcali-ativados e geopoliméricos dificulta a comparação dos resultados de resistência à compressão, bem como na elaboração de um método de dosagem para previsão dessas resistências mecânicas;
- de modo geral, o desenvolvimento de dissertações e teses sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos no Sudeste do Brasil tem proporcionado a publicação de inúmeros artigos, embora nem todos os orientadores/coorientadores tenham se envolvido com publicações de artigos sobre a temática;
- é importante a análise das produções de dissertações e teses juntamente com a produção de artigos para se ter um panorama completo do cenário de pesquisas sobre o tema;
- o cenário das correlações entre autores de artigos sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos na região sudeste encontra-se disperso, com quatro grupos maiores de pesquisadores que são coautores nos mesmos

documentos, e a sua maioria, de coautores, que relacionam-se com uma quantidade pequena de outros pesquisadores. Ambos os grupos identificados também não se relacionam entre si;

- por fim, fica evidente a importância da bibliometria na análise do estado da arte e na divulgação do conhecimento, pois foi possível ter uma visão do cenário de pesquisas sobre materiais geopoliméricos e álcali-ativados na Região Sudeste do Brasil, como proposto. Além disso, os resultados obtidos também podem ser utilizados como facilitadores na busca de redes de colaboração entre pesquisadores.

Ressalta-se, ainda, algumas dificuldades que foram encontradas durante a realização do trabalho, de forma a corroborar futuros estudos, a saber:

- endereço eletrônico dos programas de pós-graduação com repositório de trabalhos desatualizado, o que dificultou na coleta das teses e dissertações;
- currículo Lattes dos pesquisadores desatualizado e com imprecisão de informações;
- ausência de um acervo único, atualizado e obrigatório, para disposição de teses e dissertações nacionais. Embora existam a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações e o catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, nem todos os trabalhos e IES estavam registrados. Um único local com todos os trabalhos eliminaria a necessidade de diversas bases de dados para o levantamento das teses e dissertações.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para trabalhos futuros pesquisas que expandam ainda mais o conhecimento sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos, tais como:

- estudar o cenário de pesquisas sobre esses materiais no recorte de tempo de 2022 até a atualidade na Região Sudeste, e desde as primeiras produções até a atualidade em todas as outras regiões do Brasil;

- realizar análise em programas de pós-graduação de outras modalidades (*lato sensu*, por exemplo) e em outras áreas do conhecimento (Engenharia Nuclear, por exemplo);
- realizar estudo do cenário de pesquisas sobre materiais álcali-ativados e geopoliméricos em cursos de graduação (pesquisas de Iniciação Científica, por exemplo);
- realizar análise bibliométrica somente dos artigos publicados por pesquisadores brasileiros utilizando ferramentas computacionais e o método Proknow-C.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Básico sobre cimento**. São Paulo: ABCP, 2021. Disponível em: <<https://abcp.org.br/cimento/>>. Acesso em: 04 mar. 2021.

AGUIAR, M. C. **Desenvolvimento de rocha artificial com pó de rocha e aglomerante polimérico e geopolimérico**. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2016.

ALCAMAND, H. A. **Desenvolvimento e caracterização física, química e mecânica de compósitos álcali-ativados têxteis reforçados com fibras de juta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2017.

ALVARADO, R. U. A Bibliometria: história, legitimação e estrutura. *In*: TOUTAIN, L. M. B. B. (Org.). **Para entender a ciência da informação**. Salvador: EDUFBA., 2007.

ALVES, L. A. **Estudo da aderência de adesivos poliuretano e epóxi em substrato geopolímero e compósito**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica e Tecnologia dos Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2021.

ANDRADE, I. K. R. **Desenvolvimento de geopolímeros “one-part” à base de metacaulim e lama vermelha**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2022.

ARAÚJO, C. A. A. **A ciência como forma de conhecimento**. 2012. Disponível em: <[http://www.unicid.br/pos\\_graduacao/media/a\\_ciencia\\_como\\_forma\\_de\\_conhecimen-to.pdf](http://www.unicid.br/pos_graduacao/media/a_ciencia_como_forma_de_conhecimen-to.pdf)>. Acesso em: 11 ago. 2023.



ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**. Porto Alegre, v.12, n.1, p.11-32, jan./jun. 2006.

ASSIS, L. F. **Caracterização de cinzas de biomassa e potencial de aplicação como material pozolânico ou ativador alcalino**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2022.

AVILA, T. C. **Estudo da utilização da mistura de cinza da casca de arroz com hidróxido de sódio na produção de argamassas ativadas alcalinamente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2018.

AZEVEDO, A. G. S. **Avaliação do efeito da composição química de soluções ativadoras simples e compostas na produção de geopolímeros à base de cinza volante**. Tese (Doutorado em Física e Química de Materiais) - Universidade de São João del-Rei, São João del-Rei, Minas Gerais, 2017.

BACALGINI, B. **Qual a diferença entre o Portal de Teses da CAPES e as BDTDs do IBTC?** São Paulo: UNESP Campus Sorocaba, 2013. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/#!/biblioteca/diferenca-entre-bdtd-e-capes/>. Acesso em: 25 maio 2022.

BARBOSA, V. F. F. **Síntese e Caracterização de Polissialatos**. Tese (Doutorado em Química). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1999.

BATISTA, J. P. B. **Estudo da cinza da folha de cana-de-açúcar em aglomerantes ativados alcalinamente baseado no resíduo de cerâmica vermelha**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2018.

BATISTA, R. P. **Interferência da composição da matriz no desempenho mecânico de compósitos álcali-ativados reforçados com fibras curtas de PVA**.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2018.

BAVUZZO, L. T. **Desempenho de compósitos álcali-ativados reforçados com fibra de PVA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2017.

BEDIN, J.; VIANA, W. B. Negócios sociais e inovação: panorama das teses e dissertações no cenário nacional. **Revista Tecnologia e Sociedade**. Curitiba, v. 16, n. 45, p. 371-386, out./dez., 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/12131>. Acesso em: 26 jun. 2022.

BINGNO, I. C. **Geopolímeros à base de resíduos agrícolas e industriais**. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

BRADFORD, S. C. Sources of information on scientific subjects. **Engineering**, [s. l.], v. 26, p. 85-86, 1964.

BRAGA, G. M. Informação, ciência, política científica: o pensamento de Derek de Solla Price. **Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, v. 3, n.2, p. 155-177, 1974.

BRASIL. Ministério da Educação. **Especialistas vão avaliar cursos de pós-graduação nos últimos três anos**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/stricto-sensu#:~:text=Na%20avalia%C3%A7%C3%A3o%2C%20os%20cursos%20recebem,os%20cursos%20s%C3%B3%20de%20mestrado>. Acesso em: 27 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Pós-graduação. **Capex divulga mapa da pós-graduação no país**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2022. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secretaria-de-regulacao-e-supervisao-da-educacao-superiores/180-estudantes-108009469/pos-graduacao-500454045/2582-sp-1752673202>. Acesso em: 26 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Pós-graduação. **Número de pós-graduandos cresce no Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/180-estudantes-108009469/pos-graduacao-500454045/2583-sp2021081601#:~:text=A%20regi%C3%A3o%20Sudeste%20concentra%20o,dos%2041.964%20alunos%20da%20%C3%A1rea>. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Sistema de pós-graduação colhe informação com nova ferramenta**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2014. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/212-educacao-superior-1690610854/20337-sistema-de-pos-graduacao-colhe-informacao-com-nova-ferramenta>. Acesso em: 27 maio 2022.

CABALLERO, L. R. **Comportamento físico-mecânico de matrizes geopoliméricas à base de metacaulim reforçados com fibras de aço**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

CAETANO, M. A. **Avaliação de matrizes obtidas pela álcali-ativação do rejeito de barragem de minério de ferro aditivado com resíduo de lã de vidro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2020.

CAMPOS, V. P. P. **Desenvolvimento de propantes cerâmicos sintéticos aditivados com nanomateriais de carbono**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

CAPES. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Catálogo de Teses e Dissertações**. Brasília, DF: CAPES, 2022a. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/listaPrograma.jsf>. Acesso em: 27 maio 2022.

CAPES. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Coleta CAPES**. Brasília, DF: CAPES, 2022b. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/listaPrograma.jsf>. Acesso em: 27 maio 2022.

CAPES. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Cursos avaliados e reconhecidos**. Brasília, DF: CAPES, 2022c. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/listaPrograma.jsf>. Acesso em: 28 ago. 2022.

CAPES. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Periódicos CAPES**. Brasília, DF: CAPES, 2022d. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>. Acesso em: 28 set. 2022.

CAPES. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Portal Periódicos CAPES - Acesso remoto via CAFe**. Brasília, DF: CAPES, 2023. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php/aceso-cafe.html>. Acesso em: 28 set. 2022.

CASTALDELLI, V. N. **Estudo de geopolímeros utilizando cinzas residuais do bagaço da cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2013.

CASTELLI, T. M. **Análise da metodologia *knowledge development process-constructivist* (ProKnow-C) e suas contribuições à avaliação de desempenho organizacional: um estudo à luz do apoio à decisão**. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2018.

CILLA, M. S. **Highly porous geopolymers: effect of the processing route on the on the reached Properties**. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2015.

CLARIVATE ANALYTICS. **Web of ScieOnce**. 2023. Disponível em: <https://www-webofscience.ez81.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search>. Acesso em: 9 ago. 2023.

CRUZ, T. V. **Produção e caracterização de compósito geopolimérico modelo, a partir de metacaulinita pura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2022.

CODEMGE. COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS. **Ferro**. 2022. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/ferro/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conab realiza pesquisa de campo sobre cana de açúcar**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4688-conab-realiza-pesquisa-de-campo-sobre-cana-de-acucar#:~:text=Entre%20os%20maiores%20estados%20produtores,%2C03%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas>). Acesso em: 17 nov. 2022.

COSTA, J. O. **Alkali-activated binders with reclaimed asphalt aggregates as a potential base layer of pavements**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2022.

CUIABANO, J. L. S. **Efeito da Temperatura nas Propriedades do Cimento Geopolimérico**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2002.

CUNHA, J. T. **Estabilização da mistura de rejeito e estéril de mineração de ferro através da tecnologia de geopolímeros**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2022.

DAVIDOVITS J. **30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Applications. Market Trends and Potential Breakthroughs**. *In: Geopolymer Conference*. Melbourne, Australia, p 1-16, 2002.

DAVIDOVITS J. Why Alkali-Activated Materials (AAM) are Not Geopolymers. Technical Paper. **Geopolymer Institute**, [s. l.], 2018. Disponível em: [www.geopolymer.org](http://www.geopolymer.org). Acesso em: 01 jun. 2022.

DAVIDOVITS, J. Geopolymers Inorganic Polymeric New Materials. **Journal of Thermal Analysis**, [s. l.], v. 37, n. 8, p. 1633-1656, 1991.

DAVIDOVITS, J. **Polymers and Geopolymers**. Geopolymer Chemistry and Applications. France: Institut Géopolymère, 4 ed., Cap. 1, p. 3-16, 2015.

DAVIDOVITS, J. Properties of geopolymer cements. **Alkaline Cements and Concretes**. Kiev, Ukraine, p. 131-149, 1994.

DAVIDOVITS, J. **Synthesis of New High-Temperature Geo-polymers for Reinforced Plastics/Composites**. *In: Society of Plastic Engineers. SPE PACTEC '79*. USA: Brookfield Center, p. 151-154, 1979.

DIAS, A. A. **Estudo da degradação de argamassa geopolimérica por ácido acético e sulfúrico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2008.

DIAS, D. P. **Cimentos Geopoliméricos: Estudo de Agentes Químicos Agressivos, Aderência e Tenacidade à Fratura**. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2001.

DOMINGOS, L. F. T. **Estudo da corrosão em geopolímeros a base de cinza volante**. Dissertação (Mestrado em Física e Química de Materiais) - Universidade de São João del-Rei, São João del-Rei, Minas Gerais, 2017.

DURIEUX, V.; GEVENOIS, P. A. Bibliometric indicators: quality measurements of scientific publication. **Radiology**. [S. l.], v. 255, n. 2, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20413749/>. Acesso em: 6 out. 2022.

DUXSON, P.; FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; PROVIS, J. L.; LUKEY, G. C.; PALOMO, A.; VAN DEVENTER, J. S. J. Geopolymer technology: the current state of the art. **Journal of Materials Science**, [s. l.], v. 42, n. 9, p. 2917-2933, 2007.

ELÓI, F. P. F. **Ativação alcalina do rejeito de barragem de minério de ferro com adição de sílica ativa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2020.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A.; NUNES, N. A.; REIS, C. BPM governance: a literature analysis of performance evaluation. **Business Process Management Journal**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 71-86, 2017. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/BPMJ-11-2015-0159>. Acesso em: 13 jun. 2022.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA. Proknow-C, Knowledge Development Process-Constructivist. **Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI**. Brasil, v. 10, n. 4, [s. p.] 2010.

ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; IMLAU, J. M.; CHAVES, L. C. Processo de mapeamento das publicações científicas de um tema: portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho de cooperativas de produção

agropecuária. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. [S. l.], v. 52, n. 3, p. 587-608, set. 2014.

FERNANDES, L. F. R. **Aglomerante álcali-ativada contendo resíduo de porcelanato**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2022.

FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; CRISTELO, N.; MIRANDA, T.; PALOMO, A. Sustainable alkali activated materials: precursor and activator derived from industrial wastes. **Journal Of Cleaner Production**, [s. l.], v. 162, p. 1200-1209, 2017.

FERREIRA, I. G. **Produção de geopolímeros à base de metacaulim com incorporação de rejeito de minério de ferro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2022.

FERREIRA, J. B.; SILVA, L. A. M. O uso da bibliometria e sociometria como diferencial em pesquisas de revisão. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**. [S. l.], v. 15, n. 2, p.448-464, maio/ago. 2019.

FERREIRA, J. R. **Comportamento de vigas de concreto geopolimérico com pouca armadura transversal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2009.

FIGUEIREDO, R. A. M. **Rejeitos de minério de ferro na produção de geopolímeros "one-part": utilização como filler e na produção de silicato de sódio alternativo**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2021.

FONTANA, L. P. **Modelo multicritério construtivista para apoiar a gestão da retenção do conhecimento organizacional em uma empresa concessionária de**



**serviços de saneamento no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2020.

FRAGOSO, V. S. B. **Estudo da mitigação de retração livre e com restrição em argamassas de escória de alto forno álcali-ativadas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2021.

FRANÇA, F. C. C. **Avaliação da aderência e resistência à flexão de vigas de concreto armado preparados com argamassa geopolimérica.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2017.

FRANÇA, S. **Blocos álcali-ativados de resíduos industriais compactados.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2018.

GARVEY, W. D. **Communication:** the essence of science; facilitating information among librarians, scientists, engineers and students. Oxford: Pergamon, 1979.

GEO-POL. **Ficha técnica.** 2022. Disponível em: <http://www.geopol.com.br/default.asp?area=08&pag=1&pro=1>. Acesso em: 02 jun. 2022.

GERALDO, R. H. **Aglomerante álcali-ativado contendo lodo de ETA e cinza da casca de arroz.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2016.

GERALDO, R. H. **Aglomerante álcali-ativado de parte única: obtenção, composição, propriedades e durabilidade.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2020.

GLASBY, T.; DAY, J.; GENRICH, R.; ALDRED, J. EFC. **Geopolymer Concrete Aircraft Pavements at Brisbane West Wellcamp Airport**. In: Concrete 2015 Conference. Melbourne, Australia, 2015, p 1-9.

GLUKHOVSKY, V. D. **Soil Silicates**. Kiev, USSR: Gostroiizdat Publish, 1959.

GOLIATH, K. B. **Comportamento de colunas curtas reforçadas com compósitos de resina geopolimérica e fibras de carbono**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2017.

GOMES, R. F. **Determinação dos parâmetros de fratura de concretos geopoliméricos reforçados por fibras de aço**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2019.

GONÇALVES, L. F. C. **Estudo da álcali-ativação na produção de tijolos modulares ecológicos**. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Materiais) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Bauru, Guaratinguetá, São Paulo, 2022.

GOOGLE INC. 2022. Disponível em: <https://www.google.com.br/>. Acesso em: 14 maio 2022.

GRÁCIO, M. C. C.; OLIVEIRA, E. F. T. Indicadores cientométricos normalizados: um estudo na produção científica brasileira internacional (1996 a 2011). **Perspectivas em Ciência da Informação**. [S. l.], v. 19, n. 3, p. 118-133, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/32674>. Acesso em: 11 out. 2022.

GRATÃO, L. S. **Os efeitos da incorporação de resíduos de pneus nas propriedades de compósitos a base de geopolímeros**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2021.

GUIMARÃES, A. J. R.; MOREIRA, P. S. C.; BEZERRA, C. P. Modelos de inovação: Análise bibliométrica da produção científica. **Brazilian Journal of Information Science: Research trends**, [s. l.], v.15, publicação contínua, 2021.

GUIMARÃES, P. V. C. **Estudo da aderência de concretos ativados alcalinamente à base de cinza da casca de arroz e metacaulim**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2019.

HOFFMAN, H. B. **Desempenho mecânico de pisos de concreto com matrizes em cimento Portland branco com substituição parcial por metacaulim e total por matriz geopolimérica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

HUYNH, T-P.; VO, D-H; HWANG, C-L. Engineering and durability properties of eco-friendly mortar using cement-free SRF binder. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 160, p. 145-155, 2018.

IBICT. INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD)**. Brasília, DF: IBICT, 2022. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/>. Acesso em: 12 maio 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da População**: Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2020/POP2020\\_2021\\_0331.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/POP2020_2021_0331.pdf). Acesso em: 31 jul. 2021.

ISTUQUE, D. B. **Estudo da influência da cinza do lodo de esgoto como material não-convencional na produção de geopolímeros à base de metacaulim**.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2017.

ISTUQUE, D. B. **Study on the incorporation of sewage sludge ash in alkali-activated materials**. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2019.

J. C. S. **Concreto geopolimérico: correlação entre tensão de aderência e comprimento de ancoragem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2006.

KAMSEU, E.; BELEUK À MOUNGAM, L. M.; CANNIO, M.; BILLONG, N.; CHAYSUWAN, D.; MELO, U. C.; LEONELLI, C. Substitution of sodium silicate with rice husk ash-NaOH solution in metakaolin based geopolymer cement concerning reduction in global warming. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 142, p. 3050-3060, 2017.

KINOUCI, R. R. Scientometrics: the project for a science of science transformed into an industry of measurements. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 12, p. 147-59, 2014.

KRIVENKO, P. Alkali Activated Cements Versus Geopolymers. **Civil Engineering Research Journal**, [s. l.], v. 1, n. 5, p. 122-123, 2017.

KÜHL, H. **Slag cement process making the same**. US Patent 900.939 Depósito: 03 jul. 1907. Concessão: 13 out. 1908.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/gp/a/sKh5wfCCGv68fdRP8GStLXC/?lang=pt&format=pdf>.

Acesso em: 15 jun. 2022.

LE COADIC, Y. F. **A ciência da informação**. Brasília: Briquet de Lemos, 1996.

LIMA, A. C. R. **Compósitos geopoliméricos com fibra de carbono para reforço de estruturas de concreto**. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2010.

LIMA, F. T. **Caracterização Micro e Nanoestrutural de Compósitos Geopoliméricos Metacauliníticos**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2004.

LINHARES, J. E.; PESSA, S. L. R.; BORTOLUZZI, S. C.; LUZ, R. P. Capacidade para o trabalho e envelhecimento funcional: análise sistêmica da literatura utilizando o Proknow-C (knowledge development process - constructivist). **Ciência & Saúde Coletiva**. [S. l.], v. 24, n. 1, p. 53-66, jan. 2019.

LORENZINI, L. **Obtenção de silicato de potássio a partir do rejeito de mineração de ferro para produção de geopolímeros**. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2022.

LOTKA, A. J. The frequency distribution of scientific productivity. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, [s. l.], v. 16, n. 12, p. 317-323, 1926.

LU, C.; ZHANG, Z.; SHI, C.; LI, N.; JIAO, D.; YUAN, Q. Rheology of alkali-activated materials: a review. **Cement And Concrete Composites**, [s. l.], v. 121, p. 104061, 2021.

LUUKKONEN, T.; ABDOLLAHNEJAD, Z.; YLINIEMI, J.; KINNUNEN, P.; ILLIKAINEN, M. One-part alkali-activated materials: A review. **Cement and Concrete Research**, [s. l.], v. 103, p. 21-34, 2018.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**. Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-40, maio/ago. 1998.

MALTRÁS BARBA, B. **Los indicadores bibliométricos: fundamentos y aplicación al análisis de la ciencia**. Salamanca: Ediciones Trea, 2003.

MAROLDI, A. M. **Psicologia escolar: um estudo bibliométrico da literatura nacional (1962-2011)**. Dissertação (Mestrado em Psicologia) - Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2012.

MARTINS, W. C. A. **Efeitos da adição de copolímero redispersível VAR na microestrutura e propriedades mecânicas de uma argamassa geopolimérica para assentamento de cerâmica**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do ABC, Santo André, São Paulo, 2022.

MARVILA, M. T. **Aplicação de cimento álcali-ativado a base de escória de alto forno em função estrutural**. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2021.

MASI, G.; MANZI, S.; BIGNOZZI, M. C. (2020). Gender balance in Construction Material Research: The Analysis of Alkali-Activated Material by a Bibliometric Study Using Scopus Database. **Frontiers in Materials**, [s. l.], v. 7, 2020.

MAURI, J. **Estudo da degradação de argamassa geopolimérica e convencional por sulfatos de cálcio, sódio e magnésio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2008.

MAZZA, S. C. **Estudo das propriedades mecânicas e da aderência do sistema argamassa de reparo com cimento geopolimérico/substrato de concreto com**

**cimento Portland**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2010.

MEDEIROS, J. M. G.; VITORIANO, M. A. V. A evolução da bibliometria e sua interdisciplinaridade na produção científica brasileira. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**. Campinas, v. 13, n. 3, p. 491-505, set./dez. 2015.

MELO, L. G. A. **Síntese e caracterização de geopolímeros contendo filitos**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2011.

MENDES, B. C. **Development of geopolymeric mortars produced from industrial wastes in both precursor and activator phases**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2022.

MENDONÇA, S. V. S. **Suporte de solda a partir da geopolimerização da escória de fluxo de soldagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2017.

MENDONÇA, V. M. **Adição de grafeno a argamassas geopoliméricas desenvolvidas a partir de resíduo da mineração do feldspato potássico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2020.

MORAES, J. C. B. **Study on sugar cane straw ash (SCSA) in alkali-activated binders**. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2017.

MORGAN, G.; SMIRCICH, L. The case for qualitative research. **Academy of Management Review**, [s. l.], n. 4, v. 5, p. 491-500, 1980.

MUELLER, S. P. M. Estudos sobre comunicação e informação científica na ciência da informação. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 8 ed., 2007. Salvador. **Anais eletrônicos** [...] Salvador, BA: 2007. Disponível em: <http://enancib.ibict.br/index.php/enancib/viiienancib/paper/viewFile/2956/2083>. Acesso em: 21 jun. 2022.

MURTA, F. L. **Produção de argamassa a partir da ativação alcalina de metacaulim e de resíduo de tijolo moído por cales virgem e hidratada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2008.

NAGEM, N. F. **Geopolímero a partir de resíduos oriundos da indústria de alumínio para reutilização e coprocessamento**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2013.

NETO, A. A. M. **Estudo da retração em argamassa com cimento de escória ativada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

NETO, A. A. M. **Influência de aditivos redutores e compensadores de retração em argamassas e pastas com cimento de escória ativada**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NICHOLAS, D.; RITCHIE, M. **Literature and bibliometrics**. London: Clive Bingley, 1978.

NORONHA, D. P.; MARICATO, J. M. Estudos métricos da informação: primeiras aproximações. *Encontros. Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*. Florianópolis, n. esp., 1º sem., p. 116-128. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/91477>. Acesso em: 21 jun. 2022.



NUNES, V. A. **Compatibility and adhesion between fiber-reinforced alkali activated repair mortar and concrete substrate**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2017.

OLIVEIRA, A. M. A. **Determinação das propriedades físicas, química e mecânicas de argamassas à base de metacaulim ativado por NaOH, KOH, e NaOH + KOH**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2018.

OLIVEIRA, F. A. **Tenacidade à Fratura em Compósito Geopolimérico Reforçado por Fibra de Polipropileno**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, L. B. **Desenvolvimento de pasta geopolimérica à base de metacaulim e resíduo proveniente do processo de dessulfurização de gás (FGD)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2022.

OLIVEIRA, L. D. **Avaliação da atualização de resíduos de grits da indústria de papel e celulose na produção de ligantes álcali-ativados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2022.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Histórico da pandemia de COVID-19**. 2022. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>. Acesso em: 27 out. 2022.

PACHECO-TORGAL, F.; ABDOLLAHNEJAD, Z.; MIRALDO, S.; KHERADMAND, M. (2017). Alkali-Activated Cement-Based Binders (AACBs) as Durable and Cost-Competitive Low-CO<sub>2</sub> Binder Materials. **Handbook of low carbon concrete**. Waltham, US: Elsevier Science and Tech, 2017, p. 195-216.

PACHECO-TORGAL, F.; GOMES, J. P. C.; JALALI, S. Alkali-activated binders: a review. **Construction And Building Materials**, [s. l.], v. 22, n. 7, p. 1305-1314, 2008.

PACHECO-TORGAL, F.; LABRINCHA, J. A.; LEONELLI, C.; PALOMO, A.; CHINDAPRASIRT, P. Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes. **Woodhead Publishing**, [s. l.], p.1-830, 2014.

PALOMO, A., GRUTZECK, M., BLANCO, M. Alkali-activated fly ashes: A cement for the future. **Cement and Concrete Research**, [s. l.], v. 29, n. 8, p. 1323-1329, 1999.

PANDINI, N. T. **Influência da relação mássica CaO/SiO<sub>2</sub> nas propriedades tecnológicas de argamassas à base de cinza volante álcali-ativada com cal virgem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2019.

PAPPALARDO JR., A.; JALALI, S.; SILVA, F. J; RONI, M. S. Interrelationship between architecture, structures, fabrication and construction using sustainable materials. *In*: IASS-SLTE 2014 Symposium “Shells, Membranes and Spatial Structures: Footprints”, 15 a 19 set. 2014. Brasília, DF. **Proceedings**, Brasília, DF: 2014.

PASSO, A. C. V. **Estudo da aderência de adesivos poliuretano e epóxi em substrato geopolímero e compósito**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica e Tecnologia dos Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2021.

PEÇANHA, E. F. **Estudo sobre retração, permeabilidade, porosidade, resistência à compressão e módulo de elasticidade do concreto geopolimérico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2012.

PEREIRA, A. M. **Análise da viabilidade da utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como aglomerante para produção de matrizes cimentantes.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2014.

PEREIRA, A. M. **Avaliação do uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de aglomerantes ativado alcalinamente.** Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2019.

PEREIRA, A. P. S. **Compósitos geopoliméricos sustentáveis produzidos a partir de escória siderúrgica e poli (metacrilato de metila) visando aplicação balística.** Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2019.

PEREIRA, D. C. **Desenvolvimento de isolantes cerâmicos a base de geopolímeros de silicato de alumínio com resíduos de madeira para controle da densidade e porosidade após queima.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

PEREIRA, D. S. T. **Concreto de Cimento Geopolimérico Reforçado com Fibras de Aço para Pavimentação.** Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

PEREIRA, M. A. **Estudo de geopolímeros produzidos a partir de aluminossilicatos sintéticos para captura de CO<sub>2</sub>.** Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2019.

PIRES, E. F. C. **Propriedades de fratura e análise não-linear de vigas pré-moldadas de concreto geopolimérico: estudo comparativo.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2015.

POLLI, C. T.; CURTY, R. G. Avaliação bibliométrica da produção científica em direito autoral em periódicos da ciência da informação. *In: Colóquio em organização, acesso e apropriação da informação*. 2017.

PRICE, D. S. **O desenvolvimento da ciência: análise histórica, filosófica, sociológica e econômica**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976.

PROVIS, J. L. Alkali-activated materials. **Cement and Concrete Research**, [s. l.], v. 114, p. 40-48, 2018.

PROVIS, J. L. Geopolymers and other alkali activated materials: why, how, and what? **Materials And Structures**, [s. l.], v. 47, n. 1-2, p. 11-25, 5 nov. 2013.

PROVIS, J. L., VAN DEVENTER, J. S. J. **Alkali-Activated Materials State-of-the-Art Report of RILEM TC 201-TRC**. *RILEM (Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Materiaux, Systemes de Construction et Ouvrages)*, Bagnaux, France, 2014.

PROVIS, J. L.; BERNAL, S. A. Geopolymers and Related Alkali-Activated Materials. **Annual Review of Materials Research**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 299–327, 2014.

PROVIS, J. L.; PALOMO, A.; SHI, C. Advances in understanding alkali-activated materials. **Cement and Concrete Research**, [s. l.], v. 78, p.110-125, 2015.

PROVIS, J. L.; VAN DEVENTER, J. S. J. **Geopolymers: structures, processing, properties and industrial applications**. Oxford: CRC Press, 2009.

PURDON, A. O. The action of alkalis on blast furnace slag. **Journal of the Society of Chemical Industry**, [s. l.], v. 59. p. 191-202, 1940.

QUEVEDO-SILVA, F.; SANTOS, E. B. A.; BRANDÃO, M. M.; VILS, L. Estudo Bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. **Revista Brasileira de Marketing**. São Paulo: Universidade Nove de Julho, v. 15, n. 2, p. 246-262, 2016.

RAMOS, F. C. R. **Aplicação de rejeitos de mineração de ferro como agregados em compósitos geopoliméricos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2014.

RAMOS, S. A. P. **Uma análise bibliométrica dos atributos de sustentabilidade da área de transporte rodoviário de carga pelo método Proknow-C**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2015.

RANGEL, G. P. **Estudo da viabilidade tecnológica de argamassas ativadas por NaOH e KOH**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2017.

RANGEL, R. C. N. **Influência da molaridade e da temperatura de cura e da temperatura de cura nas propriedades físicas, químicas e mecânicas de argamassas de metacaulim e/ou resíduo de tijolo moído álcali-ativados por hidróxido de sódio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2022.

REDEMAT. REDE TEMÁTICA EM ENGENHARIA DE MATERIAIS UFOP-UEMG. **Histórico e Visão Geral**. Minas Gerais: 2022. Disponível em: <https://redemat.ufop.br/hist%C3%B3rico-e-vis%C3%A3o-geral>. Acesso em: 31 set. 2022.

ROCHA, E. S. S.; LANÇA, T. A. Panorama da revista brasileira de biblioteconomia e documentação: análise de indicadores bibliométricos. **Revista brasileira de Biblioteconomia e Documentação**. [S. l.], v. 14, n. esp. 45 anos, p. 4-26, 2018. Disponível em: <https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/1094/1075>. Acesso em: 08 out. 2022.

ROCHA, T. S. **Argamassas geopoliméricas com diferentes ativadores alcalinos e seus comportamentos frente à elevação de temperatura.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2017.

RODRIGUES, C.; VIERA, A. F. G. Estudos bibliométricos sobre a produção científica da temática Tecnologias de Informação e Comunicação em bibliotecas. **Revista de Ciência da Informação e Documentação.** [S. l.], v. 7, n. 1, p. 167, 5 abr. 2016.

SÁ, E. M. R. **Avaliação do uso de escória de aciaria como agregado e ligante em materiais álcali-ativados.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2021.

SANCHO, R. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. **Revista Española de Documentación Científica.** [S. l.], v. 13, n. 3-4, p. 842-865, 1990. Disponível em: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/23694/1/SAD\\_DIG\\_IEDCyT\\_Sancho\\_Revista%20Espa%C3%B1ola%20de%20Documentacion%20Cientifica13\(4\).pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/23694/1/SAD_DIG_IEDCyT_Sancho_Revista%20Espa%C3%B1ola%20de%20Documentacion%20Cientifica13(4).pdf). Acesso em: 24 jun. 2022.

SANGALLI, A.; KAUCHAKJE, S. Introdução à bibliometria e cientometria: exemplo prático de aplicação ao tema presidencialismo latino-americano. **Revista Política Hoje.** [S. l.], jul. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/249043>. Acesso em: 27 jun. 2022.

SANTANA, V. P. **Estudo da ativação alcalina da lama vermelha e do resíduo de vidro pelos métodos one-part e two-part.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2020.

SANTOS, E. M. **Desenvolvimento e caracterização de compósito à base poli (tereftalato de etileno) (PET) com partículas geopoliméricas de aciaria de**

**panela**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2019.

SANTOS, L. K. **Avaliação de diferentes suportes para imobilização de lipases visando à síntese de biodiesel a partir da hidroesterificação de matérias-primas de baixa qualidade**. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus Araraquara, Araraquara, São Paulo, 2022.

SANTOS, L. A. F.; GASPARI, S. S. L. C.; MARQUES, M. S. Pesquisa bibliométrica sobre métodos de ensino em contabilidade. **Caderno de Administração**. [S. l.], v. 24, n. 2, p. 60-71, 31 dez. 2016.

SANZ CASADO, E. **Los estudios métricos de la información y la evaluación del actividad científica: conceptos básicos**. Material didático de curso “Os estudos métricos da informação”. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da ECA/USP. São Paulo, novembro, 2006.

SCHUAB, M. R. **Estudo das variações dimensionais de argamassas alcali-ativadas e sua compatibilidade com substrato de concreto de cimento Portland visando a sua aplicabilidade como material de reparo estrutural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2018.

SHI, C.; QU, B.; PROVIS, J. L. Recent progress in low-carbon binders. **Cement Concrete Research**, [s. l.], v. 122, p. 227–250, 2019.

SILVA, A. C. R. **Comportamento do Concreto Geopolimérico para Pavimento Sob Carregamento Cíclico**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, C. H. P. **Desempenho térmico de placas de cimento ácali-ativado fabricadas a partir de resíduos de porcelanato em comparação com placas de**

**Cimento Portland.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2020.

SILVA, D. S. B. **Efeitos da adição de nanotubos de carbono em geopolímero à base de metacaulinita.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

SILVA, E. J. **Dureza e módulo de elasticidade de fases presentes em material álcali-ativado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2021.

SILVA, F. J. **Reforço e fratura em compósitos de matriz álcali-ativada.** Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, 2000.

SILVA, J. A.; BIANCHI., M. L. P. (2001). Cientometria: a métrica da ciência. **Paidéia (Ribeirão Preto)**. [S. l.], v. 11, n. 21, p. 5-10, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-863X2001000200002>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SILVA, K. D. C. **A study on geopolymerization of iron tailings.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2019.

SILVA, L. C. S. **Geopolímero à base de metacaulim com adição de fibras de sisal.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2018.

SILVA, M. L. S. **Análise de propriedades e novas aplicações para diferentes formulações de geopolímero.** Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2016.



SILVA, M. L. S. **Ca, Na, K-PSS como revestimento anticorrosivo em aço.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, P. M. **Síntese de geopolímeros produzidos a partir de aluminossilicatos proveniente de anfibólitos para aplicação na construção civil.** Dissertação (Mestrado em Física e Química de materiais) - Universidade de São João del-Rei, São João del-Rei, Minas Gerais, 2022.

SILVA, T. H. **Potencial descontaminante de materiais álcali-ativados a partir de sistema misto estéril de mineração de rochas fosfáticas e cinza volante de carbono.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2019.

SILVEIRA, N. C. G. **Desenvolvimento e caracterização de materiais geopoliméricos de uma fase à base de lama vermelha e vidro moído.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais UFOP - UEMG, Minas Gerais, 2020.

SIMÕES, L. A. **Síntese de Geopolímeros a partir da Caulinita, Metacaulinita e Espodumênio e sua aplicação como adsorvente de amoxicilina.** Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2021.

SINGH, N. B.; MIDDENDORF, B. Geopolymers as an alternative to Portland cement: an overview. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 237, p. 117455, 2020.

SKARF, T. B. **Influência de matérias-primas na microestrutura e resistência de compósitos geopoliméricos.** Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2008.

SOARES, I. H. L. **Estudo de argamassa de geopolímero para fabricação de placas cimentícias: características físicas, mecânicas, químicas e desempenho ambiental**. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Materiais) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Bauru, Guaratinguetá, São Paulo, 2022.

SOARES, J. C. **Avaliação das propriedades físicas, mecânicas e características microestruturais de resinas geopoliméricas para recuperação de estruturas de concreto**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2020.

SOARES, J. C. C. **Cimentos alcalinos "just adding water"**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2018.

SOARES, P. B.; CARNEIRO, T. C. J.; CALMON, J. L.; CASTRO, L. O. C. O. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**. [S. l.], v. 16, n. 1, p. 175-185, 2016.

SOUZA, L. G. **Geopolímeros à base de Resíduos Industriais**. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

SOUZA, L. N. **Material álcali-ativado em sistema ternário com o uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar como precursor**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2021.

SOUZA, T. S.; CARVALHO, F. L. S.; GOMES, T. C.; SERVARE JUNIOR, M. W. J. Aplicação do ProKnow-C para seleção e análise de um portfólio bibliográfico sobre aplicação dos recursos da tecnologia 4.0. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**. [S. l.], v. 8, n. 2, p. 68–89. Disponível em: <https://erevista.unioeste.br/index.php/gestaoedesenvolvimento/article/view/27849>. Acesso em: 26 jun. 2022.

SOUZA, V. H. A. **Avaliação de desempenho no apoio à gestão de projetos de vendas e marketing de uma indústria multinacional: Desenvolvimento de um modelo construtivista.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2015.

SUAVE, L. **Avaliação dos agregados de resíduos da construção civil em matriz geopolimérica visando aplicação em piso intertravado.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2022.

TASCA, J. E; ENSSLIN; L.; ENSSLIN; S. R.; ALVES; M. B. M. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, [s. l.], v. 34, n. 7, p. 631-655, 2010. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/03090591011070761>. Acesso em: 10 jun. 2022.

TCHAKOUTÉ, H. K.; RÜSCHER, C. H.; KONG, S.; KAMSEU, E.; LEONELLI, C. Geopolymer binders from metakaolin using sodium waterglass from waste glass and rice husk ash as alternative activators: a comparative study. **Construction And Building Materials**, [s. l.], v. 114, p. 276-289, 2016a.

TCHAKOUTÉ, H. K., RUSCHER, C. H.; KONG, S.; RANJBAR, N. Synthesis of sodium waterglass from white rice husk ash as an activator to produce metakaolin-based geopolymer cements. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 6, p. 252-261, 2016b.

TEMPLO DE SALOMÃO. **Inspiração.** (2022). Disponível em: <https://www.otemplodesalomao.com/a-inspiracao/>. Acesso em: 31 maio 2022

THE ZEOBOND GROUP (Org.). **About: Company.** Melbourne, Australia, 2022a. Disponível em: <http://www.zeobond.com/company.html>. Acesso em: 02 jun. 2022.

THE ZEOBOND GROUP (Org.). **Projects**. Melbourne, Austrália, 2022b. Disponível em: <http://www.zeobond.com/projects-westage-freeway.html>. Acesso em: 02 jun. 2022.

THIEL, G. G.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Street Lighting Management and Performance Evaluation: Opportunities and Challenges. **Lex localis-Journal of Local Self-Government**, [s. l.], v.15, n. 2, p. 303-328, 2017.

THOMAZ, E. C. S. **Concreto geopolimérico**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2000.

TRINDADE, A. C. C. **A study on the mixture design and mechanical performance of strain-hardening geopolymer composites (SHGC) under extreme conditions**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

TRINDADE, A. C. C. **Desenvolvimento e comportamento mecânico de compósitos geopoliméricos têxteis reforçados com fibra de juta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação: o positivismo, a fenomenologia, o marxismo**. São Paulo: Atlas, 1987.

UNIFESP. Universidade Federal de São Paulo. **Universidades públicas realizam mais de 95% da ciência no Brasil**. São Paulo: UNIFESP, 16 de abril de 2019. Disponível em: <https://www.unifesp.br/noticias-anteriores/item/3799-universidades-publicasrealizam-mais-de-95-da-ciencia-no-brasil>. Acesso em: 28 de julho de 2021.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. **VOSviewer manual**. Universitat Leiden, 2019.

VANTI, N. A. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**. Brasília, v. 31, n. 2, p. 152-162, maio/ago. 2002.

WOLFRAM, D. A pesquisa bibliométrica na era do big data: Desafios e oportunidades. *In*: MUGNAINI, Rogério; FUJINO, Asa; KOBASHI, Nair Yumiko (Org.). **Bibliometria e Cientometria no Brasil: infraestrutura para avaliação da pesquisa científica na Era do Big Data**. São Paulo: ECA/USP, p. 218, E-book, 2018.

WU, Y.; LU, B., BAI, T., WANG, H.; DU, F.; ZHANG, Y., CAI, L.; JIANG, C.; WANG, W. Geopolymer, green alkali activated cementitious material: synthesis, applications and challenges. **Construction And Building Materials**, [s. l.], v. 224, p. 930-949, nov. 2019.

YANG, H.; LIU, L. WU, YANG, W.; LIU, H.; AHMAD, W.; AHMAD, A.; ASLAM, F.; JOYKLAD, P. A. A comprehensive overview of geopolymer composites: A bibliometric analysis and literature review. **Case Studies in Construction Materials**, [s. l.], v. 16, 2022.

ZAKKA, W. P.; LIM, N. H. A. S.; KHUN, M. C. A scientometric review of geopolymer concrete. **Journal Of Cleaner Production**, [s. l.], v. 280, p. 124353, 2021.

ZHANG, J.; SHI, C.; ZHANG, Z.; OU, Z. Durability of alkali-activated materials in aggressive environments: a review on recent studies. **Construction And Building Materials**, [s. l.], v. 152, p. 598-613, 2017.

ZIPF, G. K. **Human behavior and the principle of least effort**. Cambridge: Addison-Wesley, 1949.

70,000 tones Geopolymer Concrete for airport. **Geopolymer Institute**, [s. l.], 01 out. 2014. Disponível em: <https://www.geopolymer.org/news/70000-tonnes-geopolymer-concrete-airport/#>. Acesso em: 01 jun. 2022.