

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE BIBLIOTECONOMIA E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

CARLA VIGANIGO RANGEL DE CASTILHOS

**RELAÇÕES ENTRE A PRODUÇÃO MINERAL E A PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM
GEOLOGIA E MINERAÇÃO NO BRASIL: um estudo bibliométrico**

Porto Alegre

2023

Carla Viganigo Rangel de Castilhos

**RELAÇÕES ENTRE A PRODUÇÃO MINERAL E A PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM
GEOLOGIA E MINERAÇÃO NO BRASIL: um estudo bibliométrico**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Ciência da
Informação da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul (UFRGS).

Área de concentração: Informação, Ciência e
Sociedade

Linha de Pesquisa: Informação e Ciência

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sônia Elisa Caregnato

Porto Alegre

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Reitor: Prof. Dr. Carlos André Bulhões Mendes
Vice-reitora: Prof. Dra. Patricia Pranke

FACULDADE DE BIBLIOTECONOMIA E COMUNICAÇÃO
Diretora: Prof. Dra. Ana Maria Mielniczuk de Moura
Vice-diretora: Prof. Dra. Vera Regina Schmitz

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
Coordenador: Prof. Dr. Thiago Henrique Bragato Barros
Coordenador substituto: Prof. Dr. Moises Rockemback

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

C352r Castilhos, Carla Viganigo Rangel de

Relações entre a produção mineral e a produção científica em Geologia e Mineração no Brasil: um estudo bibliométrico / Carla Viganigo Rangel de Castilhos, 2023.

137 fl.; il.

Dissertação – (Mestrado em Ciência da Informação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação. / Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação. Curso de Mestrado em Ciência da Informação, Porto Alegre, 2023.

Orientadora: Prof. Dra. Sônia Elisa Caregnato

1. Bibliometria. 2. Produção científica. 3. Produção mineral. 4. Geologia. 5. Mineração.
I. Caregnato, Sônia Elisa. II. Título.

CDU 002:311

PPGCIN / UFRGS
Rua Ramiro Barcelos, 2705
CEP 90035-007 – Porto Alegre/RS
Tel: (51) 3308-5067
e-mail: ppgcin@ufrgs.br

Carla Viganigo Rangel de Castilhos

**RELAÇÕES ENTRE A PRODUÇÃO MINERAL E A PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM
GEOLOGIA E MINERAÇÃO NO BRASIL: um estudo bibliométrico**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Ciência da
Informação da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul (UFRGS).

Área de concentração: Informação, Ciência e
Sociedade

Linha de Pesquisa: Informação e Ciência

Banca Examinadora

Profa. Dra. Sônia Elisa Caregnato (Orientadora) – PPGCIN/UFRGS

Prof. Dr. Gonzalo Rubén Alvarez – UFF

Prof. Dr. Jayme Leiro Vilan Filho – UNB

Profa. Dra. Samile Andréa de Souza Vanz – PPGCIN/UFRGS

Profa. Dra. Ana Maria Mielniczuk de Moura (Suplente) – PPGCIN/UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao PPGCIN e à FABICO/UFRGS pela acolhida, recepção e ensinamentos. À CAPES, por proporcionar o acesso ao Portal de Periódicos e à *Web of Science*. À disponibilidade, confiança, atenção e dedicação da prof. Dra. Sônia Elisa Caregnato nas orientações tanto na graduação quanto no mestrado. Aos colegas da turma, meu agradecimento pela escuta e companhia virtual.

Agradeço à Profa. Dra. Samile Vanz e ao Prof. Dr. Jayme Leiro Vilan Filho, pelas considerações na fase de qualificação que auxiliaram na condução desta pesquisa e pelos ajustes sugeridos na banca de defesa. Agradeço também ao Prof. Dr. Gonzalo Rubén Alvarez pela participação na banca de defesa e contribuições a esta versão final.

Agradeço à ANM pela concessão de licença capacitação para elaboração desta dissertação, e pela compreensão e apoio das chefias e colegas da área de Gestão Documental.

Aos meus queridos amigos e amigas, meu muito obrigada pelos momentos de descontração e *happy hours*.

À toda a minha querida família, especialmente meu pai, minha mãe e meu irmão pelo carinho e incentivo aos estudos.

Ao meu esposo, Marcel, e minha filha Alice, a quem dedico esse trabalho, obrigada pelo apoio incondicional.

RESUMO

A pesquisa, de metodologia quantitativa do tipo bibliométrica, tem por objetivo analisar as relações entre a produção mineral, representada pelas principais empresas produtoras de minérios e principais substâncias mineradas, e a produção científica brasileira em Geologia e Mineração e Processamento Mineral indexada na base de dados *Web of Science*, a partir das palavras-chave e dos agradecimentos a financiamento da pesquisa. Compuseram a pesquisa todos os registros relacionados às áreas, limitados ao Brasil e publicados até 31/12/2021. Os dados foram analisados utilizando os softwares *Microsoft Excel*, *notepad++* e *VOSviewer*. Os resultados demonstraram que a produção mineral brasileira se caracteriza pelo protagonismo de empresas produtoras de minério de ferro e ouro, como Vale, Anglo American, Kinross e AngloGold; com relação às principais substâncias mineradas, observando do ponto de vista da produção mineral bruta, destacam-se os minérios de ferro e de emprego na construção civil: areia, argilas, rochas ornamentais e britadas. Do ponto de vista da produção mineral beneficiada, destacam-se o minério de ferro e o ouro. As características da produção científica nas categorias da *WoS* Geologia e Processamento Mineral quanto aos agradecimentos por financiamento demonstram predominância do financiamento nacional por instituições como CAPES, CNPQ e Fundações de Amparo à Pesquisa, com presença percentual menor de empresas como Vale e Petrobras em ambas as áreas; com relação às palavras-chave, em Geologia, 10,97% são representadas na categoria substâncias. O termo de maior ocorrência na área é *brazil*, relacionado às categorias localização/espço; termos classificados na categoria tempo aparecem bem colocados, como *cretaceous*, *upper cretaceous* e *lower cretaceous*, assim como as substâncias/minérios *gold*, *iocg* e *iron ore*. Em Mineração, do total de palavras-chave, 23,81% são representadas na categoria substâncias. A primeira e a terceira colocação das palavras-chave são ocupadas por minérios (*iron ore* e *gold*). Termos que aparecem com grande frequência de ocorrências, como *flotation*, *froth flotation*, *flotation reagents* e *mineral processing* são associados a etapa de processamento de minérios. Expressões consideradas como de espaço / localização em Geologia também aparecem na área de Mineração, como *brazil* e *carajás*. As relações entre a produção mineral e científica quanto aos agradecimentos demonstraram que 73,33% das empresas não receberam agradecimentos por financiamento na *WoS* na área de Mineração e 76,67% na área de Geologia, considerando o ranking da Revista Valor Econômico. Considerando o ranking da Revista Brasil Mineral, 80% das empresas não receberam agradecimentos, em ambas as áreas avaliadas. As empresas Vale, Anglo American, AngloGold, Jacobina Mineração (Yamana Gold) e Votorantim destacam-se entre as que receberam agradecimentos por financiamento. E, por fim, as relações entre a produção científica e mineral quanto às substâncias mineradas demonstraram ser mais expressivas partindo da comparação entre as palavras-chave e substâncias mineradas. Em Geologia, com relação à Produção Bruta, 80,77% das palavras-chave estão presentes; em se tratando da Produção Beneficiada, 92,31%. Os resultados apontaram convergência na área de Mineração: dos dados de Produção Bruta, 58,33% das palavras-chave estão presentes; de Produção Beneficiada, 68,75%. Observando a partir dos dados de produção bruta, os resultados demonstraram menor convergência: 40,91% estão presentes nas palavras-chave em Geologia e 45,45% em Mineração. Os principais minérios brutos presentes nas palavras-chave foram areia, rochas ornamentais, ferro, calcário, argilas, rochas britadas e cascalho, rochas ornamentais, caulim e ouro. A partir da produção beneficiada, também se observou

menor convergência: 43,75% foram encontrados nas palavras-chave de Geologia e 47,92% nas de Mineração. Os principais minérios beneficiados presentes em palavras-chave das áreas de Mineração e Geologia são ferro, ouro, cobre, rochas britadas e cascalho, calcário, manganês, carvão mineral, caulim e areia. Conclui-se que a relação entre a produção científica e a produção mineral do ponto de vista do financiamento expresso nos agradecimentos é moderada, mas existente, e centrada nas duas principais empresas brasileiras: Vale e Petrobras. Quanto aos assuntos pesquisados, há relações especialmente quanto aos minerais areia, argilas, calcário, carvão, mineral, caulim, cobre, ferro, manganês, ouro, rochas britadas e cascalho e rochas ornamentais. Minérios de considerável importância econômica, como saibro, feldspato, vermiculita, amianto, cianita, estanho e turfa não apareceram entre as principais palavras-chave pesquisadas.

Palavras-chave: Bibliometria. Produção Científica. Produção Mineral. Geologia. Mineração e Processamento Mineral.

ABSTRACT

The quantitative and bibliometric research aims to analyze the relationships between mineral production, represented by the main mineral-producing companies and the main minerals mined, and Brazilian scientific production in Geology and Mining and Mineral Processing indexed in the Web of Science database, based on keywords and acknowledgements of research funding. The theoretical framework deals with aspects of scientific communication and production, funding of scientific research, and information metric studies, as well as general aspects of the areas of Geology, Mining and Mineral Processing and Brazilian mineral production. All records related to the areas, limited to Brazil and published until December 31, 2021, were included in the research. The data were analyzed using Microsoft Excel, Notepad++ and VOSviewer software. The results showed that Brazilian mineral production is characterized by the prominence of iron ore and gold producing companies such as Vale, Anglo American, Kinross and AngloGold; regarding the main mined substances, from the point of view of gross mineral production, iron ore and construction materials stand out: sand, clay, ornamental rocks and crushed stone. From the point of view of processed mineral production, iron ore and gold stand out. The characteristics of scientific production in the WoS Geology and Mineral Processing categories in terms of funding acknowledgements show a predominance of national funding by institutions such as CAPES, CNPQ and Research Support Foundations, with a smaller percentage of companies such as Vale and Petrobras present in both areas; regarding keywords, in Geology, 10.97% are represented in the substances category. The most frequent term in the area is brazil, related to location/space categories; time-classified terms appear well placed, such as cretaceous, upper cretaceous and lower cretaceous, as well as substances/minerals gold, iocg and iron ore. In Mining, of the total keywords, 23.81% are represented in the substances category. The first and third places of the keywords are occupied by minerals (iron ore and gold). Terms that appear with a high frequency of occurrences, such as flotation, froth flotation, flotation reagents and mineral processing, are associated with the mineral processing stage. Expressions considered as space/location in Geology also appear in the Mining area, such as brazil and carajás. The relationships between mineral and scientific production regarding funding acknowledgements showed that 73.33% of the companies did not receive acknowledgements in the WoS in the Mining area and 76.67% in the Geology area, considering the ranking of the Valor Econômico Magazine. Considering the ranking of the Brasil Mineral Magazine, 80% of the companies did not receive acknowledgements in both evaluated areas. The companies Vale, Anglo American, AngloGold, Jacobina Mineração (Yamana Gold) and Votorantim stand out among those that received acknowledgements. And finally, the relationships between scientific and mineral production regarding the mined substances showed to be more expressive starting from the comparison between the keywords and mined substances. In Geology, with regard to Gross Production, 80.77% of the keywords are present; regarding Beneficiated Production, 92.31%. The results pointed to convergence in the Mining area: from the Gross Production data, 58.33% of the keywords are present; from Beneficiated Production, 68.75%. Observing from the gross production data, the results showed less convergence: 40.91% are present in the keywords in Geology and

45.45% in Mining. The main raw minerals present in the keywords were sand, ornamental rocks, iron, limestone, clays, crushed stone and gravel, ornamental rocks, kaolin, and gold. From the processed production, less convergence was also observed: 43.75% were found in the Geology keywords and 47.92% in the Mining keywords. The main processed minerals present in the Mining and Geology keywords are iron, gold, copper, crushed stone and gravel, limestone, manganese, mineral coal, kaolin, and sand. It is concluded that the relationship between scientific production and mineral production from the perspective of funding expressed in the acknowledgements is moderate but exists and centered on the two main Brazilian companies: Vale and Petrobras. Regarding the research topics, there are relationships especially regarding the minerals sand, clays, limestone, coal, mineral, kaolin, copper, iron, manganese, gold, crushed stone and gravel, and ornamental rocks. Minerals of considerable economic importance, such as gravel, feldspar, vermiculite, asbestos, cyanite, tin, and peat, did not appear among the main researched keywords.

Keywords: Bibliometrics. Scientific Production. Mineral Production. Geology. Mining and Mineral Processing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da Produção Mineral Brasileira Bruta, ordenada por Valor (R\$)	55
Figura 2 – Evolução da Produção Mineral Brasileira Beneficiada, ordenada por Valor (R\$)	56
Figura 3 – Mapa de Coocorrência de Palavras-chave da Área de Geologia, representadas na <i>Web of Science</i> (1974 a 2021) ($f \geq 3$)	92
Figura 4 – Mapa de Coocorrência de Palavras-chave da Área de Mineração e Processamento Mineral, representadas na <i>Web of Science</i> (1974 a 2021) ($f \geq 3$).....	96
Figura 5 – Mapa de Densidade das Palavras-chave da Área de Geologia representadas na <i>Web of Science</i> (1974-2021)	109
Figura 6 – Mapa de Densidade das Palavras-chave da Área de Mineração e Processamento Mineral representadas na <i>Web of Science</i> (1974-2021)	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da Produção Mineral Brasileira Bruta e Beneficiada por Valor de Venda (em R\$) – (2010 a 2022).....	71
Gráfico 2 – Evolução da produção científica brasileira em Geologia e Mineração e processamento Mineral representada na <i>Web of Science</i> (1974 a 2021)	82
Gráfico 3 – Distribuição dos Agradecimentos por financiamento da Área de Geologia em Categorias	85
Gráfico 4 – Distribuição dos Agradecimentos por financiamento da Área de Mineração e Processamento Mineral em Categorias	87
Gráfico 5 – Principais Financiadores da pesquisa científica brasileira na Área de Geologia, segundo dados de agradecimento por financiamento, representada na <i>Web of Science</i> (1974 a 2021)	88
Gráfico 6 – Principais Financiadores da pesquisa científica brasileira na Área de Mineração, segundo dados de agradecimento por financiamento, representada na <i>Web of Science</i> (1974 a 2021)	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicadores, fonte dos dados e objetivos da pesquisa.....	60
Quadro 2 – Empresas de Petróleo, Gás e Mineração, conforme ranking da Revista Valor Econômico (2022).....	72
Quadro 3 – Empresas de Mineração conforme ranking da Revista Brasil Mineral (2022)	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção Bruta de Substâncias Mineradas por Soma de Valor de Venda em R\$, no período de 2010 a 2021	76
Tabela 2 – Produção Beneficiada de Substâncias Mineradas por Soma de Valor de Venda em R\$, no período de 2010 a 2021	79
Tabela 3 – Distribuição de agradecimentos por financiamento da Área de Geologia em Categorias	85
Tabela 4 – Distribuição de agradecimentos por financiamento da Área de Mineração e Processamento Mineral em Categorias	86
Tabela 5 – Principais Financiadores Empresariais da pesquisa científica brasileira na Área de Geologia, segundo dados de agradecimento por financiamento, representada na <i>Web of Science</i> (1974 a 2021) ($f \geq 2$).....	90
Tabela 6 – Principais Financiadores Empresariais da pesquisa científica brasileira na Área de Mineração, segundo dados de agradecimento por financiamento, representada na <i>Web of Science</i> (1974 a 2021) ($f \geq 2$).....	90
Tabela 7 – Ranking das palavras-chave até a décima posição da Área de Geologia representadas na <i>Web of Science</i> ordenadas por frequência (1974 a 2021).....	94
Tabela 8 – Distribuição de palavras-chave da Área de Geologia em Categorias ($f \geq 3$).....	95
Tabela 9 – Ranking de palavras-chave da categoria substância/minério da Área de Geologia representadas na <i>Web of Science</i> ordenadas por frequência (1974 a 2021) ($f \geq 3$).....	95
Tabela 10 – Ranking de palavras-chave até a décima posição da Área de Mineração e Processamento Mineral representadas na <i>Web of Science</i> ordenadas por frequência (1974 a 2021)	98
Tabela 11 – Distribuição de palavras-chave da Área de Mineração e Processamento Mineral em Categorias ($f \geq 3$)	98
Tabela 12 – Ranking de palavras-chave da categoria substância/minério da Área de Mineração e Processamento Mineral representadas na <i>Web of Science</i> ordenadas por frequência (1974 a 2021) ($f \geq 3$).....	99
Tabela 13 – Ranking das Empresas Financiadoras da pesquisa científica brasileira na Área de Geologia, segundo dados de agradecimento por financiamento, comparado à presença das Empresas nos rankings das Revistas Brasil Mineral e Valor Econômico (2022).....	102
Tabela 14 – Ranking das Empresas Financiadoras da pesquisa científica brasileira na Área de Mineração, segundo dados de agradecimento por financiamento, comparado a presença das Empresas nos rankings das Revistas Brasil Mineral e Valor Econômico (2022).....	103

Tabela 15 – Ranking de maiores empresas do setor de Mineração e Petróleo da Revista Valor Econômico (2022) comparado à lista de empresas que receberam agradecimento por financiamento nas Áreas de Mineração e Geologia (p ≤ 30).....	104
Tabela 16 – Ranking de maiores empresas do setor de Mineração da Revista Brasil Mineral (2022) comparado à lista de empresas que receberam agradecimento por financiamento nas Áreas de Mineração e Geologia (p ≤ 30).....	106
Tabela 17 – Ranking de palavras-chave referentes à substância/minério da Área de Geologia comparado à presença nos rankings de Produção Mineral Bruta e Produção Mineral Beneficiada do Anuário Mineral Brasileiro (2010-2022)	110
Tabela 18 – Ranking de palavras-chave referentes à substância/minério da Área de Mineração e Processamento Mineral comparado à presença nos rankings de Produção Mineral Bruta e Produção Mineral Beneficiada do Anuário Mineral Brasileiro (2010-2022).....	112
Tabela 19 – Ranking de Minérios ordenados por Valor de Venda (R\$) de Produção Mineral Bruta comparados ao ranking de ocorrências do conjunto de substâncias das palavras-chave das áreas de Geologia e Mineração	113
Tabela 20 – Ranking de Minérios ordenados por Valor de Venda (R\$) de Produção Mineral Beneficiada comparados ao ranking de ocorrências do conjunto de substâncias das palavras-chave das áreas de Geologia e Mineração	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AMB	Anuário Mineral Brasileiro
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BENANCIB	Base de Dados do ENANCIB
BRAPCI	Base de Dados Referenciais de Artigos de Periódicos em Ciência da Informação
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CPRM	Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (atual Serviço Geológico do Brasil)
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EMIs	Estudos Métricos da Informação
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FCT	Fundação para Ciência e Tecnologia
FAPs	Fundações de Amparo à Pesquisa
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
ME	Ministério da Economia
NIH	National Institutes of Health
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
RAL	Relatório Anual de Lavra
SCI	Science Citation Index
NSF	U. S. National Science Foundation
UKRI	UK Research & Innovation
USP	Universidade de São Paulo
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
WoS	<i>Web of Science</i>

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa	21
1.2	Objetivos	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	25
2.1	Comunicação e produção científica.....	25
2.3	O financiamento das pesquisas científicas e a Ciência da Informação...	31
2.4	Estudos Métricos da Informação: fontes de dados e metodologias em Ciência da Informação	39
2.5	Geologia	43
2.6	Mineração e Processamento Mineral	47
2.7	Produção mineral brasileira.....	50
3	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA	59
3.1	Metodologia.....	59
3.2	Procedimentos de Pesquisa	62
3.2.1	<i>Corpus</i> da pesquisa	62
3.2.2	Estratégia de busca e extração de dados.....	63
3.2.3	Tratamento e análise dos dados.....	64
3.3	Limitações do estudo	67
4	RESULTADOS	70
4.1	Características da produção mineral brasileira	70
4.1.1	Principais empresas mineradoras atuantes no Brasil	72
4.1.2	Principais substâncias mineradas no Brasil.....	75
4.2	Características da produção científica brasileira nas categorias Geologia e Mineração e Processamento Mineral	82
4.2.1	Fontes de financiamento da pesquisa em Geologia e Mineração e Processamento Mineral.....	84
4.2.2	Palavras-chave das áreas Geologia e Mineração e Processamento Mineral .	91
4.3	Relações entre a produção mineral e produção científica brasileiras sobre Geologia e Mineração: financiamento	101
4.4	Relações entre a produção mineral e produção científica brasileiras sobre Geologia e Mineração: substâncias minerais	108
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	118
	REFERÊNCIAS	123
	ANEXOS	135

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa científica só é considerada como tal quando comunicada: a partir da comunicação dos resultados das pesquisas e validação dos pares, o ciclo se completa e se retroalimenta. Entretanto, mesmo com a internet, aparente fonte de informações livres e gratuitas, a necessidade de recursos para permitir a existência dos fluxos de comunicação da informação científica se mantém: recursos humanos, materiais e financeiros, além de outro recurso fundamental, tempo, são essenciais para a disponibilização de periódicos, repositórios digitais, bases de dados e toda a série de artefatos que compõe a rede de comunicação científica.

A partir dos estudos de comunicação científica específicos para cada área do conhecimento é possível poupar o tempo de pesquisadores iniciantes, que ganham segurança para identificar fontes informacionais relevantes para as suas pesquisas e até mesmo de pesquisadores experientes, que podem se beneficiar da descoberta de novas frentes de pesquisa em suas áreas de conhecimento. As características da informação científica, seus sistemas e processos variam ao longo do tempo, entre áreas e mesmo dentro de grandes áreas, e precisam ser compreendidas adequadamente pelos profissionais da Ciência da Informação (MUELLER, 2007). Em suma, os estudos de comunicação científica focados em campos de pesquisa fornecem um panorama útil para estudantes, profissionais da Ciência da Informação, pesquisadores e pessoas dedicadas a apontar caminhos para a internacionalização e desenvolvimento das mais variadas áreas do conhecimento.

Alguns dos métodos utilizados para a análise da produção científica são os chamados Estudos Métricos da Informação (EMIs), especialmente as subáreas cientometria e a bibliometria. A bibliometria, reconhecida como campo científico por Thelwall (2008), consiste na aplicação de métodos matemáticos e estatísticos a livros, artigos de periódicos e outros materiais bibliográficos para a avaliação da produção e uso da informação (PRITCHARD, 1969), permitindo também observar a evolução da pesquisa em determinadas áreas do conhecimento. Os estudos bibliométricos também viabilizam estudos de dispersão e de obsolescência da literatura científica e diversos outros aspectos (SPINAK, 1998).

Os estudos métricos da informação foram facilitados a partir dos anos 1960, com o uso de computadores e a criação de índices, como o *Science Citation Index*

(SCI) (ARAÚJO, 2018). As bases de dados atuais permitiram a ampliação desse tipo de estudo: a pioneira *Web of Science (WoS)*, disponibilizada em 1964, foi seguida pela base *SciELO*, em 1996, *Scopus* e *Google Scholar* em 2004. Mais recentemente, surgiram as bases *Crossref*, em 2017 e *Dimensions* em 2018 (VANZ; STUMPF, 2010; HARZING, 2019).

A cobertura das bases de dados mencionadas, entretanto, é diversa: enquanto a *Google Scholar* é mais abrangente e inclui, além de artigos científicos, literatura cinzenta, *preprints* e outros tipos documentais, as bases *Scopus* e *WoS* possuem literatura selecionada e restrita a documentos acadêmicos publicados ou em publicação em periódicos, livros e eventos acadêmicos. Quanto aos indicadores disponíveis, são variáveis conforme cada base de dados: os filtros disponíveis e os dados coletados e disponibilizados de forma estruturada para estudiosos são mais numerosos em bases de dados comerciais, como a *Scopus* e *WoS*, enquanto bases de acesso gratuito, como *Google Scholar* e *Dimensions*, oferecem menos opções de análises para pesquisadores da área de Estudos Métricos.

Até o momento, as bases *Crossref*, *Dimensions* (em sua versão gratuita) e *Google Scholar* não permitem, por exemplo, restrição por país em suas opções de pesquisa. Já as bases *SciELO* e *Scopus* não possuem filtros por áreas do conhecimento tão específicos quanto a *WoS*, levando os pesquisadores que optam por conduzir estudos nessas bases a realizar buscas por palavras-chave, que podem não ser tão abrangentes para delimitar áreas do conhecimento mais especializadas.

A *WoS*, atualmente da editora *Clarivate*, permite extrair dados relativos aos periódicos, citações, fator de impacto, idioma original, palavras-chave, país e estado de origem dos artigos indexados, além de dados sobre o financiamento das pesquisas científicas. Como já mencionando anteriormente, surgiu a partir do *Science Citation Index (SCI)*, que em 1997, após avanços tecnológicos e com a ampliação da cobertura temática a partir da publicação do *Social Science Citation Index (SSCI)* e do *Arts and Humanities Citation Index*, passou a ser disponibilizado em uma única interface de pesquisa, a *Web of Science* (MUGNAINI; STREHL, 2008).

Algumas críticas costumam ser feitas ao uso de bases comerciais para a condução de Estudos Métricos da Informação, especialmente se destinadas para a avaliação de pesquisadores e programas de pós-graduação, resultando inclusive em declarações e manifestos contra o uso inadequado das métricas (DORA, 2012; HICKS

et al, 2015). Entretanto, o uso de estudos métricos para análises exploratórias em bases comerciais é numeroso mesmo que a cobertura indexada nas bases *WoS*, *Scopus* e *SciELO* represente apenas 40% do universo de periódicos mencionados na Plataforma Lattes por pesquisadores brasileiros (MUGNAINI *et al*, 2019).

Adicionalmente, é importante destacar que a cobertura das bases de dados em relação à produção científica brasileira varia conforme as áreas do conhecimento: em pesquisa a respeito da cobertura de publicações científicas do Brasil na *WoS*, Melo, Trinca e Maricato (2021) identificaram que áreas duras como Física e Química têm percentual aproximado de 90% de publicações indexadas na *WoS*, e não teriam prejuízos em análises métricas; áreas intermediárias como Geociências e Engenharias II aparecem com mais de 60% de publicações indexadas e apresentam limites para fins de avaliação, já que aproximadamente um terço das publicações não é visível nessas bases; e, por fim, áreas como Letras, Direito e Artes apresentam menos de 20% das publicações indexadas e não deveriam ser avaliadas ou analisadas utilizando os dados provenientes da base de dados.

De toda forma, mesmo com limitações, estudos métricos da informação em bases de dados consagradas permitem observar a situação da pesquisa de ponta em diversos domínios, além de poupar o tempo e recursos financeiros de leitores e pesquisadores em busca de informações abrangentes sobre áreas do conhecimento.

Outros recursos, tão escassos quanto o tempo, são os recursos da terra, os recursos minerais. Utilizados desde a antiguidade para diversas finalidades, desde a construção de moradia (como por exemplo a argila para fabricação de cerâmicas, areia, calcário e minério de ferro para fabricação de cimento) e a fertilização do solo (com fertilizantes fosfatados e potássio), foram determinantes para a forma como as sociedades se desenvolveram e se estruturaram. Atualmente, os minérios fazem parte de componentes necessários para fabricação de celulares, baterias, computadores, automóveis, cremes dentais, equipamentos utilizados em hospitais, apenas para registrar alguns exemplos.

Dos minerais se ocupam duas áreas de pesquisa científica pouco contempladas por estudos métricos: a Geologia e a Mineração e Processamento Mineral. A atividade extrativa mineral depende intrinsecamente das duas áreas para ocorrer: inicialmente, através de pesquisas geológicas, determina-se a existência e viabilidade de jazidas minerais, atividade realizada por profissionais geólogos;

posteriormente é realizada a extração e beneficiamento dos minérios, atividade exercida com o planejamento e acompanhamento de engenheiros de minas.

A Geologia é a ciência dedicada a estudar a história da Terra e sua evolução como um todo, incluindo suas várias esferas, camadas ou estratos e o núcleo. Entretanto, geólogos dedicam-se também a problemas práticos, como a produção de mapas geológicos e tectônicos e a descoberta de depósitos minerais (POTAPOVA, 2015). A pesquisa em Geologia no Brasil ocorre em 30 programas de pós-graduação. É parte da grande área de Geociências, que, com 58 programas de pós-graduação no total, produziu 2.323 artigos até o quadriênio 2013-2016 (CAPES, 2019a).

A Mineração e Processamento Mineral, objeto de estudo da área de Engenharia de Minas, é uma atividade caracterizada pela extração de minerais existentes no solo ou em rochas, visando seu melhor aproveitamento nas mais diversas cadeias produtivas. A pesquisa em Engenharia de Minas, no Brasil, ocorre em 6 programas de pós-graduação. É parte da grande área de Engenharias II, que contém um total de 95 programas e produção científica total de 14.045 artigos até o quadriênio 2013-2016 (CAPES, 2019b).

Apesar de se tratar de um dos mais importantes setores da economia brasileira e gerar riqueza e crescimento econômico, a indústria da mineração está, na opinião de Araujo, Olivieri e Fernandes (2014), entre as atividades antrópicas que mais causam impactos socioeconômicos e ambientais negativos. A pesquisa nas áreas de Geologia e Mineração é fundamental para atenuar não só os impactos ambientais, sociais e econômicos da atividade, mas também evitar novas tragédias como as do rompimento de barragens de rejeitos de Brumadinho e Mariana, em Minas Gerais.

No Brasil, a atividade minerária é regulada pela Agência Nacional de Mineração (ANM), criada pela Lei 13.575/2017, posto que um dos princípios da Constituição determina que os bens minerais pertencem à União, e não aos proprietários da terra, conforme o Art. 176 (BRASIL, 1988). Ou seja, no Brasil, para explorar um recurso mineral, é necessária a autorização da União e compensar, financeiramente, por essa exploração. A autarquia responsável por conceder as autorizações e fiscalizar todas as etapas da atividade mineral é a ANM.

A forma de exploração dos recursos varia conforme o tipo de mineral e a finalidade de seu uso. Por exemplo, para que prefeituras realizem obras que

beneficiem a cidade, não é necessário compensar a União, já que os recursos serão empregados em benefício público. Os municípios apenas precisam registrar que farão a extração do minério para emprego em obras públicas, mediante a solicitação de Registro de Extração.¹

Materiais de emprego imediato na construção civil, como areia e brita, também possuem um regime simplificado, desde que extraídos pelo proprietário do solo ou pessoa autorizada por ele. Essa modalidade de extração de minérios é chamada de Licenciamento Mineral, concedido com autorização prévia da prefeitura local. Os minerais garimpáveis, como ágata, ametista, ouro e diamantes possuem legislação diferenciada e simplificada, autorizada a realização da atividade por cooperativas de garimpeiros, que recebem uma Permissão de Lavra Garimpeira em determinada área.

Todos os demais minérios e situações se enquadram no regime de Autorização e Concessão. Ou seja, primeiro é concedida uma autorização para pesquisar o subsolo e descobrir a quantidade de minério existente e seu teor. A partir desses estudos, o solicitante deve apresentar um Relatório Final de Pesquisa que, se aprovado, permitirá que ele realize o Requerimento de Lavra, em que ele deve comprovar a viabilidade econômica da atividade de mineração naquela localidade. Considerando que a atividade pode, por exemplo, ocorrer em uma fazenda que já tenha atividade de agricultura, os ganhos devem ser suficientes para compensar o proprietário da terra e ainda gerar benefícios para a União.

Caso se cumpram todos os requisitos, o solicitante recebe uma Concessão de Lavra, que permitirá a realização da atividade de mineração efetivamente. Ao receber essa concessão, o minerador passa a ter uma série de obrigações, como a de informar a quantidade de minério extraída, seu valor de venda e recolher as compensações e impostos devidos por essa extração.²

A ANM, além de outorgar e fiscalizar os empreendimentos mineiros, produz informações estatísticas agregadas a partir das informações disponibilizadas pelo setor mineral, em diversas publicações. A principal delas é o Anuário Mineral Brasileiro

¹ Conforme disposto em Resolução: BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Resolução nº 1, de 10 de dezembro de 2018. Disciplina o registro de extração, previsto no inciso I do parágrafo único do art. 13 do Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 12 dez. 2018. Seção 1, p. 91.

² Conforme disposto em Decreto: BRASIL. Decreto nº 9406, de 12 de junho de 2018. Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e a Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017.. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 13 jun. 2018. Seção 1, p. 1.

(AMB)³, periódico gerado a partir da coleta de informações provenientes do Relatório Anual de Lavra (RAL), apresentado anualmente pelas empresas em atividade no Brasil, contendo informações sobre a produção mineral brasileira bruta e beneficiada das substâncias minerais extraídas anualmente.

Disponibilizado desde 1972, pelo antecessor da ANM, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o periódico continha, em seus primeiros volumes, informações estatísticas minerais de reservas, produção, importação e exportação, além de sete anexos: estatísticas da quantidade de pedidos de pesquisa, alvarás de pesquisa, concessões de lavra, manifestos de mina e lavra por unidade regional, projetos do DNPM em curso e dados de faturamento e capital social ordenados por frequência, além das listas com endereço dos principais produtores e exportadores de minério organizados por substância mineral.

Atualmente o AMB apresenta dados mais sucintos, trazendo dados de produção de água mineral e produção bruta e beneficiada de minérios em geral, com informações da quantidade, teor e valor comercializado. O Anuário está disponível em meio eletrônico, em formato interativo, em plataforma que permite a filtragem e visualização dos dados da forma desejada por cidadãos e pesquisadores. Os dados brutos também podem ser obtidos no Portal Brasileiro de Dados Abertos⁴, com série que contempla os dados de RAL disponibilizados desde o ano-base de 2010. As informações de 1972 a 2009 estão disponíveis em formato *pdf* na Biblioteca Digital do Serviço Geológico do Brasil⁵, conhecido pela sigla de seu nome antigo, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM).

A partir da extração de dados da base *Web of Science* são identificadas as principais fontes de financiamento das pesquisas publicadas e os principais assuntos pesquisados. Com esses dados, foi possível verificar as aproximações entre a produção mineral brasileira e a produção científica nas áreas de pesquisa “Geologia” e “Mineração e Processamento Mineral” representadas na *Web of Science* a partir das palavras-chave e fontes de financiamento presentes nos agradecimentos, objetivo da presente pesquisa.

³ Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/producao-mineral>

⁴ Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/anuario-mineral-brasileiro-amb>

⁵ Disponível em: http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/docreader.aspx?bib=COLECAO_DNPM&pasta=&pesq=anuario%20mineral%20brasileiro

1.1 Justificativa

O tema central da pesquisa é a produção científica brasileira nas áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral, analisada pelo método bibliométrico, utilizando como fonte de coleta de dados a base *Web of Science*, da empresa *Clarivate Analytics*. São observados os aspectos relativos ao financiamento da pesquisa nas áreas, os assuntos pesquisados e a sua relação com a produção mineral representada no Anuário Mineral Brasileiro.

A escolha das áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral se deu pela importância econômica, social e ambiental da área de mineração, em primeiro lugar. Os estudos geológicos são a condição prévia para a atividade de mineração, pois sem a atividade de pesquisa geológica não é possível determinar a localização, características e viabilidade de extração do depósito mineral, por isso a escolha das duas áreas.

Outro aspecto observado para a escolha das áreas foi a possibilidade de contribuir para os estudos bibliométricos sobre o assunto realizados no Brasil, que datam de 1972. Laura Figueiredo (1972) analisou a Bibliografia e Índice da Geologia no Brasil, publicação do extinto DNPM, elaborado pela bibliotecária Dolores Iglesias. A autora ressaltava a incipiência da área e a dificuldade de comunicação científica na época, especialmente em virtude da escassez e irregularidade de periódicos especializados.

Diversos estudos atualizaram as informações de Figueiredo (1972), especialmente Ortiz (2009), que analisou os periódicos da área de Geociências no período de 1980 a 2000, ou mesmo de áreas relacionadas, como Siciliano (2018), que tratou da temática específica da Paleontologia. Estudo recente de Costa, Descovi Filho e Oliveira Junior (2020) analisou as tendências e lacunas da pesquisa brasileira sobre mineração e impactos ambientais publicada entre os anos de 1967-2017, nas bases de dados *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*, a partir do campo “assunto” e restringindo os resultados a artigos, revisões e notas, desconsiderando as publicações apresentadas em eventos.

Estudos métricos que buscam comparar a produção científica com a produção realizada pelo setor estudado já foram realizados anteriormente. Um dos exemplos de pesquisa com este objetivo é a realizada por Irizaga (2019), que analisou as relações

entre a produção agropecuária e a produção científica disponível na base Scopus, comparando os produtos da agricultura e pecuária mais relevantes economicamente no país, apontados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), com a frequência das palavras-chave definidas pelos autores nos artigos científicos da amostra estudada.

Considerando que os achados e características das áreas tendem a evoluir com o passar do tempo, haveria contribuição para o campo dos estudos métricos ao complementar estudos anteriores da área de Geologia e Mineração, com enfoque nas palavras-chave. A pesquisa também acrescenta aos estudos anteriores a comparação entre as áreas de Geologia e Mineração, a inclusão de trabalhos apresentados em eventos e a identificação das características de financiamento da pesquisa, recentemente disponibilizada na base de dados, que contribuirão para a análise das relações entre a produção mineral e a produção científica.

A escolha da base *Web of Science* para este projeto se deu em virtude da disponibilidade dos dados necessários e da predominância de periódicos das áreas indexadas na *WoS* em detrimento das demais bases de dados para as categorias em estudo, além de permitir analisar os dados sob a ótica de “áreas do conhecimento” previamente indexadas (CASTILHOS; CAREGNATO, 2022). Adicionalmente, a base conta com dados relativos às fontes de financiamento, ausentes em outros bancos de dados.

Apesar de Santana e Mugnaini (2018) observarem que a *Scopus* prevaleceu à *WoS* na captação do impacto das publicações dos pesquisadores em Geologia da Universidade de São Paulo (USP), Amaral e colaboradores (2017) demonstraram que a maior parte dos artigos publicados pelos programas de pós-graduação das Engenharias II, que abrange a área de Mineração, ocorre em periódicos indexados na *WoS*. Além disso, as áreas em estudo possuem boa cobertura nacional na base, com representação de aproximadamente 60% da produção científica, conforme Melo e colaboradores (2021). Ainda que a utilização de dados da plataforma Lattes, por exemplo, pudesse ser mais completa para retratar a pesquisa brasileira nas áreas, teria a limitação da padronização de dados e ausência de informações de financiamento, disponíveis na *WoS*.

A motivação pessoal para o estudo do tema vem do interesse da autora na área de estudos métricos desde a graduação, com trabalho de conclusão de curso na

temática; já o interesse na produção mineral vem da atuação como bibliotecária da Agência Nacional de Mineração desde 2011; os resultados da pesquisa podem colaborar diretamente para o oferecimento de melhores serviços de informação aos usuários internos e externos da autarquia. Além disso, o tema é aderente à linha de pesquisa de Estudos Métricos na Comunicação Científica por tratar de uma análise bibliométrica visando analisar as características da pesquisa e comunicação científica na área de Geologia e Mineração brasileiras.

Considerando o contexto apresentado, o problema de pesquisa é delimitado da seguinte forma: **Como a produção mineral se relaciona com a produção científica brasileira em Geologia e Mineração representada na *Web of Science* quanto aos assuntos pesquisados e às fontes de financiamento presentes nos agradecimentos?**

1.2 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é analisar as relações entre a produção mineral, representada pelas principais empresas produtoras de minérios e principais substâncias mineradas, e a produção científica brasileira em **Geologia e Mineração e Processamento Mineral** indexada na base de dados *Web of Science*, a partir das palavras-chave de autor e dos agradecimentos a financiamento da pesquisa.

Os objetivos específicos decorrem do geral e são assim especificados:

- a) identificar as principais características da produção mineral brasileira, por substâncias e empresas atuantes no mercado nacional;
- b) identificar as instituições presentes nos agradecimentos de financiamento e as categorias das principais fontes de financiamento;
- c) identificar as palavras-chave utilizadas pelos autores e destacar as relativas à categoria substância mineral mais frequentemente empregadas na produção científica;
- d) comparar os rankings das empresas de mineração atuantes no mercado nacional com os dados de agradecimento por financiamento;

- e) comparar os dados de valor de venda da produção mineral bruta e financiada com as substâncias presentes nas palavras-chave.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

O referencial teórico-metodológico aborda a comunicação e produção científica, incluindo os fluxos e modelos de comunicação, os eventos e os periódicos científicos e o financiamento da produção científica. Apresenta também as bases conceituais metodológicas e procedimentais, a partir dos Estudos Métricos da Informação (EMIs) e fontes de dados, fundamentadas em revisão de literatura realizada entre outubro de 2021 e janeiro de 2022, nas fontes de dados *Web of Science*, *Scopus*, Base de Dados Referenciais de Artigos de Periódicos em Ciência da Informação (BRAPCI), Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Base de Dados do ENANCIB (BENANCIB) e *Google Scholar*. Por fim, apresenta a produção mineral brasileira, representada no Anuário Mineral Brasileiro, e as áreas de pesquisa Geologia e Mineração e Processamento Mineral, com base em revisão de literatura realizada entre fevereiro e dezembro de 2022.

2.1 Comunicação e produção científica

A atividade científica produz um grande volume de informações passível de sistematização e análise, que, após organizada, deve ser comunicada no meio científico. Enquanto Ziman (1979, p. 116) afirmava que “a literatura sobre determinado assunto é tão importante quanto o trabalho de pesquisa que a ele lhe dá origem”, Meadows (1999, p. vi), já no prefácio de seu livro clássico, estabelecia que “A comunicação situa-se no próprio coração da ciência. É para ela tão vital quanto a própria pesquisa, pois a esta não cabe reivindicar com legitimidade este nome enquanto não houver sido analisada e aceita pelos pares.” Todas as etapas da pesquisa científica geram produtos informacionais: o planejamento da pesquisa gera um projeto; as análises e atividades realizadas durante a pesquisa produzem relatórios; ao final da pesquisa, quando os resultados são alcançados, é necessário que sejam comunicados aos pares e validados por eles para que de fato sejam considerados como legítima produção científica.

A comunicação científica é vista pelos pesquisadores como um conjunto de atividades constituindo um processo, passível de ser observado por meio de modelos conceituais. Silva, Alves e Barreiras (2019) afirmam que Garvey e Griffith (1965) foram

os precursores da modelagem do processo de comunicação científica, e seus modelos foram posteriormente atualizados para abarcar as transformações promovidas pelas tecnologias de comunicação e informação e pelo desenvolvimento da internet, como as ampliações sugeridas por Hurd (2004). Outros autores sugeriram modelos diferentes, não originados de Garvey e Griffith, como Hjørland, Andersen e Søndergaard (2005) e Björk (2007) (SILVA; ALVES; BARREIRAS, 2019).

Fernandes e Vilan Filho (2021) contabilizaram um total de 27 modelos de fluxos de comunicação científica em 18 registros encontrados sobre a temática, demonstrando que as possibilidades de enfoque da questão são múltiplas e variadas. Muitos dos modelos apresentam delimitações temáticas e/ou geográficas, além de se observar uma divisão entre modelos síncronos, que consideram uma dimensão temporal entre as sequências de comunicações, e assíncronos, que não consideram essa dimensão em seu desenvolvimento.

Em comum entre os modelos há a demarcação do início do fluxo com a pesquisa propriamente dita, passando pela validação de pares e finalizando ou na citação por outros autores, ou na aplicação direta do conhecimento pelos leitores, através de atividades como educação de profissionais, regulação da indústria, desenvolvimento industrial e aplicações práticas. Todos os modelos citados também registram, de forma explícita ou implícita, a existência de canais de comunicação informais (encontros, trocas de correspondências) e formais (artigos de periódicos, livros e capítulos de livros).

Os modelos identificados por Fernandes e Vilan Filho (2021) apresentam, em sua maioria, delimitações por área do conhecimento e geográficas, o que corrobora a percepção de que cada área apresenta as suas particularidades, especialmente quanto aos tipos de publicações e perfil de citações. Caregnato e Vanz (2020, *online*) apontam que:

o perfil de publicação e de citação é particular à cada área do conhecimento. Sabe-se que as áreas das ciências exatas e da vida citam um volume maior de artigos; que as ciências sociais e humanidades citam documentos mais antigos; que as biomédicas citam documentos bem atuais.

Considerando essas especificidades, alguns autores buscaram mapear fluxos específicos para diversas áreas do conhecimento. Correia (2006), por exemplo, mapeou os fluxos de cada grande área do conhecimento na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE): Ciências Biológicas; Ciências Humanas; Ciências da Saúde;

Ciências Exatas e da Terra; Engenharias; Ciências Sociais Aplicadas; Linguística, Letras e Artes.

Mesmo grandes áreas aparentemente correlatas, como Ciências Exatas e da Terra e Engenharias, apresentam diferenças significativas em seus fluxos. Os dados coletados por Correia (2006) apontam que na área de Ciências Exatas e da Terra o fluxo ocorre com a produção de trabalhos para eventos, resumo de artigos, artigos completos e produto tecnológico nos primeiros 12 meses de pesquisa, livros em 24 meses e trabalhos técnicos aos 60 meses. Já na área de Engenharias, os dados coletados por Correia (2006) demonstram que os trabalhos em evento, artigos resumidos, artigos completos, capítulos de livro e trabalhos técnicos são produzidos e publicados em período inicial da pesquisa, nos 12 primeiros meses, enquanto nos 36 meses seguintes são produzidos livros e relatórios de pesquisa e em 48 meses produtos tecnológicos.

Os dados do documento da grande área de Geociências disponibilizados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) indicam que a pesquisa em Geologia, agrupada na grande área de Geociências, apresenta no Brasil elevado grau de consolidação e maturidade; os programas de pós-graduação pioneiros remontam à década de 70. A Geociências prioriza a publicação de artigos, e, na média entre 2013 a 2015, a produção total passou de 1320 para 2329 artigos, o que representa um incremento aproximado de 76%, mesmo com a baixa internacionalização das revistas nacionais, ainda pouco indexadas em bases de dados como *Scielo*, *Web of Science (WoS)* e *Scopus* (CAPES, 2016a). Os dados do documento de área de 2019 ainda mencionam números referentes a 2016, registrando um incremento de 1.184 artigos (número em 2006) para 2.323 (número médio no quadriênio 2013 a 2016), o que representa um aumento aproximado de 96% (CAPES, 2019a).

Já os dados do documento de área da Engenharias II disponibilizados pela CAPES indicam que a pesquisa em Engenharia de Minas, pertencente à grande área das Engenharias e agrupada nas Engenharias II, ocorre em apenas 6 programas de pós-graduação de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, dos quais quatro são exclusivamente em Engenharia de Minas e dois são conjuntos com a Metalúrgica e de Materiais. Havia uma preferência da grande área de Engenharias II pela publicação em anais de evento, mas a quantidade de artigos tampouco era

desprezada como forma de comunicação científica (CAPES, 2016b). Nas avaliações trienais de 2010 e 2013 era possível observar uma maior quantidade de publicações em evento, tendência revertida a partir da avaliação de 2017, em que a quantidade anual de publicações em periódicos superou a de congressos, provavelmente induzida pelos critérios avaliativos. Ainda assim, o documento da área de Engenharias II recomenda a participação dos discentes em congressos para incorporação de críticas e sugestões aos trabalhos, visando publicações em periódicos futuramente (CAPES, 2019b).

Os fluxos descritos por Correia (2006) e os dados coletados dos documentos de área provenientes da CAPES (2016a; 2019a; 2016b; 2019b) permitem, portanto, observar uma diferença nas áreas de Engenharias e Ciências Exatas e da Terra quanto a produção de produtos tecnológicos e trabalhos técnicos; havendo preferência histórica, na área de Engenharia de Minas, pela divulgação em congressos em detrimento das publicações periódicas, ao contrário da Geologia. Entretanto, a disseminação da informação através de eventos e de periódicos científicos, para ambas as grandes áreas, ocorre já nos primeiros 12 meses da pesquisa.

Os periódicos científicos já foram extensa e largamente discutidos na literatura da Ciência da Informação em língua portuguesa. Mueller (2000) descreveu com detalhes o histórico dos primeiros periódicos, suas funções, problemas e alternativas, incluindo também os periódicos eletrônicos. Gonçalves, Ramos e Castro (2006) apresentaram as características dos periódicos, suas funções e principais critérios para determinar sua qualidade. Bufrem (2006, p. 194) contextualiza o histórico dos periódicos científicos e afirma que a revista científica “oferece perspectivas para se compreender a história da construção intelectual de áreas específicas, possibilitando a reflexão sobre conteúdos, categorias, linhas, enfoques e métodos utilizados nas pesquisas.” Freitas (2005) analisou especificamente as origens dos periódicos científicos brasileiros e, em revisão mais recente, Santana (2019) dedicou capítulo de sua dissertação ao tema, apresentando imagens dos primeiros periódicos, funções dos periódicos atuais e infográfico com os registros de ISSN vinculados ao Brasil.

Os primeiros periódicos científicos datam de 1665: em janeiro, foi publicado o primeiro número do *Journal des Sçavans*; em março, por influência do *Journal des Sçavans*, foi lançada a *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. O

objetivo dos dois periódicos era diferente: enquanto o *Journal des Sçavans* buscava reunir diversos tópicos de interesse, desde obituários a resumos de livros, o *Philosophical Transactions* tratava de temas experimentais e de pesquisa científica (MEADOWS, 1999).

O crescimento da quantidade de periódicos foi exponencial, acompanhando o desenvolvimento das pesquisas científicas. Com o passar do tempo, para localizar informações e artigos de periódicos foi necessário o desenvolvimento de bibliografias e índices. O *Index Medicus* foi o pioneiro, criado em 1879, seguido do *Chemical Abstracts* em 1907 e do *Biological Abstracts* em 1921 (GONÇALVES; RAMOS; CASTRO, 2006). Mesmo com o desenvolvimento de bibliografias e índices, os pesquisadores ainda sentiam dificuldades de acompanhar as publicações científicas. Vannevar Bush, no artigo clássico “*As We May Think*”, chamava a atenção para os desafios gerados por conta deste aumento:

Há uma montanha crescente de pesquisa, mas há maior evidência de que uma barreira nos detém na medida em que cresce a especialização. O investigador é surpreendido pelas descobertas e conclusões de milhares outros colegas – conclusões as quais ele não encontra tempo de digerir, quanto menos lembrar-se delas, à medida que elas aparecem. (BUSH, 1945, *online*)

A utilização de computadores para o processamento das informações, a partir dos anos 1960, o surgimento das primeiras bases de dados bibliográficas e a disseminação dos computadores pessoais favoreceram o surgimento das revistas científicas eletrônicas e o seu uso não apenas para fins de disseminação da informação, mas também como fonte de informação para medir a produção científica. Os periódicos científicos acumulam, ainda, as funções de: preservação da memória, formalização do conhecimento e registro público de autoria, certificação (de conhecimento que recebeu aval dos pares), função social e função educacional (GONÇALVES; RAMOS; CASTRO, 2006).

Mesmo sem os custos de impressão e distribuição do formato impresso, os periódicos atuais, eletrônicos, também exigem recursos financeiros para sua manutenção. Iniciativas de acesso aberto buscaram fomentar a substituição das assinaturas de periódicos pelo financiamento por instituições governamentais e de fomento à pesquisa, doações de simpatizantes e instituições e até a contribuição de pesquisadores. (BUDAPEST OPEN ACCESS INITIATIVE, 2012)

Com o passar do tempo, o que se observou foi que as tradicionais assinaturas de periódicos foram substituídas por acesso aberto mediante o pagamento de taxas de processamento de artigos pelos pesquisadores, recaindo em custos para os autores, que em muitos casos buscam financiamento para arcar com os valores.

Já os eventos científicos são abordados em menor intensidade pelos pesquisadores da área de Ciência da Informação (SÖDERQVIST; SILVERSTEIN, 1999). Destacam-se na literatura os estudos de Glänzel e colaboradores (2006) e Lisée, Larivière e Archambault (2008).

Glänzel e colaboradores (2006) consideram os encontros científicos não são necessariamente independentes dos artigos científicos, tendo em vista que os encontros precedem, muitas vezes, a publicação em revistas; os anais de eventos, por sua vez, também são disponibilizados como suplementos em periódicos. Os autores constataram que os eventos devem ser considerados como uma fonte adicional de dados para estudos bibliométricos, especialmente nas áreas de Engenharia e Geociências (GLÄNZEL; et al, 2006). Lisée, Larivière e Archambault (2008) observaram em sua pesquisa que os trabalhos apresentados em eventos respondem por uma parcela relativamente grande das referências em engenharia, compreendendo cerca de 10% dos registros coletados na área.

Campello (2007a) percebe a apresentação em eventos como uma oportunidade de avaliação pelos pares ampla e imediata, pois as sugestões são feitas por outros pesquisadores no momento da apresentação, enquanto a revisão por pares na avaliação de artigos é feita por um número reduzido de pesquisadores de forma assíncrona, exigindo, em regra, meses para que o avaliado tenha um retorno sobre o texto apresentado.

Dentre as funções dos eventos, Campello (2007a) destaca as de aperfeiçoamento dos trabalhos, reflexo do estado-da-arte e comunicação informal entre os pesquisadores. Hayashi e Guimarães (2016) ressaltam que a participação em eventos pressupõe a disponibilização de recursos financeiros por instituições e agências de fomento, o que será discutido na seção seguinte.

2.30 financiamento das pesquisas científicas e a Ciência da Informação

A pesquisa científica, por sua natureza, demanda investimentos. Seja com laboratórios, insumos ou bolsas para a manutenção de estudantes e pesquisadores dedicados à pesquisa, é necessário haver recurso disponível para a atividade. Pavan (2018) observa que os governos e instituições acabam pagando múltiplas vezes para desfrutar da pesquisa financiada: há desembolso para gerar o conhecimento e financiar pesquisadores e insumos, e, após a conclusão das pesquisas, são feitos novos pagamentos para ou publicar em revistas de acesso aberto que cobram taxas de processamento de artigos (APCs) ou acessar a informação em periódicos disponíveis mediante assinatura e em bases de dados pelos pesquisadores financiados anteriormente. Os eventos demandam custos associados às inscrições, infraestrutura, diárias e passagens, financiados também por governos e instituições que detêm interesse nas pesquisas realizadas.

O financiamento da pesquisa pode ser realizado por instituições brasileiras exclusivamente (financiamento nacional), apenas por instituições estrangeiras (financiamento internacional) ou ainda pela combinação de aportes de instituições nacionais e internacionais (financiamento misto) (ALVAREZ; CAREGNATO, 2021). Além do âmbito, é possível classificar o financiamento das pesquisas em setores. Morillo e Álvarez-Bornstein (2018) adaptaram o Manual Frascati⁶, classificando as instituições de fomento em: empresas, ensino superior, governo e privado sem fins lucrativos. São classificáveis como empresas, de acordo com os autores, além das propriamente ditas, associações empresariais e outras instituições que as servem; as instituições de ensino superior administradas por governos são consideradas na categoria governo e no privado sem fins lucrativos se enquadram as que não contempladas nas demais categorias (MORILLO; ÁLVAREZ-BORNSTEIN, 2018).

No Brasil, assim como em diversos outros países, as fontes de financiamento para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) também se enquadram nos setores mencionados. Entretanto, as principais fontes são as agências governamentais de fomento, responsáveis por destinar os recursos públicos, seguindo

⁶ ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *Institutional sectors and classifications for R&D statistics*. In: **Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development**. Paris: OECD Publishing, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264239012-5-en>. Acesso em: 19 dez. 2022.

as diretrizes definidas pelos governos federais e estaduais (BRASIL, 2016; DUDZIAK, 2018).

No âmbito federal, as principais agências de fomento são: o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI); a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ligada ao Ministério da Educação; a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), empresa pública do MCTI; e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), vinculado ao Ministério da Economia (ME) (BRASIL, 2016). O BNDES disponibiliza financiamentos em todos os segmentos econômicos; já o CNPq, a CAPES e a FINEP são instituições voltadas à área de pesquisa. Compreender a atuação e abrangência dessas três instituições permitirá observar com mais clareza as informações sobre o financiamento das pesquisas em âmbito nacional.

O CNPq, criado pela Lei nº 1.310 de 15 de janeiro de 1951, tem por finalidade “promover e estimular o desenvolvimento da investigação científica e tecnológica em qualquer domínio do conhecimento” (BRASIL, 1951). Atualmente, o Conselho é a instituição responsável por fomentar a pesquisa científica e tecnológica e incentivar a formação de pesquisadores brasileiros (BRASIL, 2016). O CNPq financia a pesquisa de diversas formas e dá suporte aos pesquisadores ao disponibilizar a Plataforma Lattes para registro de informações curriculares.

Uma das principais formas de financiamento é a que ocorre por meio da concessão de bolsas para estudantes no Brasil e no Exterior, e também para empresas aplicarem em PD&I. Nas bolsas para estudantes no Brasil e Exterior, dentre as obrigações dos bolsistas consta a de registrar, nos trabalhos publicados, um dos tipos de informação: "O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil" ou "Bolsista do CNPq - Brasil" (CNPq, 2021).

As bolsas para estudantes no Brasil são regidas pela Resolução Normativa nº 17/2006, em que são oferecidas bolsas para Apoio Técnico (AT), Iniciação Científica (IC), Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), Pós-Graduação - Mestrado (GM) e Doutorado (GD), Iniciação Científica Júnior (ICJ) e Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI). Podem ser oferecidas a pesquisadores, cursos de pós-graduação e

instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento públicas ou privadas (CNPq, 2021).

As bolsas para estudantes no exterior são regidas pela Resolução Normativa nº 7/2018, e, nessa modalidade, são oferecidas bolsas para Estágio Sênior (ESN), Pós-Doutorado no Exterior (PDE), Doutorado Sanduíche no Exterior (SWE), Doutorado Pleno no Exterior (GDE), Desenvolvimento Tecnológico e Inovação no Exterior (Junior - DEJ) e (Sênior - DES) e Mestrado Profissional no Exterior (MPE), disponibilizadas a pesquisadores e estudantes (CNPq, 2021).

Já as bolsas para atuação em empresas são regidas pela Resolução Normativa nº 28/2015, e são também conhecidas como bolsas individuais. São oferecidas para Produtividade em Pesquisa (PQ), Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão inovadora (DT), Pesquisador Visitante (PV), Pós-Doutorado Junior (PDJ), Pós-Doutorado Sênior (PDS), Doutorado-Sanduíche no País (SWP), Pós-Doutorado Empresarial (PDI), Doutorado-Sanduíche Empresarial (SWI), Desenvolvimento Científico e Tecnológico Regional (DCR), Produtividade Sênior (PQ-Sr), Atração de Jovens Talentos (BJT) e Pesquisador Visitante Especial (PVE) (CNPq, 2021).

A CAPES, outra agência de fomento de âmbito federal, foi criada inicialmente como uma Comissão, por meio do Decreto 29.741, de 11 de julho de 1951, foi extinta em 15 março de 1990 juntamente com diversos ministérios e conselhos e recriada, após mobilização das universidades e pressões da sociedade, pela Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, em nova reorganização ocorrida no período. A Coordenação, hoje, atua na expansão, avaliação e fomento da pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) e formação de professores da educação básica (CAPES, 2022).

Uma das principais formas de financiamento da pesquisa pela CAPES é através da concessão de bolsas de estudo para pós-graduação no Brasil ou no exterior. As bolsas oferecidas no Brasil são disponibilizadas diretamente às instituições de ensino, que realizam a seleção dos bolsistas, por meio de diversos programas, como o Programa de Excelência Acadêmica (Proex), o Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições Comunitárias de Educação Superior (PROSUC) e o Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (PROSUP). Já as bolsas para estudos no exterior são ofertadas

diretamente aos pesquisadores, por meio de editais regularmente oferecidos pela Coordenação.

Outra forma de financiamento à pesquisa é a manutenção do Portal de Periódicos, em que oferece mais de 55 mil periódicos e 455 bases de dados a instituições de ensino e pesquisa. O acervo é disponibilizado a alunos de instituições federais de ensino superior; unidades de pesquisa com pós-graduação, avaliadas pela CAPES com nota 4 (quatro) ou superior; instituições públicas de ensino superior não federais com pós-graduação avaliadas pela CAPES com nota 4 (quatro) ou superior; instituições privadas de ensino superior com pelo menos um doutorado com avaliação 5 (cinco) ou superior pela CAPES; instituições com programas de pós-graduação recomendados pela CAPES e a órgãos ou entidades da administração pública federal que desempenhem atividades de pesquisa e/ou ensino, desde que efetuem o custeio das despesas referentes ao acesso (CAPES, 2022).

A Finep, terceira instituição de fomento da pesquisa em âmbito nacional abordada, foi criada inicialmente como “Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas” pelo Decreto nº 55.820, de 8 de março de 1965, era apenas contábil, operado pelo então BNDE, destinado a financiar os estudos e programas para projetos de modernização e industrialização, com recursos originários do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e da, *United States Agency for International Development* (USAID). Através do Decreto-Lei nº 61.056, de 24 de julho de 1967, foi criada a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), sucessora do Finep em suas atribuições e recursos. Hoje, a Finep atua em toda a cadeia de inovação, desde a pesquisa básica até a preparação do produto para o mercado (FINEP, [2022]).

A Finep, diferente das instituições anteriores, atua com maior intensidade no segmento de financiamentos, através de chamadas públicas ou de fluxo contínuo. Os financiamentos podem ser reembolsáveis, ou seja, os valores devem ser devolvidos posteriormente, ou não reembolsáveis, em que não há devolução do valor financiado. Dentre os programas oferecidos pela Finep, um deles, em parceria com a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), oferece bolsas para a formação de recursos humanos na área de atuação da autarquia e do setor regulado para estudantes de graduação, mestrado e doutorado (FINEP, [2022]).

Já no âmbito estadual existem as Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs); de 1960 a 2012, os estados estruturam as suas Fundações, alocando de 0,5% a 2%

da receita líquida estadual para composição do orçamento destas entidades, variando conforme a legislação de cada Estado. As FAPs de Minas Gerais (FAPEMIG), São Paulo (FAPESP), Rio de Janeiro (FAPERJ) e Distrito Federal (FAPDF) são as que dispõem de maior valor de ativos e representam, juntas, 87,6% do ativo total de todas as fundações. Apenas o Estado de Rondônia, até o presente momento, não instituiu fundação própria de amparo à pesquisa (SILVA; SOARES, 2021).

Considerando o período compreendido entre 2011 e 2020, as fundações que movimentaram o maior vulto de recursos foram FAPESP, FAPERJ, FAPEMIG e FAPERGS, que, em conjunto, obtiveram um orçamento de 1,33 bilhões de reais. Os recursos obtidos nos anos 2019 e 2020 pelas FAPs brasileiras foram orçados em R\$ 7.072.566.242,08. As cinco primeiras FAPs com maior orçamento disponível no período de 2019 e 2020 foram Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ); Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) (SILVA; SOARES, 2021).

Cada FAP estrutura o financiamento à pesquisa conforme as regras estabelecidas em seus estatutos ou regulamentos. Em geral, o financiamento se dá por meio da concessão de bolsas (desde a iniciação científica até pós-doutorado), de auxílios (que podem ser regulares ou temporários) e programas. A submissão de propostas pode ser permanente ou por meio de editais específicos. A FAPESP, por exemplo, dispõe de Sistema de Apoio à Gestão (SAGe) para submissão de propostas, em que devem ser observadas as normas de apoio da modalidade correspondente (bolsas, auxílios ou programas) (FAPESP, 2021).

Além das agências de fomento, as Agências Reguladoras têm contribuído para financiar a pesquisa no Brasil, ao estabelecer normas que obrigam o setor regulado a alocar recursos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I); atualmente, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e a (ANP) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) contam com regulamentos que exigem investimentos da iniciativa privada nas ações de PD&I (BRASIL, 2016).

A ANP, por exemplo, nos contratos de concessão para extração de petróleo e gás, inclui Cláusula de Investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD

& I), em que determina que as empresas concessionárias devem investir em seus centros de pesquisa no Brasil ou em instituições de pesquisa nacionais ao menos 0,5% da receita bruta dos campos de grande produção ou de alta rentabilidade. As instituições de pesquisa devem se credenciar na ANP através do Sistema de Gestão dos Investimentos em P&D (SIPED), para posterior recebimento dos recursos (ANP, 2022).

O financiamento por instituições internacionais é variado, e ocorre tanto por meio de instituições governamentais quanto privadas. Diversos países dispõem de agências de fomento especializadas: África do Sul, Alemanha, Argentina, Austrália, Canadá, China, Estados Unidos da América, México, Portugal e Reino Unido são exemplos de nações com comitês, conselhos ou fundações dedicadas ao financiamento de pesquisas científicas. Citando alguns exemplos, Portugal, há agência pública para o fomento da ciência, tecnologia e inovação, a Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT) (FCT, 2022).

Já os Estados Unidos da América e o Reino Unido também dispõem de fundações e institutos com o mesmo objetivo: a U. S. National Science Foundation (NSF) financia todos os campos de ciência básica e engenharias, exceto ciências médicas, abrangidas pelo National Institutes of Health (NIH); já a UK Research & Innovation (UKRI) reúne nove conselhos de diversas áreas do conhecimento para promover o financiamento de pesquisa e inovação (NSF, 2022; UKRI, 2022). Da mesma forma que as instituições nacionais, as internacionais financiam bolsas de estudos nos mais diversos níveis de ensino e promovem editais para programas e projetos relacionados a diversas áreas de interesse.

Especificamente nas relações com a Ciência da Informação, a questão do financiamento da pesquisa aparece com frequência em associação ao acesso aberto. Mugnaini, Igami e Krzyzanowski (2022) analisaram as possíveis relações entre as variáveis indexação, financiamento da pesquisa e modalidades de acesso aberto; Araújo e Appel (2021) analisaram o financiamento de pesquisa sobre a ciência aberta a partir dos dados disponíveis na base *Dimensions.ai*, a partir de acesso restrito concedido para fins educacionais.

Atualmente, com a disponibilização de informações de financiamento na *Web of Science*, têm emergido estudos bibliométricos que contemplam a questão e a tratam de diversas perspectivas, desde a metodologia para extração de dados da base

e sua confiabilidade, até estudos a respeito de uma ou mais disciplinas específicas. Destes, destacam-se os estudos de Wang e Shapira (2011), Costas e van Leeuwen (2012), Paul-Hus, Desrochers e Costas (2016), Morillo e Álvarez-Bornstein (2018) e Alvarez e Caregnato (2021), discutidos a seguir.

Wang e Shapira (2011) analisaram dados da área de nanotecnologia, e identificaram que 67% das publicações continham informações de financiamento, das quais em sua maioria provenientes de financiamento nacional. A internacionalização do financiamento foi observada na ocorrência de coautorias com autores estrangeiros. Os autores focaram nos quatro países com mais destaque na área de nanotecnologia: Estados Unidos, China, Alemanha e Japão, concluindo que nos Estados Unidos as agências federais são as principais financiadoras; na China, as agências regionais complementam as nacionais no financiamento de publicações; e na Alemanha e Japão, agências não-governamentais desempenham papéis importantes (WANG; SHAPIRA, 2011).

Costas e van Leeuwen (2012) realizaram uma análise quantitativa sobre a presença de reconhecimentos em publicações científicas, com foco nas características e padrões das publicações que os contêm (ou não os contêm), observando como os agradecimentos são distribuídos entre campos, países, tipos de documentos e níveis de colaboração. Identificaram que as publicações que contêm reconhecimento de financiamento representam aproximadamente 43% de todas as publicações contempladas na base de dados; com relação às áreas do conhecimento, os autores observaram que as ciências ditas naturais, incluindo as Geociências, apresentam maior parcela de publicações com informações sobre financiamento: mais de 50% das publicações dispõem dessas informações. Um segundo grupo de disciplinas, incluindo as engenharias, apresentam agradecimentos por financiamento na faixa entre 20% e 50% das publicações, enquanto um terceiro grupo, composto por ciências sociais e humanidades, apresenta menos de 10% das publicações com dados de financiamento (COSTAS; VAN LEEUWEN, 2012).

Paul-Hus, Desrochers e Costas (2016), ao analisarem a presença e distribuição dos dados de reconhecimento de financiamento cobertos na *Web of Science*, identificaram que desde 2008, as informações de financiamento são coletadas principalmente para publicações indexadas no *Science Citation Index Expanded* e antes de 2009 a cobertura dos reconhecimentos de financiamento é baixa e pouco

confiável. Relatam também que a partir de 2015 foram incluídos textos de financiamento para publicações indexadas no *Social Science Citation Index*, enquanto o conteúdo do *Arts & Humanities Citation Index* não indexa dados de reconhecimento de financiamento. Além disso, as publicações em língua inglesa são as que contêm dados mais confiáveis de reconhecimento. Os autores observaram também que nem todos os tipos de documentos contêm informações de financiamento indexada e apenas artigos e resenhas apresentam cobertura consistente (PAUL-HUS; DESROCHERS; COSTAS, 2016).

Os autores Morillo e Álvarez-Bornstein (2018) pesquisaram sobre como identificar os principais financiadores de pesquisa a partir da seleção de palavras-chave do campo *Funding Acknowledgement* (FA) da *WoS*, com precisão de 99%. Morillo e Álvarez-Bornstein (2018) ressaltam que é necessário dedicar tempo e esforço para a padronização e categorização das fontes de financiamento, e é possível diminuir o esforço ao retirar caracteres não alfa-numéricos e expressões de parada. Outra estratégia adotada pelos autores é extrair as origens geográficas para evitar a ambiguidade entre instituições com nomes semelhantes (MORILLO; ÁLVAREZ-BORNSTEIN (2018).

Alvarez e Caregnato (2021) analisaram padrões de financiamento por disciplina/área através dos agradecimentos por apoio financeiro identificados em artigos brasileiros de 2009 a 2016 indexados na *WoS* em quatro áreas: economia, hematologia, horticultura e matemática. Em nível nacional, observaram que as agências de fomento federais CNPq e Capes e FAPs emergiram como principais financiadores agradecidos. Em nível internacional, observaram que há grande diversidade de organismos financiadores, principalmente dos Estados Unidos e Europa. Dos 3.067 artigos com *Funding Acknowledgement* (FA), 61,9% receberam financiamento apenas de instituições brasileiras (financiamento nacional), 11% apenas de instituições estrangeiras (financiamento internacional) e 27,1% de instituições brasileiras e estrangeiras (financiamento misto). Os autores também observaram, especialmente quanto à hematologia, que tem sido comum o apoio financeiro de empresas na produção científica de disciplinas da área médica em conjunto com fundações e agências de fomento (ALVAREZ; CAREGNATO, 2021).

O financiamento é essencial para a realização de pesquisas científicas e estudos com este enfoque têm sido conduzidos na área de Estudos Métricos da

Informação, como foi possível observar nesta seção. A seguinte apresenta as principais fontes de dados para a realização de EMIs e as principais metodologias empregadas nesses estudos em Ciência da Informação.

2.4 Estudos Métricos da Informação: fontes de dados e metodologias em Ciência da Informação

Os Estudos Métricos da Informação (EMIs) desenvolveram-se a partir da Bibliometria, atualmente considerada uma subárea, da mesma forma que a Cientometria, a Informetria, a Webometria, a Patentometria e a Altmtria. Todos esses termos referem-se à mensuração da informação em suas diferentes modalidades, tendo em comum o uso de quantificações, diferenciando-se especialmente em seus objetos de estudo, sendo a informetria e/ou infometria a mais ampla delas (OLIVEIRA, 2018).

A bibliometria consiste na aplicação de métodos matemáticos e estatísticos a livros, artigos de periódicos e outros materiais bibliográficos para a avaliação da produção e uso da informação, permitindo também observar a evolução da pesquisa em determinadas áreas do conhecimento. Os estudos bibliométricos também permitem estudar a dispersão e obsolescência da literatura científica, identificar os principais autores e a colaboração entre eles, os principais periódicos e a evolução e tendências em diversas disciplinas (SPINAK, 1998).

A expressão bibliometria já havia sido utilizada, em francês, por Paul Outlet, em 1934, conforme contextualizou Fonseca (1973); entretanto, denotando uma medição dos livros físicos propriamente ditos, e não no sentido definido no artigo de Pritchard (1969), em que a expressão ganhou força e se popularizou como a aplicação da matemática e métodos estatísticos aos livros e outros meios de comunicação (FONSECA, 1973; PRITCHARD, 1969).

Os estudos métricos da informação já eram realizados em mídias analógicas, mas é a partir dos anos 1960, com o uso de computadores e a criação de índices, como o *Science Citation Index* (SCI), criado em 1963 por Eugene Garfield, que ganharam maior escala e foram facilitados (ARAÚJO, 2006). Thelwall (2008) destaca que com a publicação do SCI dois tipos de análises bibliométricas emergiram: a avaliativa, que avalia o impacto acadêmico, muitas vezes com objetivo de subsidiar a

tomada de decisão para o financiamento de pesquisas, e a relacional, que busca dar destaque às relações científicas e o surgimento de frentes de pesquisa. As bases de dados atuais, como a *Scopus*, *Web of Science (WoS)*, *Dimensions.ai*, *PubMed*, *Scielo*, *Google Scholar* e outras, permitiram um crescimento ainda maior desse tipo de estudo, em virtude da grande quantidade de dados estruturados disponíveis para análise.

As bases de dados multidisciplinares, como a *Clarivate/Web of Science*, são caracterizadas como um repositório de armazenamento de grande volume de informação organizada e acessível eletronicamente, que permite rápida e precisa recuperação. Costumavam ser classificadas em bases de referência, as que apresentam apenas a citação ou referência bibliográfica, e de fontes, que disponibilizam informações originais ou texto integral, sem necessidade de redirecionamento (SILVA; RAMOS, NORONHA, 2006). É importante destacar que as bases de dados multidisciplinares apresentam metadados extraídos de periódicos indexados ou de outras bases de dados; adicionalmente, caracterizam-se por conter artigos, anais de eventos e outros tipos de materiais provenientes de diversas áreas do conhecimento, em oposição às bases de dados especializadas, focadas em determinada temática.

Atualmente as bases de dados bibliográficas multidisciplinares apontam para os textos integrais dos periódicos sem demandar esforços significativos de recuperação da informação aos usuários. Bases bibliográficas de alcance internacional multiplicaram-se nos últimos anos: a pioneira *Web of Science* (1964) foi seguida pelas bases *Scopus* (2004) e *Google Scholar* (2004). Recentemente, surgiram as bases *Microsoft Academic* (2016, encerrada em 2021), *Crossref* (2017) e *Dimensions.ai* (2018) (VANZ; STUMPF, 2010; HARZING, 2019). Enquanto *Google Scholar* apresenta cobertura mais ampla, incluindo em seus resultados literatura cinzenta, publicações em blogs e outras, as bases *Web of Science (WoS)*, *Scopus*, *Crossref* e *Dimensions.ai* dispõem de cobertura restrita a periódicos, anais de eventos e livros acadêmicos (HARZING, 2019).

Diversos estudos comparativos foram realizados entre as bases *WoS*, *Scopus* e *Google Scholar*, com destaque para os estudos de Falagas e colaboradores (2008), Harzing e Alakangas (2016) e Martín-Martín e colaboradores (2018), que identificaram, em período mais recente, a semelhança entre as coberturas da *WoS* e

Scopus e a maior abrangência do *Google Scholar*. Martín-Martín e colaboradores (2018) ressaltam que a maioria das informações encontradas na *WoS* e na *Scopus* são recuperadas no *Google Scholar* e que os resultados encontrados unicamente na base da Google apresentam teses, livros, trabalhos apresentados em eventos e materiais não publicados.

Outra base de dados bibliográfica multidisciplinar que merece destaque é a *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO) fundada em parceria entre a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e o Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (Bireme) em 1996, com a primeira fase do projeto executado entre 1997 e 1998 (PACKER et al., 1998). Atualmente, a *SciELO* indexa 1805 periódicos da Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, México, Paraguai, Peru, Portugal, África do Sul, Espanha e Uruguai. Contém também as coleções *SciELO Books* e Saúde Pública (SCIELO, 2021).

As bases de dados multidisciplinares são largamente utilizadas para análises bibliométricas e cientométricas variadas, por disponibilizarem dados de autoria, periódicos, assunto, palavras-chave, contagem de citações e muitos outros em formatos compatíveis com *softwares* de análises de dados. Os EMIs também podem ser realizados em bases como a Plataforma Lattes, mas, nesse tipo de base referencial, as informações são mais desestruturadas e dependentes de grande esforço para análise, tendo em vista que são disponibilizadas livre e diretamente pelos pesquisadores.

No Brasil, as pesquisas bibliométricas realizadas para obtenção de Mestrado e Doutorado utilizam majoritariamente a *SciELO* para estudos de produção científica, considerada em aproximadamente 239 resultados disponíveis na busca da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Já a *Web of Science* foi utilizada em 218 dos estudos, enquanto a *Scopus* foi utilizada em 178 teses e dissertações, algumas vezes em conjunto com a *WoS*. O *Google Scholar*, provavelmente por conta de suas limitações de exportação dos dados, está presente em apenas 39 estudos relacionados à produção científica. As bases *Microsoft Academic* e *Crossref* são

mencionadas em uma dissertação, e a base *Dimensions.ai* ainda não foi mencionada em teses e dissertações brasileiras até o momento da coleta de dados.⁷

Glänzel (2003) divide os estudos bibliométricos em três objetivos principais: há a bibliometria para estudiosos da área, focada no desenvolvimento de metodologias; a voltada para a gestão e políticas em ciência e tecnologia; e, a foco deste projeto, a bibliometria aplicada a disciplinas específicas, em que o interesse é o de investigar áreas e domínios de pesquisa a partir de sua produção.

Quanto ao nível de análise, van Raan (2003) explica que a análise bibliométrica pode ser realizada em nível macro ou microbibliométrico. Ou seja, podem-se fazer avaliações dos campos como um todo, por exemplo, avaliar a performance do país em termos de áreas científicas, no que seriam estudos macrobibliométricos. A atividade de pesquisa pode ser analisada também no nível intermediário, em termos de grandes instituições, tais como universidades e institutos de pesquisa. Além disso, a análise pode ser restringida para um nível microbibliométrico, isto é, ao nível da prática concreta de pesquisa: departamentos, grupos de pesquisa e programas entre universidades e grandes instituições (VAN RAAN, 2003).

Em pesquisa específica nos assuntos das teses e dissertações do Brasil foi possível identificar 92 estudos bibliométricos relacionados à produção científica⁸, dos quais 13 utilizaram a expressão “estatística descritiva” para descrever o tratamento dos dados; 51 utilizaram a expressão “frequência”; 30 utilizaram “distribuição”; outros utilizaram, além dos métodos bibliométricos, análise de conteúdo (10) e análise de redes sociais (3).

Quanto à definição do universo de pesquisa, ao menos 43 estudos utilizaram corpus intencional por critérios pré-determinados e apenas dois relataram utilizar amostragem probabilística. Desses estudos, destacam-se alguns que, como na

⁷ Fonte: buscas realizadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) em 16/01/2022, utilizando a busca avançada com as expressões de busca: (Todos os campos:"produção científica" E Todos os campos:"scielo"); (Todos os campos:"produção científica" E Todos os campos:"scopus") (Todos os campos:"produção científica" E Todos os campos:"web of science"); (Todos os campos:"produção científica" E Todos os campos:"google scholar"); (Todos os campos:"produção científica" E Todos os campos:"microsoft academic"); (Todos os campos:"produção científica" E Todos os campos:"crossref"); (Todos os campos:"produção científica" E Todos os campos:"dimensions.ai")

⁸ Fonte: busca realizada na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) em 02/09/2022, utilizando a busca avançada com a expressão de busca: Assunto:bibliometria E Assunto:produção científica.

presente pesquisa, utilizam a análise de palavras-chave para mapear ou analisar a produção científica em áreas do conhecimento específicas.

Santos (2015) utilizou a análise coocorrência de palavras-chave para identificar as características da produção de conhecimento da pesquisa em HIV/Aids no Brasil indexada na *WoS*, utilizando, dentre outros indicadores, os de cluster, em que é calculada a intensidade de associação entre duas palavras segundo características comuns, e de densidade, em que se visualiza a intensidade de associações entre palavras-chave de uma rede determinada, ambos disponíveis nas opções do software *VOSViewer*. O autor apresenta também histórico das análises de coocorrência, desde a formulação da Lei de Zipf até as origens na linguística, lexicografia e linguística computacional. Discorre também sobre o uso da técnica de análise para a recuperação da informação e da proposição do uso pela escola de sociologia da translação, em que é usada para mensurar a pesquisa científica (SANTOS, 2015).

Irizaga (2019) analisou clusters de palavras-chave extraídos da *Scopus*, utilizando o *VOSViewer*, para produzir mapas na área de Ciências Agrárias por estado da federação, e os comparou com a produção agropecuária para analisar a convergência entre as produções, informando os termos em comum com tabelas de valor bruto dos principais produtos agropecuários do Brasil destacados pelo à época Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A autora identificou que, dos vinte e seis produtos que o MAPA apresentou como relevantes para a economia brasileira, apenas seis não foram localizados nas palavras-chave como mais frequentes (IRIZAGA, 2019).

Para realizar esse estudo nas áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral, é necessário contextualizar as áreas e compreender, mesmo que superficialmente, os principais conceitos e termos utilizados pelos pesquisadores, o que será descrito nas seções seguintes.

2.5 Geologia

A área da Geologia faz parte da grande área das Geociências, juntamente com as áreas de Ciências Atmosféricas (Meteorologia e Climatologia), Ciências Geodésicas (Geodésia, Cartografia e Sensoriamento Remoto), Ciências Geofísicas

(Geofísica Global e Aplicada) e Ciências Oceanográficas (Oceanografia Física, Química e Geológica).

A pesquisa brasileira em Geologia ocorre em 30 dos 58 programas de pós-graduação da grande área de Geociências. A grande área apresenta crescimento nos últimos anos, com a produção total de artigos passando de 1.184 (número em 2006) para 2.323 (número médio no quadriênio 2013 a 2016), um aumento de aproximadamente 96%. A produção total de livros e capítulos de livros teve aumento menor, de 233 (produção em 2006) para 338 (produção média no quadriênio 2013 a 2016), ou um aumento de aproximadamente 45% (CAPES, 2019a). Estudos métricos relacionados à Geologia e Geociências foram conduzidos por Ortiz (2009) e Figueiredo (1972).

Ortiz (2009) analisou os periódicos da área de Geociências no período de 1980 a 2000, identificando os núcleos de pesquisadores mais produtivos e suas áreas de atuação: Geocronologia, Petrologia e Mineralogia, Sedimentologia e Estratigrafia, Geoquímica de Superfície, Cartografia Geológica, Gravimetria, Oceanografia Geológica. A autora apenas listou as palavras-chave que emergiram em cinco ou mais publicações, sem mencionar as mais utilizadas (ORTIZ, 2009).

Laura Figueiredo (1972) analisou 10 fascículos, compreendendo o período de 1641-1965, da Bibliografia e Índice da Geologia no Brasil, publicação do extinto DNPM, elaborado pela bibliotecária Dolores Iglesias, para identificar os periódicos com maior quantidade de literatura geológica. A autora ressaltava a incipiência da área e as dificuldades da comunicação científica na época, especialmente em virtude da escassez e irregularidade de periódicos especializados. Identificou que aproximadamente 86% da literatura estava distribuída em 97% dos seriados, o que significa que 14% da literatura encontrava-se dispersa em 188 seriados, dos quais 54 continham dois trabalhos cada e 134, apenas um, o que a autora considerou como grande dispersão da literatura produzida (FIGUEIREDO, 1972).

A área da Geologia dedica-se ao estudo da Terra, incluindo a sua composição e estrutura, além de sua história no tempo geológico. Pode ser dividida em Geologia Física e Histórica: a Física dedica-se ao estudo da estrutura e feições superficiais da Terra; a Histórica, por sua vez, trata da idade da Terra e sua vida no passado geológico (SILVA; CRISPIM, 2019). Em virtude dessa divisão, é classificada também como uma ciência histórica, juntamente com a cosmologia, paleontologia e a história

humana, pois, ao contrário das ciências experimentais, como a física e a química, para a geologia as variáveis de tempo e espaço são essenciais para a compreensão do seu objeto de estudo (FRODEMAN, 2010).

A Geologia divide-se nos ramos: Mineralogia (estudo dos minerais quanto a sua composição, ocorrência, formação e propriedades); Petrologia (trata da ocorrência e origem das rochas); Geofísica (estuda a dinâmica terrestre utilizando métodos físicos, como a gravimetria e a sismologia); Geologia Marinha (estuda a geomorfologia do oceano e a interação entre oceano e continente); Estratigrafia (estuda as unidades estratigráficas, ou seja, dos estratos terrestres, e suas correlações com os processos evolutivos da Terra) (SILVA; CRISPIM, 2019); e outros, que muitas vezes são consideradas disciplinas independentes, como a Paleontologia (estudo dos fósseis e da evolução da vida no tempo geológico), que por sua interdisciplinaridade com a Biologia pode ser considerada uma área à parte.

A Geologia e seus ramos caracterizam-se por descreverem os objetos de estudo de forma a permitir sua categorização e classificação. A categorização dos conceitos geológicos se dá, de acordo com Bolacha (2008) a partir de configurações, substâncias, tempo e espaço. As **configurações** seriam caracterizadas como as formações ou estruturas existentes em determinados objetos geológicos, baseadas em morfologia (forma) ou gênese; as **substâncias** seriam os materiais que constituem os objetos, como os elementos químicos, minerais e rochas; o **tempo**, em Geologia, detém especial importância e é um dos aspectos mais difíceis da Geologia, pois não é possível medi-lo com o auxílio de um relógio, por se tratar de uma medida do intervalo entre a formação e a transformação de determinada formação mineral; o **espaço** é o local em que o objeto é estudado (BOLACHA, 2008).

Exemplos de configuração seriam as formações ferríferas bandadas (*banded iron formation*), a estratificação em rochas sedimentares e o estudo de dunas. As dunas, inclusive, são um exemplo de que uma mesma entidade pode ser observada num contexto como configuração e em outro como objeto. Ao estudar a forma e movimentação das dunas, a categoria é configuração; ao estudar a areia que a constitui, a categoria adequada seria substância (BOLACHA, 2008). As substâncias podem ser o elemento químico, o mineral e a rocha. Por exemplo, o Fe (ferro, *iron*), elemento químico, compõe o minério de ferro (*iron ore*), mineral que pode ser obtido de hematita (*hematite*), magnetita (*magnetite*) e itabirito (*itabirite*). Em relação ao

tempo, podemos citar termos como cretáceo ou mioceno. Já em relação ao espaço, podemos citar como exemplos desde continentes a regiões de um estado da federação.

Outra característica marcante das Geociências é o fato de descreverem objetos únicos, comumente identificados apenas por seus nomes próprios, e que não satisfazem critérios sistemáticos, algo que não se verifica em outras ciências. Ainda, mesmo que determinado objeto geológico detenha característica que permita incluí-lo em alguma categoria, é muitas vezes tratado por seu nome próprio (BOLACHA, 2008). Essa característica pode resultar em grande dispersão dos termos estudados, em virtude da alta especificidade dos objetos em estudo. Um exemplo de nome próprio utilizado em estudos geológicos é a Província Mineral de Carajás. Nomes próprios podem ser confundidos também com a categoria espaço anteriormente definida, por se referirem à região em que estão inseridos.

Existem, entretanto, outras formas de categorizar os termos geológicos. Pletsch (2012), ao elaborar um estudo descritivo da terminologia da área aplicada às traduções especializadas, delimitou, em seu estudo, onze categorias cognitivas que compõe a Geologia: processo, rocha/mineral, localização, configuração física, tempo, dimensão/unidade, composição, finalidade, estrutura, abrangência e origem. A autora considerou, na categoria **processo**, termos com a ideia de ação e movimento; a categoria **localização** é aplicável a termos que denominam locais ou que fazem referência a localizações; a categoria **configuração física** se refere a características físicas pertencentes a elementos, como por exemplo os termos amorfo, camada e permafrost (PLETSCH, 2012).

A categoria **tempo** abrange, ainda de acordo com Pletsch (2012), a terminologia de tempo geológico, dividido em eras ou período de formação de determinada rocha, por exemplo Mesozoico ou penecontemporâneo; a categoria **dimensão/unidade** é composta por termos como capacidade, meia-vida, maturidade; a categoria **composição** trata da reunião de elementos que compõem um todo, como o termo aglomerado vulcânico; a categoria **finalidade** designa funções e termos que denotam instrumentações e medições, como altimetria; a categoria **estrutura** designa termos como caldeira vulcânica e mergulho de dobra; a categoria **abrangência** apresenta termos como paleontologia, perfil geológico, e carta estratigráfica; a categoria **origem** determina os lugares ou pontos em que surgiu determinado

conceito, como por exemplo o termo aluvião. A categoria **rocha/mineral**, equivalente à substância de Bolacha (2008), apresenta termos como ágata, cassiterita, calcário e magnetita (PLETSCH, 2012).

A compreensão das categorizações de termos geológicos é fundamental para a correta análise e categorização das palavras-chave da área e posterior comparação com as substâncias apresentadas no Anuário Mineral Brasileiro, pois a ênfase dada aos autores na atribuição de palavras-chave para a recuperação da informação pode ser dar em quaisquer uma das categorias apresentadas acima.

2.6 Mineração e Processamento Mineral

A categoria Mineração e Processamento Mineral é objeto de estudo da Engenharia de Minas, enquadrada pela CAPES, no Brasil, na grande área de Engenharias II, juntamente com Engenharia Química, Engenharia de Materiais, Engenharia Metalúrgica, Engenharia Nuclear e Engenharia Têxtil.

A Engenharias II tem, no Brasil, um total de 95 programas de pós-graduação, divididos em 83 acadêmicos e 12 profissionais, com um total de 27.402 publicações no quadriênio 2013 a 2016, das quais 14.045 em periódicos e 13.357 em congressos. No triênio anterior, a maior quantidade de publicações científicas da área ocorria em congressos: de um total 20.185 publicações no período de 2010 a 2012, 8.382 eram publicações em periódicos e 11.804 em congressos científicos (CAPES, 2019b).

Uma fração das pesquisas e publicações mencionadas ocorre na área específica da Engenharia de Minas, em 6 programas de pós-graduação de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, dos quais quatro são exclusivamente em Minas e dois são em conjunto com a Metalúrgica e de Materiais. Quanto aos cursos de graduação, há desproporção entre a produção mineral e a quantidade de vagas oferecidas: a região Norte, com maior produção de minérios, dispõe de menos vagas para formação de engenheiros de minas que a região Sul (SANCHES; BERGERMAN; ROVERI, 2016).

A Engenharia de Minas dedica-se, especialmente, ao estudo de questões como tratamento de minérios, métodos de lavra, segurança em barragens de mineração e economia mineral, para formar profissionais capazes de avaliar, mensurar, instalar e

até mesmo encerrar projetos de mineração. A mineração, objeto de estudo desses programas de pesquisa, é uma atividade econômica caracterizada pela extração de minerais existentes no solo ou em rochas, realizada desde os primórdios da humanidade com o uso de argila para fabricação de cerâmicas ou de metais para o preparo de ferramentas. A atividade se inicia com a localização de jazidas minerais por meio de estudos geológicos; posteriormente, são realizados o mapeamento geológico e a pesquisa mineral detalhada, por meio de sondagens e outras técnicas que permitem a determinação da viabilidade da extração mineral propriamente dita. Por fim, é realizada a atividade de extração e beneficiamento de minérios (AMARAL; LIMA FILHO, 2022).

A mineração é essencial para obtenção dos insumos utilizados em toda a cadeia produtiva. Os telefones celulares, por exemplo, não poderiam ser produzidos sem quartzo, bauxita e cassiterita, apenas para citar os componentes da tela (JENNESS *et al*, 2016). A importância da atividade para a construção civil também é inegável: impossível imaginar a construção civil contemporânea sem areia, brita e ligas metálicas. A abrangência da mineração vai desde a agricultura, dependente de fertilizantes, até os componentes de computadores; ou seja, é imprescindível para as sociedades modernas (DRUMMOND; AUGUSTO, 2007).

A respeito da pesquisa na área de mineração, estudo recente de Costa, Descovi Filho e Oliveira Junior (2020) analisou as tendências e lacunas da pesquisa brasileira sobre mineração e impactos ambientais publicada entre os anos de 1967-2017, nas bases de *dados Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*, a partir do campo “assunto” e restringindo os resultados a artigos, revisões e notas, desconsiderando as publicações apresentadas em eventos. Os autores analisaram 550 publicações a partir de análise de frequência simples, categorizados por tipo de abordagens, tipo de ambientes (se aquático ou terrestre), periódicos, estados, regiões, bioma, minérios, impactos socioambientais e área de atuação do primeiro autor (COSTA; DESCOVI FILHO; OLIVEIRA JUNIOR, 2020).

Com relação a abordagem dos trabalhos, prevaleceram as do tipo físico/química (34,91%), saúde (16,55%) e socioambiental e política (16,18%). Os periódicos com maior frequência de publicações foram a Revista Escola de Minas (6,36%), *Science of the Total Environment* (5,82%) e Revista Brasileira de Ciência do Solo (4,73%). Minas Gerais (16,63%) e Pará (11,29%), grandes produtores de minério

de ferro, foram os estados mais estudados. Quanto aos minérios, os autores observaram que diversos estudos mencionaram mais de um. Os de maior frequência foram ouro (26,19%), ferro (18,10%) e carvão mineral (14,29%). Os demais variaram entre 0,32% a 3,97%. Chama a atenção as áreas de atuação dos pesquisadores: 43,27% da área de Ciências Biológicas; 23,27% da área de Ciências Exatas e da Terra e 8,91% da área de Ciências da Saúde. Os autores justificam a forte presença da área de Ciências Biológicas por estudos voltados para a investigação de contaminação de solos e mananciais, dado o enfoque em impactos ambientais na mineração (COSTA; DESCOVI FILHO; OLIVEIRA JUNIOR, 2020).

A área de Mineração e Processamento Mineral carece de estudos específicos em língua portuguesa sobre categorias terminológicas; Ferreira (2008) realizou estudo exploratório sobre o anglicismo na linguagem de mineração e Fontanelli (2018) selecionou termos utilizados na Agência Nacional de Mineração a partir da leitura de atos normativos e doutrina do Direito Minerário para realizar uma Análise de Domínio da área.

Visando identificar os anglicismos na linguagem de mineração, Ferreira (2008) descreveu as atividades relacionadas à mineração através das etapas de: **prospecção**, em que ocorre a avaliação do local a ser minerado, utilizando diversas técnicas de medidas magnéticas, gravitacionais e outras, além de análises geoquímicas; **exploração**, em que se determina com exatidão o tamanho e o valor econômico do depósito mineral, visando a elaboração do plano de aproveitamento econômico e planejamento da lavra, em que são usadas técnicas de escavação e perfuração; **desenvolvimento**, em que há abertura da mina em superfície ou escavações mais profundas para minas subterrâneas, além de técnicas de desmonte de rochas; finalmente, ocorre a **extração**, em que há a retirada do minério propriamente dito, que pode ocorrer, em caso de minas subterrâneas, por escoramento, sem escoramento e por abatimento, ou, em caso de minas a céu aberto, por extração hidráulica ou mecânica; a última etapa seria o **processamento**, beneficiamento ou tratamento de minérios, em que podem ser utilizadas técnicas como flotação, floculação, cominuição, concentração gravítica e outras, para separar os minerais dos rejeitos ou outros minérios (FERREIRA, 2008).

Entretanto, mesmo sem a definição de categorias terminológicas na pesquisa de Ferreira (2008), é possível observar algumas diferenças importantes entre os

conceitos utilizados em Geologia e Mineração. Enquanto na Geologia observamos ambas as autoras, Bolacha (2008) e Pletsch (2012), classificando minerais e rochas como **substância**, na área de Mineração são empregados termos mais específicos, em que a rocha seria um aglomerado de minerais, havendo ainda a distinção econômica entre **minério** (mineral com possível aproveitamento econômico), **estéril** (mineral sem valor econômico, descartado no momento da lavra e extração) e **rejeito** ou **ganga** (mineral sem valor econômico, descartado após o processamento) (FERREIRA, 2008).

Luz (2010) relata a existência de mais de 1550 minérios ou espécies minerais distintas, desde as 20 que são elementos químicos em estado nativo (cobre, ouro, prata, enxofre e outros) e os demais, compostos formados por mais de um elemento. A classificação mais comum dos minérios é realizada em metálicos, não-metálicos e energéticos, organizados, para facilitar a compreensão, no **Anexo 1**. Entretanto, é sabido que o idioma mais utilizado para a escrita de artigos e demais publicações científicas é o inglês, que, mesmo sendo apenas a terceira língua com mais falantes nativos, de acordo com Eberhard e colaboradores (2022), é utilizada em 95% da literatura científica (BADILLO, 2021). Há ainda a pressão e busca pela internacionalização pelas universidades e instituições de fomento, que resultam na preferência dos pesquisadores pela publicação em língua inglesa (CAMPELLO, 2007b).

Visando facilitar a compreensão posterior dos dados, a busca prévia em obras de referência resultou na elaboração do **Anexo 2**, contendo algumas das principais substâncias listadas anteriormente, em ordem alfabética, e as respectivas traduções em língua inglesa. A compreensão dos conceitos oriundos da Geologia, Mineração e Processamento Mineral permite abordar a situação da produção mineral brasileira, tratada na seção seguinte.

2.7 Produção mineral brasileira

A atividade mineral ocorre no Brasil desde o Brasil Colônia, e iniciou com foco na extração de ouro e diamantes. O país chegou a ser responsável por 50% da extração mundial de ouro, entre os séculos XV e XVIII; entretanto, a mineração é, por natureza, a exploração de bens não-renováveis. As minas passaram a diminuir sua

produção consideravelmente: após atingir produção de mais de 15 toneladas de ouro por ano em 1750, a produção diminuiu a menos de 5 toneladas por ano em 1785, levando a atividade de mineração como um todo no país a decair sensivelmente (FIGUEROA, 1994). Dada a forma de ocorrência dos minérios de ouro e diamante no Brasil, era necessário maior conhecimento técnico para extração e aproveitamento adequado dos recursos. Para atender a essa necessidade, o governo português enviou, em 1790, três estudantes para adquirirem os conhecimentos necessários em mineralogia na França e Alemanha. Ao retornar, em 1803, tentaram modernizar a legislação sobre a extração de minérios, inclusive propondo a criação de escolas mineralógicas e metalúrgicas, o que foi desconsiderado. Ao longo do século XIX, persistiu a ausência de pessoal técnico habilitado, com inúmeras tentativas de contratações de especialistas estrangeiros. Apenas em 1876 foi criada a Escola de Minas de Ouro Preto, com a formação dos primeiros engenheiros de minas no Brasil (FIGUEROA, 1994).

Até a 1930, os bens minerais eram livres para exportação e exploração por companhias estrangeiras. Entretanto, a partir da Constituição de 1934, os bens minerais passaram a pertencer à União e foi vedada a participação de capital estrangeiro na exploração mineral. No mesmo ano, foi criado pelo governo o Departamento Nacional de Produção Mineral, responsável pelo fomento e autorização da atividade minerária, em 1941 a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e em 1942 a Companhia Vale do Rio do Doce (CVRD), com a missão de explorar o minério de ferro no Brasil (VILLAS-BOAS, 1995). Entre 1945 e 1950, houve nova aproximação com empresas estrangeiras e acordo bilateral entre Brasil e Estados Unidos, permitindo que o *Bureau of Mines* realizasse pesquisas geológicas em Minas Gerais. Nos anos 50, houve disputa para instalação de siderúrgicas e mineradoras estrangeiras. Além disso, foram construídas termelétricas para aproveitamento do carvão mineral, foram ampliadas as minas de cobre, chumbo e zinco e houve estímulos para atendimento do consumo interno de alumínio (VILLAS-BOAS, 1995). Nos anos 1960, havia grande debate entre estatização e permissão de capital estrangeiro, com grande conflito de ideologias, afetando também a área de mineração. Foram cancelados, no início da década de 60, os direitos minerários de empresas privadas formadas com capital estrangeiro, determinando o retorno das reservas à União (VILLAS-BOAS, 1995).

A partir de 1967, com um novo Código de Mineração, há previsão de mais clareza nos regramentos para exploração mineral por empresas e as formas de concessão e autorização das atividades para a iniciativa privada. O Código de Mineração prevê também o direito de prioridade sobre as solicitações realizadas e busca respeitar as minas manifestadas desde 1934, considerando nas novas regras apenas para as concedidas a partir da promulgação do Decreto-Lei nº 227, ainda hoje em vigor⁹. As discussões para modernização deste código e criação de um novo normativo para a mineração vêm sendo tratadas no Congresso Nacional, ainda em fase de aprovação de anteprojeto, sem previsão de efetiva alteração, conforme a Agência Câmara de Notícias (2022)¹⁰

Importante salientar que a produção mineral, além de gerar riquezas e prover itens essenciais para o desenvolvimento da sociedade, também é associada a alto risco ambiental, social e econômico. Exemplos que ilustram os problemas graves causados pela mineração no Brasil são os casos de Maceió, Mariana e Brumadinho. Enquanto em Maceió os danos foram apenas econômicos, em Minas Gerais os danos também afetaram o ambiente e causaram vítimas.

Em Maceió, nos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange, diversas fissuras e rachaduras surgiram em imóveis e pavimentos, após intensas chuvas e tremores de magnitude de 2,5 na Escala Richter. Estudos do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) constataram que as causas seriam a exploração de sal-gema pela empresa Braskem, que ocorre há quarenta anos, e teria causado a subsidência e desestabilização do solo. A partir do ocorrido, os bairros passaram a ser considerados área de risco, forçando a desocupação dos bairros e realocação de famílias e empresas (SANTOS; OLIVEIRA; MENDONÇA; MARQUES; OLIVEIRA, 2020).

A Barragem do Fundão, de responsabilidade da mineradora Samarco, localizada no município de Mariana, Minas Gerais, rompeu em 05 de novembro de 2015, atingindo fortemente o distrito de Bento Ribeiro e deixando ao menos 19 vítimas fatais, além de graves danos ambientais causados pelo mar de lama que atingiu o Rio Doce e o oceano, ao passar pelo estado do Espírito Santo (FREITAS, 2020). A mineradora é controlada pelas empresas Vale e BHP Billiton, que criaram a Fundação

⁹Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9406.htm

¹⁰ Fonte: AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. **Grupo de trabalho aprova anteprojeto do novo Código de Mineração**. 2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/926257-grupo-de-trabalho-aprova-anteprojeto-do-novo-codigo-de-mineracao/>. Acesso em: 07 jan. 2023.

Renova para gerir as atividades relacionadas à reparação dos danos causados, até o momento ainda com grandes pendências de reparação. Já em 2019, Facury e colaboradores (2019) elaboraram panorama das publicações científicas sobre o rompimento da barragem de Mariana, identificando, a partir de fontes diversas (Portal de Periódicos da CAPES e Google Scholar), 199 publicações, com contribuições principalmente das áreas de biologia, geografia, comunicação e direito. Destacaram também a baixa presença de pesquisas vinculadas à geologia, engenharia geológica e engenharia de minas, diretamente associadas à prospecção e exploração mineral (FACURY et al, 2019).

A tragédia mais recente e fatal relacionada à mineração no Brasil ocorreu em Brumadinho, também em Minas Gerais, em que o rompimento da barragem de resultou em 270 mortes, dos quais 267 foram identificados, restando ainda três pendentes de localização e identificação (MANSUR; ANDRADE, 2022). Os danos socioambientais foram elencados em uma matriz elaborada por Polignano e Lemos (2020), que identificaram danos: ambientais (restrição de água para consumo, comprometimento da biota aquática e restrição de dessedentação de animais); econômicos (perda de produção de bens e serviços, restrição de abastecimento, comprometimento de atividades turísticas); à saúde (contaminação de água e peixes, intoxicação por metais pesados, perdas de vidas e insegurança do futuro, estresse e depressão), e aos direitos (desvalorização de propriedades, danos morais).

Os desastres elencados denotam que houve falhas nos processos de fiscalização e concessão de licenças. A prevenção de desastres relacionados à mineração exige ações conjuntas de diversos órgãos ambientais, de segurança do trabalho, e relacionados especificamente a mineração. Freitas e colaboradores (2019) ressaltam que esses desastres não são excepcionalidades, mas sim parte dos custos sociais e ambientais da atividade mineradora, e devem ser levados em conta no planejamento da atividade. Os autores reforçam a necessidade de fortalecimento dos órgãos governamentais responsáveis, a articulação entre os setores e ampliação da participação de setores como saúde, trabalho e defesa civil nos planos de emergência e instalação de estruturas como as da Vale e Samarco (FREITAS et al, 2019).

Atualmente, a atividade mineral é regulada pela Agência Nacional de Mineração, criada em 2017 pela Lei 13.575, de 26 de dezembro de 2017, em substituição ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), criado em

1934, com a publicação do Decreto nº 23.979, de 8 de março de 1934. As atribuições da ANM são “promover a gestão dos recursos minerais da União, bem como a regulação e a fiscalização das atividades para o aproveitamento dos recursos minerais no País” (BRASIL, 2017). Visando atender as suas obrigações, a ANM coleta e reúne dados estatísticos da atividade mineral, por meio do Relatório Anual de Lavra (RAL), apresentados pelos mineradores até 15 de março do ano seguinte à produção, e disponibilizados publicamente por meio do Anuário Mineral Brasileiro (AMB).

O Anuário Mineral Brasileiro é publicação periódica anual que remonta ao antigo DNPM. Disponibilizado desde 1972 aos interessados em informações minerais, apresenta informações sobre recursos, reservas, produção mineral bruta e beneficiada, organizadas por substância. Os dados são provenientes do Relatório Anual de Lavra, apresentado anualmente pelas empresas em atividade no Brasil, contendo informações sobre a produção mineral brasileira bruta e beneficiada das substâncias minerais extraídas no período contemplado pelo relatório.

O periódico continha, inicialmente, em seus primeiros volumes, informações estatísticas minerais de reservas, produção, importação e exportação, além de sete anexos: estatísticas da quantidade de pedidos de pesquisa, alvarás de pesquisa, concessões de lavra, manifestos de mina e lavra por unidade regional, projetos do DNPM em curso e dados de faturamento e capital social ordenados por frequência, além das listas com endereço dos principais produtores e exportadores de minério organizados por substância mineral.

A partir de 2001, com a implantação do RAL eletrônico, os dados foram coletados de forma mais abrangente e confiável. Atualmente o AMB apresenta dados mais sucintos, trazendo dados de produção de água mineral e produção bruta e beneficiada de minérios em geral, com informações da quantidade, teor e valor comercializado. O Anuário está disponível em meio eletrônico, em formato interativo, em plataforma que permite a filtragem e visualização dos dados da forma desejada por cidadãos e pesquisadores.

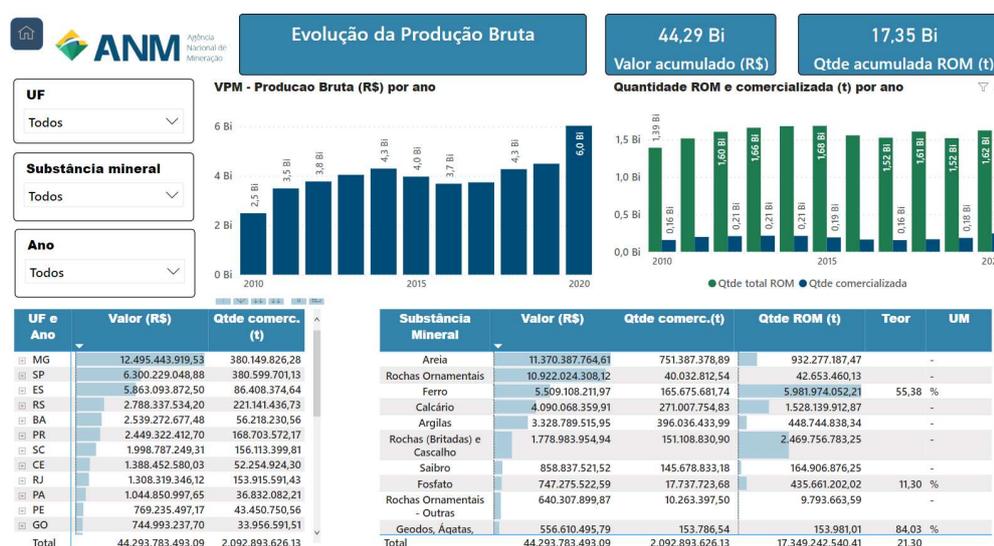
Os dados brutos também podem ser obtidos no Portal Brasileiro de Dados Abertos¹¹, com série que contempla os dados de RAL disponibilizados desde o ano-base de 2010. As informações de 1972 a 2009 estão disponíveis em formato *pdf* na

¹¹ Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/anuario-mineral-brasileiro-amb>

Biblioteca Digital do Serviço Geológico do Brasil¹², mas não foram contempladas neste estudo de forma abrangente, considerando a dificuldade de extração dos dados manualmente.

A produção mineral brasileira bruta pode ser analisada por valor em reais (R\$) comercializado ou por quantidade comercializada. Considerando a análise em valores (R\$), as substâncias mais relevantes atualmente são **areia (sand)**, **rochas ornamentais (ornamental rocks)**, **ferro (iron)** ou **hematita (hematite)**, **calcário (limestone)** e **argilas (clays)**. Os maiores estados produtores, ainda considerando o critério de valor em reais (R\$), são Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Rio Grande do Sul e Bahia (ANM, 2022), como pode ser observado na Figura 1:

Figura 1 – Evolução da Produção Mineral Brasileira Bruta, ordenada por Valor (R\$)



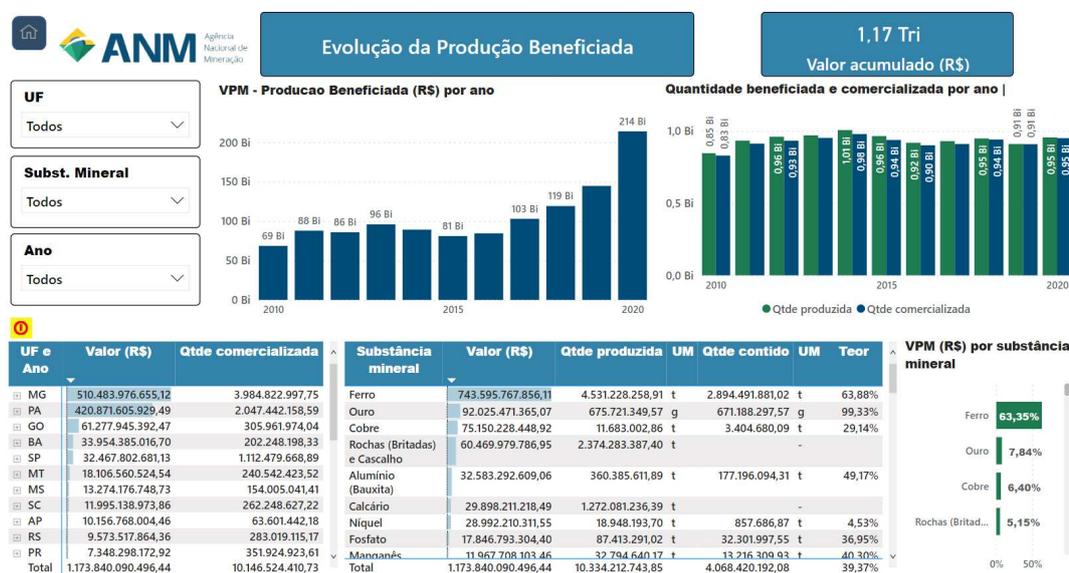
Fonte: ANM (2022)

A produção mineral beneficiada também pode ser analisada por valor em reais (R\$) comercializado ou por quantidade comercializada. Considerando a análise em valores (R\$), os bens minerais mais relevantes atualmente são **ferro (iron)** ou **hematita (hematite)**, **ouro (gold)**, **rochas britadas (crushed stones)** e **cascalho (gravel)**, **alumínio (aluminium)** ou **bauxita (bauxite)** e **calcário (limestone)**. Os

¹² Disponível em: http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/docreader.aspx?bib=COLECAO_DNPM&pasta=&pesq=anuario%20mineral%20brasileiro

estados mais relevantes são Minas Gerais, Pará, Goiás, Bahia e São Paulo (ANM, 2022), como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Evolução da Produção Mineral Brasileira Beneficiada, ordenada por Valor (R\$)



Fonte: ANM (2022)

A partir das informações disponibilizadas pelo Anuário Mineral Brasileiro, utilizando os dados brutos disponíveis no Portal de Dados Abertos, será possível analisar as relações entre a produção mineral e a pesquisa científica em Geologia e Mineração a partir das palavras-chave e minérios/substâncias explorados.

As principais empresas participantes do mercado, entretanto, não são divulgadas pela Agência Nacional de Mineração, em virtude da legislação que prevê a proteção de informações relativas a dados empresariais¹³. Nesse sentido, para conhecer as principais empresas de mineração, é necessário buscar informações em *rankings* produzidos por instituições privadas, como os elaborados pela revista Brasil Mineral e Valor Econômico.

Considerando os dados da Brasil Mineral (2022), as dez principais empresas de mineração atualmente são a Vale, oriunda da privatização da CVRD em 1997¹⁴ (com minério de ferro e cobre como principais produtos), Minerações Brasileiras

¹³ artigo 169 da Lei nº 11.101/2005

¹⁴ Fonte: <https://www.brasildefato.com.br/2022/05/06/privatizacao-da-vale-25-anos-lucros-e-crimes-cometidos-evidenciam-mau-negocio-para-o-pais>

Reunidas (MBR) (minério de ferro, atualmente controlada pela Vale¹⁵), a Anglo American (minério de ferro), a CSN, privatizada em 1993¹⁶, (minério de ferro), a Salobo Metais (cobre e ouro), a Kinross (ouro), a Usiminas, (minério de ferro), a AngloGold Ashanti (ouro), a Vallourec (minério de ferro), e a Mineração Maracá (cobre e ouro). A Brasil Mineral classifica as empresas por valor de produção, e esclarece que não o faz por volume por considerar que o quantitativo de minério extraído não reflete o porte de uma empresa, já que, por exemplo, uma tonelada de minério de ferro tem valor muito superior ao de uma tonelada de agregados para construção civil. (BRASIL MINERAL, 2022).

Outro ranking, da revista Valor Econômico, aponta como as dez principais empresas de mineração Vale, Anglo American Minério de Ferro Brasil, Nexa Resources, CBMM, Ananke Alumina, Samarco, Kinross, CMOC Brasil, Anglo American Níquel Brasil e AngloGold. A revista apresenta também no ranking empresas do setor de petróleo e gás, que, mesmo não elencados nos dados do AMB, constam como minerais no **Anexo 1**. As dez principais empresas deste setor são a Petrobras, Raízen, Vibra, Cosan, Ultrapar, Shell, Petrogal, ALE Combustíveis, Refinaria de Mataripe e Copa Energia. O ranking da revista é elaborado conforme a ordem decrescente de receita líquida, extraída a partir das demonstrações contábeis consolidadas, independente do setor a qual a empresa está vinculada, e não informa os principais minérios extraídos (VALOR 1000, 2022).

Nesta seção foram apresentadas as principais informações históricas a respeito da produção mineral brasileira, incluindo informações prévias sobre as principais empresas e substâncias extraídas, concluindo a revisão de literatura proposta para a pesquisa. O referencial teórico-metodológico abordou temas como a comunicação e produção científicas, o financiamento das pesquisas sob a ótica da Ciência da Informação e os estudos métricos da informação; adicionalmente, apresentou as áreas de Geologia e Mineração, além de panorama sobre a produção mineral brasileira.

A seção seguinte apresentará a metodologia e os procedimentos de pesquisa utilizados para atender ao objetivo geral da pesquisa, de analisar as relações entre a produção mineral, representada pelas principais empresas produtoras de minérios e

¹⁵ Fonte: <https://ibram.org.br/noticia/vale-faz-acordo-e-passa-a-controlar-100-da-mbr/>

¹⁶ Fonte: <https://doi.org/10.1590/1413-2311.276.95590>

principais substâncias mineradas, e a produção científica em Geologia e Mineração e Processamento Mineral no Brasil indexada na base de dados *Web of Science*, a partir das palavras-chave de autor e das fontes de financiamento da pesquisa.

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Esta seção apresenta a metodologia empregada, incluindo quadro detalhado da relação entre os indicadores e objetivos, os procedimentos de pesquisa, descritos em etapas de execução para facilitar a compreensão, e as limitações do estudo.

3.1 Metodologia

A pesquisa é do tipo bibliométrica, que consiste na aplicação de métodos matemáticos e estatísticos a livros, artigos de periódicos e outros materiais bibliográficos para a avaliação da produção e uso da informação, permitindo também observar a evolução da pesquisa em determinadas áreas do conhecimento (SPINAK, 1998). Ou seja, traz uma abordagem **quantitativa**, em que os dados coletados são mensuráveis e podem ser organizados e tabulados para permitir análises e interpretações estatísticas (MARTINS; THEÓPHILO, 2009). Trata-se também de uma **pesquisa descritiva**, modalidade que tem por objetivo descrever, analisar ou verificar as relações entre variáveis e adequada a casos em que quer se conhecer as características do objeto de estudo (FERNANDES; GOMES, 2009).

Considerando os objetivos da pesquisa, é bibliométrica do tipo **relacional**, que, conforme Thelwall (2008), busca dar destaque às relações científicas e o surgimento de frentes de pesquisa. Na classificação de Glänzel (2003), é pesquisa bibliométrica **aplicada a disciplinas específicas**, em que o interesse é o de investigar áreas e domínios de pesquisa a partir de sua produção. Quanto ao nível de pesquisa, seria do tipo **macrobibliométrica**, pois, considerando a classificação de van Raan (2003), observa dois campos de um país como um todo.

Visando analisar as relações entre a produção mineral e a produção científica brasileira em Geologia e Mineração e Processamento Mineral indexada na base de dados *Web of Science* quanto às palavras-chave e aos agradecimentos de financiamento serão coletados registros para: identificar as principais características da produção mineral brasileira; as instituições presentes nos agradecimentos de financiamento; as palavras-chave utilizadas pelos autores; identificar as empresas de mineração atuantes no mercado nacional que recebem agradecimento por

financiamento; e, por fim, a partir dos dados de valor de venda da produção mineral bruta e beneficiada, identificar as substâncias que são objeto de pesquisa científica.

O Quadro 1 demonstra a relação entre os indicadores, fonte e objetivos da pesquisa.

Quadro 1 – Indicadores, fonte dos dados e objetivos da pesquisa

Indicador	Fonte dos dados	Objetivos da pesquisa
Substância/minério	AMB: Produção Bruta e Produção Beneficiada Campos: Substância e Valor Venda (R\$)	a) identificar as principais características da produção mineral brasileira, por substâncias e empresas atuantes no mercado nacional
Principais empresas mineradoras	Valor Econômico: Ranking 1000 Empresas / Brasil Mineral: As maiores empresas do setor mineral Campos: Classificação / Posição no ranking	a) identificar as principais características da produção mineral brasileira, por substâncias e empresas atuantes no mercado nacional
Financiamento	Web of Science Campo: Financiamento WoS: FU	b) identificar as instituições presentes nos agradecimentos de financiamento e as categorias das principais fontes de financiamento da produção científica objeto da pesquisa;
Palavras-chave	Campo: Palavras-chave WoS: DE	c) identificar as palavras-chave utilizadas pelos autores e destacar as relativas à categoria substância mineral mais frequentemente empregadas na produção científica;
Financiamento	Campos: Financiamento filtrado por empresas / Posição nos rankings WoS: FU	d) identificar, a partir dos rankings das empresas de mineração atuantes no mercado nacional, as que recebem agradecimento por financiamento
Substância/minério	Campos: Palavras-chave da categoria substância WoS: DE; AMB: Substância	e) identificar, a partir dos dados de valor de venda da produção mineral bruta e beneficiada, as substâncias que são objeto de pesquisa científica

Fonte: elaborado pela autora.

Seguindo a tradição do PPGOM e PPGCIN, o estudo bibliométrico abrange todo o universo de pesquisa delimitado e limita-se a apresentar estatísticas descritivas de frequência. A respeito da comparação entre áreas e o setor produtivo, esta já foi realizada no âmbito do PPGCOM/UFRGS por Irizaga (2019), que analisou as relações entre a produção agropecuária e a produção científica disponível na base *Scopus*, comparando os produtos da agricultura e pecuária mais relevantes economicamente no país, apontados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), com a frequência das palavras-chave definidas pelos autores nos artigos científicos da amostra estudada.

Entretanto, neste estudo a opção escolhida foi a base *Web of Science* (WoS), tendo em vista a predominância de periódicos das áreas para as categorias em estudo, além de permitir analisar os dados sob a ótica de “áreas do conhecimento” previamente indexadas (CASTILHOS; CAREGNATO, 2022). Adicionalmente, a base conta com dados relativos às fontes de financiamento, ausentes em outras bases de dados, que serão úteis para identificar as aproximações entre a produção mineral e a bibliográfica em Geologia e Mineração.

Os dados categorizados da *WoS* serão comparados aos dados de produção bruta e beneficiada obtidos do Anuário Mineral Brasileiro, publicação periódica anual que remonta ao antigo DNPM. Disponibilizado desde 1972 aos interessados em informações minerais, apresenta informações sobre recursos, reservas, produção mineral bruta e beneficiada, organizadas por substância. A partir de 2001, com a implantação do RAL eletrônico, os dados foram coletados de forma mais abrangente e confiável. Atualmente, o Anuário está disponível em formato interativo, disponibilizado por meio do software *PowerBI* da *Microsoft* e em formato de dados abertos (ANM, 2021).¹⁷ Os dados de financiamento foram comparados aos rankings das Revistas Valor Econômico e Brasil Mineral, que listam as principais empresas dos setores pesquisados anualmente.

¹⁷ Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/producao-mineral>

3.2 Procedimentos de Pesquisa

Os procedimentos de pesquisa estão detalhados nesta seção, a partir da apresentação do corpus de pesquisa, da estratégia de busca e extração dos dados estudados e do tratamento e análise das informações apresentadas. Adicionalmente, esta seção apresenta as limitações conhecidas da pesquisa.

3.2.1 *Corpus* da pesquisa

O *corpus* de estudo é definido como todos os registros categorizados, na Coleção Principal da *Web of Science*, em Geologia e Mineração e Processamento Mineral relacionados ao país Brasil publicados até 31/12/2021. Categorias relacionadas, mas que não fazem parte do *core* da área, como agricultura, foram excluídas da expressão de busca para trazer apenas os artigos que realmente se referem ao contexto desejado e expresso nos objetivos da pesquisa. Ou seja, trata-se de um corpus intencional, selecionado através de critérios pré-definidos (FRAGOSO; RECUERO; AMARAL, 2012).

Importante ressaltar a estatística inferencial é utilizada em casos que se torna muito custoso ou demandaria tempo excessivo analisar toda a população, corpus ou universo de pesquisa (MARTINS, THEÓPHILO, 2009). Nesses casos, seleciona-se uma amostra para estimar as características de uma população ou universo de pesquisa. Considerando que o corpus da pesquisa é restrito e passível de análise nos softwares atuais no cronograma disponível, é possível compreender a totalidade do conjunto de dados definido sem a necessidade de seleção amostral, necessária quando o *corpus* é muito extenso e há impossibilidade de observar a totalidade das informações disponíveis. Adicionalmente, os dados desta pesquisa não devem ser extrapolados ou generalizados para outros contextos que não os definidos no recorte especificado no corpus.

3.2.2 Estratégia de busca e extração de dados

Duas estratégias de busca foram realizadas para obtenção dos dados na Coleção Principal da Web of Science; a primeira, para extrair as publicações apenas da área de Geologia, utilizou a expressão **WC=GEOLOGY NOT WC=AGRICULTURE AND CU=BRAZIL NOT PY=(2022)**. A segunda, visando obter os dados da área de Mineração e Processamento Mineral, utilizou a expressão **WC=MINING & MINERAL PROCESSING NOT WC=AGRICULTURE AND CU=BRAZIL NOT PY=(2022)**, visando obter um quadro ampliado de entendimento e coincidente aos dados de pesquisa mineral do AMB, que sempre se referem ao ano anterior.

Os dados referentes à agricultura foram filtrados desde a expressão de busca visando evitar a presença de informações da área, que, em testes realizados durante a primeira fase do estudo, geravam distorções nos resultados, com grande número de palavras-chave relacionadas, por exemplo, à cultura de milho, em nada relacionada aos tópicos objeto de estudo.

Os dados foram extraídos em lotes de 1.000 registros completos da base, utilizando, do menu exportar, a opção “arquivo delimitado por tabulação”. A base permite a extração de registros em grupos de 5.000 registros, mas apenas para informações de autor, título e fonte, sendo necessário adotar a estratégia de extração em lotes e posterior agrupamento das tabelas.

A consulta **WC=GEOLOGY NOT WC=AGRICULTURE AND CU=BRAZIL NOT PY=(2022)** gerou 1.210 resultados, extraídos em dois lotes; já a consulta **WC=MINING & MINERAL PROCESSING NOT WC=AGRICULTURE AND CU=BRAZIL NOT PY=(2022)** gerou 1.343 resultados, igualmente extraídos em dois lotes. Os dados foram carregados no *Microsoft Excel* utilizando a aba Dados, “Obter Dados”, “De Arquivo” e “Da Pasta”. A partir daí, o software apresenta a tela de carregamento e transformação de dados, em que foram utilizadas as opções de origem do arquivo Unicode (UTF-8) e delimitador a tabulação, gerando dois arquivos em formato xlsx: um com o conjunto de dados da consulta 1, *Geology*, e outro com a consulta 2, *Mining & Mineral Processing*.

Os dados referentes às empresas de mineração foram coletados das fontes Brasil Mineral e Valor Econômico; enquanto os dados da revista Valor Econômico puderam ser selecionados e carregados diretamente para o software *Microsoft Excel*,

os dados da revista Brasil Mineral precisaram ser digitados diretamente no mesmo software, dada a impossibilidade de extraí-los diretamente da fonte. Os dados da revista Brasil Mineral foram digitados exatamente como aparecem na fonte primária, mantendo apenas as informações das colunas “Ranking”, “Empresa”, “Produto” e “Valor da Produção”. Já com relação aos dados da Valor Econômico, foram utilizadas as colunas “Classificação 2021”, “Empresa”, “Setor de Atividade” e “Receita Líquida”. Considerando a classificação do **Anexo 1** – Classificação de minérios/substâncias em língua portuguesa, em que o petróleo é classificado juntamente com o carvão mineral em minerais energéticos, foram importadas também as informações a respeito das empresas de petróleo e gás.

Os dados do Anuário Mineral Brasileiro (AMB), Produção Bruta e Beneficiada foram coletados diretamente da fonte primária, os dados abertos¹⁸, em formato csv, e processados utilizando o software *Microsoft Excel*, carregados utilizando a aba Dados, “Obter Dados”, “De Arquivo” e “Da Pasta”. Posteriormente, o software apresenta a tela de carregamento e transformação de dados, em que foram utilizadas as opções de origem do arquivo Unicode (UTF-8) e delimitador a tabulação, gerando dois arquivos em formato xlsx: um com o conjunto de dados da consulta 1, *Produção Bruta*, e outro com a consulta 2, *Produção Beneficiada*. Do Anuário, foram coletadas as principais substâncias minerais brutas e beneficiadas extraídas no Brasil, categorizadas por valor da produção em reais (R\$), compreendendo todo o período disponibilizado nos arquivos até o momento da coleta, de 2010 a 2021.

3.2.3 Tratamento e análise dos dados

Os dados bibliográficos obtidos da WoS passaram por processamento, remoção de duplicatas, padronização de terminologias e categorização utilizando os softwares *Microsoft Excel*, *notepad++* e *VOSviewer*.

Os registros fora de escopo foram identificados através de filtragem da coluna “DT”, utilizando o Microsoft Excel. Quanto aos registros de *Geology*, foram excluídos 32 considerados fora de escopo: Book review (2), Correction (4), Discussion (2), Editorial Material (15), Letter (1), Note (8). Dos registros referentes a *Mining*, 34 foram excluídos: Correction (6), Discussion (1), Editorial Material (14), Item About an

¹⁸ Fonte: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/anuario-mineral-brasileiro-amb>

Individual (1), Note (9) e 3 duplicatas. Foram mantidos apenas os registros de trabalhos apresentados em eventos e artigos de periódicos.

Restaram 1309 registros referentes à *Mining*, dos quais 627 (47,9%) com informações de fonte de financiamento identificáveis e 1178 registros referentes a *Geology*, 676 (57,4 %) com informações de fonte de financiamento identificáveis. O conjunto dos dados apresentou informações do ano de 1974 a 2021. As informações de fonte de financiamento listadas no campo FU foram padronizadas manualmente: empresas de mineração, petróleo e gás foram padronizadas por grupo empresarial ou conglomerado econômico, como por exemplo as empresas Votorantim, Votorantim Metais (Nexa Resources) e Votorantim Cimentos foram agrupadas apenas por Votorantim; BG, BG Brasil, BG Group foram agrupadas por “BG Group”, e mantida em separada dos resultados para Shell, considerando que a aquisição deste grupo pela companhia Royal Dutch Shell ocorreu apenas em 2016.¹⁹

Adicionalmente, as fontes de financiamento foram categorizadas por até sete tipo de financiamento, em “nacional”, “nacional; empresarial”, “internacional”, “internacional; empresarial”; “misto”, “misto; empresarial” e “empresarial”, semelhante à categorização utilizada por Alvarez e Caregnato (2021), utilizando também o critério para financiamento empresarial de Morriilo e Álvarez-Bornstein (2018), em que empresas, associações e sindicatos empresariais foram considerados em um mesmo conjunto.

Os autores Alvarez e Caregnato (2021) identificaram os agradecimentos por financiamento com base na nacionalidade, e os autores Morriilo e Álvarez-Bornstein (2018) com base nos setores. Considerando os objetivos do presente estudo, a opção foi de simplificar a categorização dos dados, utilizando como estratégia identificar a nacionalidade e se pertence ou não a setor empresarial. Assim como em hematologia, em que Alvarez e Caregnato (2021) observaram o apoio empresarial e possíveis conflitos de interesse, nas áreas de Geologia e Mineração existe a possibilidade deste apoio ser expressivo e aderente ao objetivo de analisar as aproximações entre a produção mineral, realizada pela iniciativa privada, e a produção científica dos pesquisadores, indicando a necessidade de categorizar os financiamentos realizados por empresas.

¹⁹ Fonte: <https://www.usatoday.com/story/money/2016/02/15/royal-dutch-shell-bg-group/>

A categoria “nacional” foi utilizada para representar fontes em que continham apenas instituições brasileiras de fomento, como CAPES, CNPQ e FAPs. A “internacional” foi utilizada para representar fontes de financiamento exclusivamente provenientes de agências, instituições ou fundos internacionais, como por exemplo a *U. S. National Science Foundation* (NSF) e a *UK Research & Innovation* (UKRI). Já a categoria de financiamento “misto” refere-se à ocorrência de financiamento nacional e internacional para um mesmo registro; caso comum é o financiamento pela CAPES e a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) de Portugal. A categoria “empresarial”, por fim, foi utilizada para grupos empresariais, independentemente de sua nacionalidade, dada a complexidade para tratar conglomerados como a Vale, BG Group e BHP. Em um mesmo registro de agradecimento por financiamento é possível encontrar as combinações entre as categorias relacionadas à nacionalidade (nacional, internacional ou mista) e a setorial (empresarial), permitindo as sete combinações diferentes: “nacional”, “nacional; empresarial”, “internacional”, “internacional; empresarial”, “misto”, “misto; empresarial” e “empresarial”.

As palavras-chave de autor, extraídas do campo DE da WoS, foram tratadas manualmente e padronizadas, agrupando acrônimos, sinônimos e variações equivalentes. Posteriormente, foram categorizadas de forma simplificada, em “substâncias” e “outras categorias”, visando a comparação do conjunto de substâncias com as apresentadas no AMB de forma padronizada. Como as outras categorias diferem em mineração e geologia, e seu estudo não faz parte do objetivo desta pesquisa, então não foram discriminadas.

O software *VOSViewer* foi utilizado para a representação gráfica de palavras-chave e identificação de frequências, visando facilitar a compreensão dos resultados, utilizando a análise de coocorrência de palavras-chave de autor, com método de contagem total, utilizando arquivo de *thesaurus* previamente elaborado a partir do tratamento manual detalhado no parágrafo anterior.

Os dados do AMB foram tratados utilizando o software *Microsoft Excel*, com a geração de tabelas dinâmicas. Adicionalmente, foi necessário solicitar, via e-mail, à Agência Nacional de Mineração a tabela de correlação entre as substâncias, para melhor compreender os dados agrupados. Os dados foram disponibilizados por Medeiros (2022) e simplificados para as análises, tendo em vista que a lista de correlação das substâncias e categorias do AMB é extensiva, composta de 819

substâncias disponíveis no RAL. Por fim, todos os dados foram categorizados em tabelas dinâmicas utilizando o software *Microsoft Excel*, utilizado também para a geração de gráficos e tabelas.

A abordagem estatística descritiva empregada foi a análise simples de frequência de palavras-chave e fontes de financiamento, além de breve descrição das características da produção científica e mineral, realizadas a partir da análise do coeficiente de linearidade (R^2), também utilizado por Irizaga (2019) para análise da produção científica em ciências agrárias. Segundo a autora, quanto mais próximo de 1 o resultado, mais a tendência se aproximaria de um crescimento linear.

As palavras-chave e fontes de financiamento mais frequentes foram apresentados graficamente em tabelas, tanto as gerais quanto as específicas das categorias “empresarial” e “substâncias”.

A comparação entre os dados dos rankings das principais empresas representadas nas Revistas Brasil Mineral e Valor Econômico e as emergentes nos agradecimentos por financiamento disponíveis na *Web of Science* foi realizada a partir da verificação da presença (sim) ou ausência (não) em ambos os conjuntos de dados, tanto a partir dos rankings quanto a partir dos agradecimentos. A comparação entre os dados das palavras-chave relativas a substância/minérios e os dados de produção mineral bruta e beneficiada do Anuário Mineral Brasileiro também foi realizada a partir da verificação manual, termo a termo, em ambos os conjuntos de dados.

3.3 Limitações do estudo

A limitação inicial deste estudo já é expressa em seu título: o estudo é limitado a analisar o que se propõe, as relações entre a geologia e a mineração e processamento mineral do ponto de vista da produção científica e mineral a partir de uma base de dados, a *Web of Science*. Desde já, sugere-se que estudos posteriores abarquem outras fontes de informação para um panorama mais completo.

Outra limitação do estudo é inerente aos estudos métricos da informação. Santos e Kobashi (2009), ao apresentar conceitos e aplicações de Estudos Métricos, reforçam que “não se pode reduzir a atividade científica à produção, à circulação e ao consumo de artigos de periódicos e, muito menos, confundir o crescimento quantitativo de artigos com o desenvolvimento cognitivo da ciência.” (SANTOS;

KOBASHI, 2009, p. 159). Mesmo incluindo no estudo trabalhos publicados em eventos, este estudo não abrange literatura cinzenta, patentes, teses e dissertações e outros tipos de produção científica.

Importante destacar que, mesmo com limitações, o uso de estudos métricos para análises exploratórias em bases comerciais é numeroso, ainda que a cobertura indexada nas bases *WoS*, *Scopus* e *SciELO* represente apenas 40% do universo de periódicos mencionados na Plataforma Lattes por pesquisadores brasileiros (MUGNAINI et al, 2019). Adicionalmente, como já tratado, é importante destacar que a cobertura das bases de dados em relação à produção científica brasileira varia conforme as áreas do conhecimento: em pesquisa a respeito da cobertura de publicações científicas do Brasil na *WoS*, Melo e colaboradores (2021) identificaram que áreas duras como Física e Química têm percentual aproximado de 90% de publicações indexadas na *WoS*, e não teriam prejuízos em análises métricas; áreas intermediárias como Geociências e Engenharias II aparecem com mais de 60% de publicações indexadas e apresentam limites para fins de avaliação, tendo em vista que aproximadamente um terço das publicações não é visível nessas bases.

Com relação a análise de financiamento, existem limitações da própria análise e as específicas deste estudo. Com relação às limitações gerais, é possível citar as elencadas por Wang e Shapira (2011): o financiamento da pesquisa não necessariamente resulta em publicações científicas, pois pode ser utilizado para financiar equipamentos, instalações e outras necessidades acadêmicas; a análise pode subestimar os estudos aplicados ou não divulgados; e pesquisas podem ser mantidas em sigilo ou incorporadas a patentes, caso em que emergiriam em estudos patentométricos (WANG; SHAPIRA, 2011).

Especificamente quanto ao presente estudo, a análise não contemplou questões de autoria e coautoria, impedindo verificar se os financiamentos internacionais foram concedidos para autores estrangeiros ou se foram obtidos pelos próprios pesquisadores brasileiros. De toda forma, mesmo se fossem realizados estudos aprofundados de coautoria, os dados de financiamento da *WoS* não permitem, atualmente, associar as instituições financiadoras aos autores contemplados, como também observaram Alvarez e Caregnato (2021), dificultando conclusões a esse respeito.

Esta seção apresentou a metodologia da pesquisa, bibliométrica e descritiva, incluindo quadro demonstrativo dos indicadores e objetivos da pesquisa. Também foram apresentados os procedimentos de pesquisa, desde o corpus estudado, a estratégia de extração e o tratamento e análises aplicados aos dados coletados. Por fim, foram apresentadas as limitações da pesquisa.

A seção seguinte, elaborada a partir dos conceitos e critérios apresentados até aqui, apresenta os resultados da pesquisa realizada.

4 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa estão apresentados seguindo o atendimento aos objetivos específicos apresentados anteriormente, divididos em três seções: características da produção mineral brasileira; características da produção científica brasileira nas categorias geologia e mineração e processamento mineral; e, por fim, seção dedicada às relações entre a produção mineral e produção científica brasileiras sobre geologia e mineração e processamento mineral.

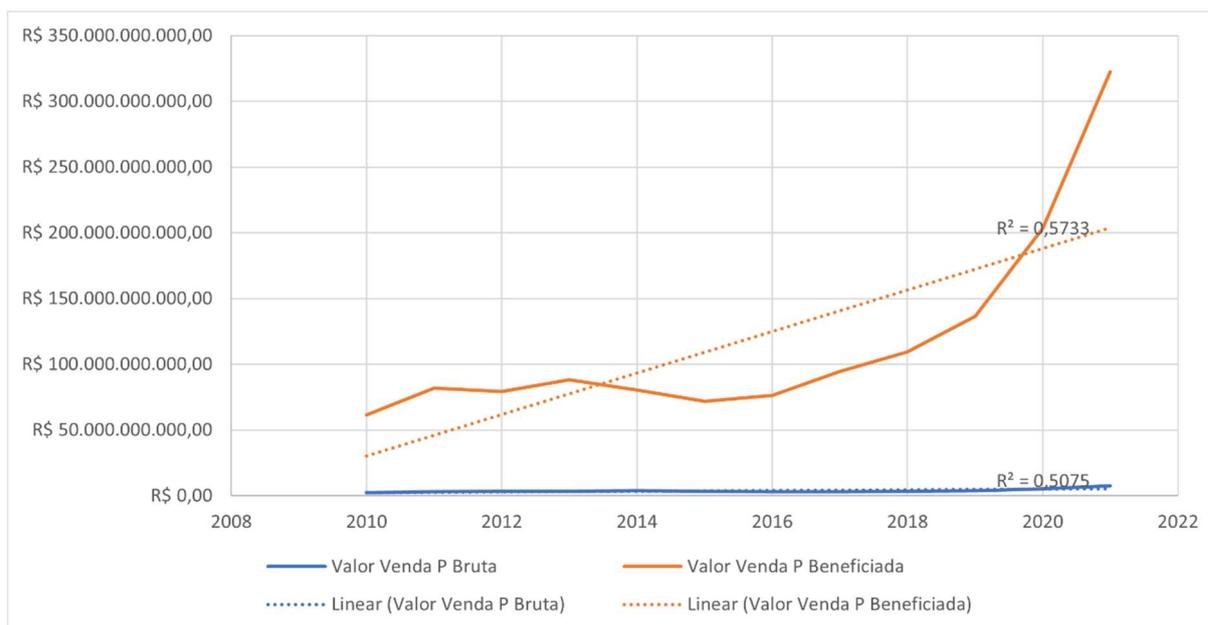
A seção inicial, a seguir, apresenta as características da produção mineral brasileira a partir de dados anuais de produção, principais empresas atuantes e principais substâncias mineradas no Brasil.

4.1 Características da produção mineral brasileira

A produção mineral brasileira, conforme Fernandes e colaboradores (2022), caracteriza-se, desde 1996, pela predominância de extração dos minerais metálicos, especialmente o minério de ferro, com participação de aproximadamente 70% da produção no período compreendido entre 1996 e 2019. Os autores, ao analisar o Anuário Mineral Brasileiro (AMB) por período de 36 anos, observaram um aumento anual em termos de produção comercializada, mas também de geração de rejeitos, observando que as jazidas estão ficando mais pobres em minérios (FERNANDES; *et al*, 2022).

Os dados do AMB disponíveis em dados abertos, de 2010 a 2021, apresentam um valor de Venda em (R\$) de Produção Bruta total no período de R\$ 46.398.592.220,05 (quarenta e seis bilhões e trezentos e noventa e oito milhões e quinhentos e noventa e dois mil e duzentos e vinte reais e cinco centavos), e de Produção Beneficiada de R\$ 1.405.600.180.616,34 (um trilhão e quatrocentos e cinco bilhões e seiscentos milhões e cento e oitenta mil e seiscentos e dezesseis reais e trinta centavos). A evolução da produção mineral brasileira no período pode ser observada no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Evolução da Produção Mineral Brasileira Bruta e Beneficiada por Valor de Venda (em R\$) – (2010 a 2022)



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados do AMB (2022).

O coeficiente de linearidade (R^2) de ambas as produções se encontra distante de um crescimento linear, ou seja, mais próximo da estabilidade. Este cenário de estabilidade é apontado também pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), que ainda aponta que em 2021 houve alta dos preços das commodities, impulsionando os resultados de produção beneficiada, fortemente puxados pelo minério de ferro, com participação de 73,7% no faturamento do setor no período (IBRAM, 2021).

Nota de conjuntura do IPEA também corrobora as informações, justificando que a pandemia de COVID-19 impactou de forma significativa, ao estimular a China a investir em infraestrutura para retomar o crescimento, gerando a escalada de preços observada. Mesmo com os desafios da pandemia e a recente tragédia de Brumadinho em 2019, foram mantidos os níveis de produção mineral demandados no país e no exterior (GÓES et al, 2022).

Em suma, é possível observar que a produção mineral nacional é fortemente relacionada ao minério de ferro, e mantém estabilidade ao longo dos últimos anos, mesmo considerando o impacto de desastres relacionados à atividade e a pandemia de COVID-19. Nas subseções seguintes serão apresentados os resultados da pesquisa realizada a respeito das características da produção mineral brasileira

especificamente quanto às principais empresas atuantes no mercado nacional e às principais substâncias mineradas.

4.1.1 Principais empresas mineradoras atuantes no Brasil

As principais empresas atuantes no segmento da mineração podem ser classificadas por diversos critérios: faturamento, quantidade de produção, valor de venda dos produtos, receita líquida, porte e muitos outros. As fontes utilizadas na presente pesquisa para considerar as maiores empresas mineradoras atuantes no Brasil utilizam diferentes critérios, até mesmo pela diferença de escopo dos rankings: enquanto a revista Valor Econômico abarca empresas de diversos segmentos, a Brasil Mineral enfoca apenas o setor mineral.

A revista Valor Econômico – utilizada por Silva Filho e colaboradores (2021) para analisar as ações de responsabilidade social no setor de metalurgia e mineração brasileiros – elenca, todos os anos, as 1000 maiores empresas do Brasil. O principal critério utilizado pela revista é a avaliação contábil financeira, que corresponde a 70% da avaliação, e 30% a práticas de ESG (boas práticas ambientais, sociais e de governança) (ALMEIDA, 2022).

O Quadro 2 apresenta as 30 empresas mais bem colocadas nos setores de petróleo e gás e mineração conforme o ranking da revista Valor Econômico, do ano de 2022.

Quadro 2 – Empresas de Petróleo, Gás e Mineração, conforme ranking da Revista Valor Econômico (2022)

Ranking geral 2021	Ranking Mineração, Petróleo e Gás	Empresa	Setor de Atividade	Receita líquida (em R\$ milhões)
1	1	Petrobras	Petróleo e Gás	R\$ 452.668,00
3	2	Vale	Mineração	R\$ 293.524,00
4	3	Raízen	Petróleo e Gás	R\$ 191.269,90
5	4	Vibra	Petróleo e Gás	R\$ 130.121,00
6	5	Cosan	Petróleo e Gás	R\$ 113.095,90
7	6	Ultrapar	Petróleo e Gás	R\$ 109.732,80
21	7	Shell	Petróleo e Gás	R\$ 48.317,00
66	8	Anglo American Minério de Ferro Brasil	Mineração	R\$ 17.620,30

75	9	Petrogal	Petróleo e Gás	R\$ 14.335,60
77	10	ALE Combustíveis	Petróleo e Gás	R\$ 14.166,10
78	11	Nexa Resources	Mineração	R\$ 14.140,00
89	12	CBMM	Mineração	R\$ 11.431,70
92	13	Refinaria de Mataripe	Petróleo e Gás	R\$ 11.234,30
94	14	Ananke Alumina	Mineração	R\$ 10.938,50
100	15	Copa Energia	Petróleo e Gás	R\$ 10.172,10
110	16	Samarco	Mineração	R\$ 8.898,60
114	17	Repsol Sinopec Brasil	Petróleo e Gás	R\$ 8.520,00
135	18	Larco	Petróleo e Gás	R\$ 7.217,50
182	19	TT Work	Petróleo e Gás	R\$ 5.491,20
184	20	Rodoil	Petróleo e Gás	R\$ 5.435,00
191	21	Petronas Brasil	Petróleo e Gás	R\$ 5.326,20
196	22	Kinross	Mineração	R\$ 5.159,50
221	23	CEG	Petróleo e Gás	R\$ 4.413,50
223	24	Potencial	Petróleo e Gás	R\$ 4.403,20
224	25	CMOC Brasil	Mineração	R\$ 4.400,90
225	26	PetroRio	Petróleo e Gás	R\$ 4.396,00
240	27	Equinor Brasil	Petróleo e Gás	R\$ 4.064,60
242	28	Petrobahia	Petróleo e Gás	R\$ 4.040,50
260	29	Anglo American Níquel Brasil	Mineração	R\$ 3.721,10
280	30	AngloGold	Mineração	R\$ 3.386,20

Fonte: elaborado pela autora a partir das informações da Valor 1000 (2022).

O ranking permite observar que as empresas dos setores de Petróleo e Gás e Mineração ocupam as primeiras posições: das dez maiores empresas do Brasil, uma é da área de Mineração e cinco de Petróleo e Gás. Importante destacar que a primeira colocada, a Petrobras, e a terceira, Vale, originaram-se como empresas estatais em governos de Getúlio Vargas. A Vale é oriunda da privatização da Companhia Vale do Rio Doce, fundada em 1942 e privatizada em 1997 (RUSSO, 2002). Já a Petrobras ainda é empresa de economia mista, fundada em 1953 com monopólio estatal para a produção do Petróleo. A criação da Petrobras gerou discórdias no Senado e Câmara entre setores que defendiam a participação privada e estrangeira e os que defendiam o monopólio estatal. No Senado, foi aprovada a criação e vetado o monopólio, que se manteve na Câmara (WESTIN, 2014).

A revista Brasil Mineral, tradicional revista de divulgação do setor, divulga “As maiores empresas do setor mineral” há 38 anos. Utiliza como critério para ordenar as empresas o valor da produção de minério, em ordem decrescente, pois considerar o volume da produção não reflete necessariamente o porte da empresa. Enquanto os produtores de agregados para construção civil produziram o dobro, em volume, do

minério de ferro, geraram 6 bilhões de reais, que, se comparados com os 235 bilhões de minério de ferro, representam um percentual pequeno da produção mineral brasileira (BRASIL MINERAL, 2022).

O Quadro 3 apresenta as 30 primeiras colocadas no ranking da revista Brasil Mineral no ano de 2022.

Quadro 3 – Empresas de Mineração conforme ranking da Revista Brasil Mineral (2022)

Ranking	Empresa	Produto	Valor da Produção (em R\$)
1	Vale S. A.	Minério de Ferro	R\$ 164.255.963.993,49
2	Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	Minério de Ferro	R\$ 20.004.211.531,69
3	Anglo American Minério de Ferro Brasil S. A.	Minério de Ferro	R\$ 19.098.758.377,08
4	CSN Mineração S. A.	Minério de Ferro	R\$ 18.578.566.815,77
5	Salobo Metais S. A.	Cobre e ouro	R\$ 7.949.261.276,65
6	Kinross Brasil Mineração S. A.	Ouro	R\$ 5.234.008.889,36
7	Mineração Usiminas S. A.	Minério de Ferro	R\$ 5.213.971.404,03
8	AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S. A.	Ouro	R\$ 3.624.297.560,48
9	Vallourec Tudos do Brasil LTDA	Minério de Ferro	R\$ 3.301.615.056,50
10	Mineração Maracá Indústria e Comércio S. A.	Cobre e ouro	R\$ 3.055.019.575,11
11	Mosaic Fertilizantes	Fosfato e potássio	R\$ 2.827.987.055,51
12	Mineração Caraíba S. A.	Cobre	R\$ 2.552.842.770,30
13	Mineração Paragominas S. A.	Bauxita	R\$ 2.293.645.586,45
14	Ferrous Resources do Brasil S. A.	Minério de Ferro	R\$ 2.166.719.690,05
15	Ferro + Mineração S. A.	Minério de Ferro	R\$ 2.113.268.635,36
16	Jacobina Mineração e Comércio Ltda (Yamana Gold)	Ouro	R\$ 1.742.233.262,79
17	Mineração Rio do Norte S. A.	Bauxita	R\$ 1.634.182.593,34
18	Itaminas/Ferromar Indústria e Comércio S. A.	Minério de Ferro	R\$ 1.596.484.031,57
19	Baovale Mineração S. A.	Minério de Ferro	R\$ 1.527.233.874,07
20	Extrativa Mineral S. A.	Minério de Ferro	R\$ 1.491.583.114,69
21	Mineração Corumbaense Reunida S. A.	Minério de Ferro	R\$ 1.443.703.840,88
22	Atlantic Nickel	Níquel	R\$ 1.374.096.655,57
23	Mineração Conemp LTDA	Minério de Ferro	R\$ 1.363.008.954,26
24	Mineração Aurizona S. A.	Ouro	R\$ 1.301.558.949,48
25	ArcelorMittal Brasil S. A.	Minério de Ferro	R\$ 1.086.314.141,29
26	Alcoa World Alumina Brasil LTDA	Bauxita	R\$ 1.061.479.114,12
27	Minerita Minérios Itaúna LTDA	Minério de Ferro	R\$ 943.820.785,59

28	Votorantim Cimentos S. A.	Calcário	R\$	891.975.718,64
29	Mineração Serra Grande S. A.	Ouro	R\$	886.717.230,17
30	Anglo American Níquel Brasil LTDA	Níquel	R\$	861.665.614,39

Fonte: elaborado pela autora a partir das informações da Brasil Mineral (2022)

O ranking da revista Brasil Mineral permite observar que as empresas melhor colocadas são as produtoras de minério de ferro, o que corrobora as informações de Fernandes e colaboradores (2022) a respeito do protagonismo do minério na produção mineral brasileira. Outros produtos que aparecem em destaque são ouro, cobre, fertilizantes e alumínio (bauxita).

Considerando que o escopo e objetivo dos rankings abrangem critérios de natureza diversa, naturalmente os resultados apresentam divergências. Em comum, é possível observar que a Vale é considerada a maior empresa brasileira no setor mineral, e que predominam nas listas de empresas de mineração as produtoras de minério de ferro e ouro, como Anglo American, Kinross e AngloGold. produtos já apontados anteriormente como principais minérios explorados no Brasil. A seção seguinte apresenta com mais detalhes as principais substâncias mineradas no Brasil.

4.1.2 Principais substâncias mineradas no Brasil

Assim como as principais empresas de mineração podem ser observadas sob diversos ângulos, as principais substâncias mineradas também podem ser observadas de mais de um ponto de vista. Os critérios disponíveis para análise podem ser tanto o volume de produção ou valor de venda; ainda, podem ser observadas as produções bruta ou beneficiada. O Anuário Mineral Brasileiro, uma das fontes dos dados da presente pesquisa, é disponibilizado por meio do formato de dados abertos, o que permite ao usuário da informação classificá-lo conforme a metodologia necessária ou adequada ao contexto observado.

Seguindo metodologia e entendimento semelhante ao adotado pela Revista Brasil Mineral (2022), a opção metodológica adotada foi a de ordenar os dados pelo valor de venda em reais (R\$) no período disponibilizado: de 2010 a 2021. Tanto a produção bruta quanto a beneficiada foram consideradas, para permitir um panorama mais abrangente.

A Tabela 1 apresenta a produção bruta por soma de valor de venda em R\$, no período de 2010 a 2021, coletada dos dados abertos do Anuário Mineral Brasileiro.

Tabela 1 – Produção Bruta de Substâncias Mineradas por Soma de Valor de Venda em R\$, no período de 2010 a 2021

Posição	Minério / Substância	Tradução	Minérios ou compostos associados	Soma de Valor Venda (R\$)
1	Areia	sand	sand; sandstone; quartz	R\$ 12.813.021.687,13
2	Rochas Ornamentais	ornamental stones	marble; granite; sandstone	R\$ 12.712.129.014,91
3	Ferro	iron	iron ore; iron; hematite; itabirite; limonite; iron oxide; goethite; magnetite; siderit; laterite	R\$ 6.656.503.237,53
4	Calcário	limestone	carbonatite; limestone; calcite; carbonate; dolomite; marble	R\$ 3.024.499.870,45
5	Argilas	clay	siltstone; attapulgite; bentonite; clay; argillite; kaolinite; phyllite; laterite	R\$ 2.582.867.624,98
6	Rochas (Britadas) e Cascalho	crushed stones	amphibolite; andesite; anortosite; basalt; calcite limestone; diabase; dolomite; gnaiss; granite; granulite; gravel; laterite; limestone; marble; migmatite; quartzite; sienite; sienitic gnaiss; silicosous lime; silicious gravel; siltstone; syenite; tonalite; tonalite pyroxenum; trachitus; trondjemite; yellow granite	R\$ 1.995.510.329,32
7	Saibro	gravel	gravel	R\$ 848.226.351,46
8	Rochas Ornamentais - Outras	ornamental stones	sandstone; saponito;	R\$ 699.458.630,98

			quartzite; marble; granite	
9	Geodos, Ágatas, Calcedônia, etc	agate, chalcedony	amethyst; agate; chalcedony; malachite	R\$ 632.574.497,38
10	Areias Industriais	industrial sands	sandstone; pegmatite; silicon ore; quartzite; quartz; silicon; silica	R\$ 612.993.100,09
11	Gipsita	gypsite	anhydrite; gypsum; plaster	R\$ 548.895.257,53
12	Talco e outras Cargas Minerais	talc	agalmatolite; pyrophyllite; phyllite; talc; saponite; schist	R\$ 464.179.904,14
13	Caulim	kaolin	white clay; kaolin; kaolinite	R\$ 441.976.219,74
14	Alumínio (Bauxita)	aluminium (bauxite)	aluminum; alunite; bauxite	R\$ 355.976.429,36
15	Feldspato, Leucita e Nefelina-Sienito	feldspar, leucite and nepheline- syenite	pegmatite; feldspar; leukite; syenite; nepheline	R\$ 267.507.665,89
16	Ouro	gold	iocg; itabirite; gold; gold ore; calaverite; sylvanite	R\$ 265.330.567,75
17	Gemas	gems, colored stones	azurite; marine water; amethyst; emerald; jasper; lapis lazuli; obsidian; onyx; opal; rose quartz; green quartz; ruby; sapphire; topaz; tourmaline; turquoise	R\$ 252.392.430,09
18	Dolomito e Magnesita	dolomite and magnesite	magnesium; dolomite; magnesite; marble	R\$ 185.252.932,00
19	Estanho	tin	tin; cassiterite	R\$ 178.619.717,56
20	Vermiculita e Perlita	vermiculite	pearlite; nontronite; vermiculite	R\$ 147.458.118,51
21	Manganês	manganese	manganese; manganite	R\$ 141.375.207,21
22	Zinco	zinc	calamine; willemite; zinc	R\$ 137.887.258,74
23	Fosfato	phosphate	apatite; phosphate; phosphorite	R\$ 111.217.441,87
24	Turfa	peat; turf	sapropelite; peat; asphaltite	R\$ 66.687.343,32
25	Bário	barium	barium; barite; witherite	R\$ 52.361.246,24

26	Nióbio	niobium	columbite; niobium; pyrochlore	R\$	33.126.521,39
27	Chumbo	lead	lead; galena; pyromorphite	R\$	27.192.281,15
28	Potássio	potassium	potassium salts; sylvinite	R\$	20.244.720,90
29	Titânio	titanium	ilmenite; titanium; rutile	R\$	18.161.501,11
30	Grafita	graphite	graphite	R\$	17.835.134,91
31	Mica	mica	biotite; mica; muscovite	R\$	13.969.857,54
32	Quartzo (Cristal) e outros Piezelétricos	quartz	quartz; pegmatite; silica	R\$	12.604.431,17
33	Cobre	copper	iocg; tennantite; copper ore; copper; chalcopyrit; cuprite; copper pyrit	R\$	11.764.560,54
34	Diamante	diamond	diamond	R\$	11.754.207,56
35	Níquel	nickel	nickel; nicolite	R\$	10.027.145,22
36	Carvão Mineral	coal	anthracite; coal; lignite	R\$	9.137.586,74
37	Diatomita	diatomite	diatomite; tripolith	R\$	8.484.950,27
38	Minerais Industriais (Outros)	industrial minerals	almandine; corundum; industrial grenade; industrial tourmaline	R\$	5.618.860,04
39	Lítio	lithium	lithium; petalite	R\$	1.476.665,76
40	Tântalo	tantalum	columbite; tantalite; tantalum	R\$	1.335.330,54
41	Berílio	beryllium	beryllium; phenacite; helvita	R\$	510.908,48
42	Cobalto	cobalt	cobalt; enamelite; linneite; saflorite	R\$	234.177,15
43	Sal	salt	salt; rock salt; halite	R\$	158.095,40
44	Tungstênio	tungstenium	tungsten; wolfram; wolframite	R\$	53.200,00
	Total Geral			R\$	46.398.592.220,05

Fonte: elaborado pela autora a partir de consulta ao AMB (2022), tabela de correlação de substâncias de Medeiros (2022) e tradução das substâncias em consulta às obras de referência Hanks (2001) e Freire (2011).

Os dados apresentados permitem observar que grande parte da produção mineral bruta trata de minérios de emprego imediato na construção civil, como areia e

areias industriais, argilas, rochas ornamentais e britadas. O minério de ferro também aparece com grande destaque, na terceira colocação.

A Tabela 2 apresenta a produção beneficiada por soma de valor de venda em R\$, no período de 2010 a 2021, coletada dos dados abertos do Anuário Mineral Brasileiro.

Tabela 2 – Produção Beneficiada de Substâncias Mineradas por Soma de Valor de Venda em R\$, no período de 2010 a 2021

Posição	Minério/Substância	Tradução	Minérios ou compostos correlacionados, traduzidos - inglês	Soma de Valor Venda (R\$)
1	Ferro	iron	iron ore; iron; hematite; itabirite; limonite; iron oxide; goethite; magnetite; siderit; laterite	R\$ 945.554.364.212,21
2	Ouro	gold	iocg; itabirite; gold; gold ore; calaverite; sylvanite	R\$ 115.278.106.737,77
3	Cobre	copper	iocg; tennantite; copper ore; copper; chalcopyrit; cuprite; copper pyrit	R\$ 93.373.642.510,59
4	Rochas (Britadas) e Cascalho	crushed stones	amphibolite; andesite; anortosite; basalt; calcite limestone; diabase; dolomite; gnaiss; granite; granulite; gravel; laterite; limestone; marble; migmatite; quartzite; sienite; sienitic gnaiss; silicosous lime; silicious gravel; siltstone; syenite; tonalite; tonalite pyroxenum; trachitus; trondjemit; yellow granite	R\$ 66.483.564.008,32
5	Alumínio (Bauxita)	bauxite	aluminum; alunite; bauxite	R\$ 36.719.377.726,77
6	Níquel	nickel	nickel; nicolite	R\$ 34.396.359.418,47
7	Calcário	limestone	carbonatite; limestone; calcite; carbonate; dolomite; marble	R\$ 25.597.112.875,81
8	Manganês	manganese	manganese; manganite	R\$ 12.388.565.611,14
9	Carvão Mineral	coal	anthracite; coal; lignite	R\$ 11.717.857.781,17
10	Caulim	kaolin	white clay; kaolin; kaolinite	R\$ 8.014.553.688,15
11	Dolomito e Magnesita	dolomite and magnesite	magnesium; dolomite; magnesite; marble	R\$ 7.941.937.648,21
12	Potássio	potassium	potassium salts; sylvinite	R\$ 5.896.348.967,35
13	Estanho	tin	tin; cassiterite	R\$ 4.995.374.231,40
14	Amianto	asbestos	anthophyllite; asbestos; chrysotile	R\$ 4.318.631.115,01

15	Areia	sand	sand; sandstone; quartz	R\$	4.138.439.232,86
16	Rochas Ornamentais	ornamental stones	marble; granite; sandstone	R\$	3.773.374.501,45
17	Areias Industriais	industrial sands	sandstone; pegmatite; silicon ore; quartzite; quartz; silicon; silica	R\$	3.768.173.196,60
18	Argilas	clay	siltstone; attapulgitite; bentonite; clay; argillite; kaolinite; phyllite; laterite	R\$	3.336.218.259,19
19	Grafita	graphite	graphite	R\$	2.774.821.127,98
20	Talco e outras Cargas Minerais	talc	agalmatolite; pyrophyllite; phyllite; talc; saponite; schist	R\$	2.314.635.890,94
21	Fosfato	phosphate	apatite; phosphate; phosphorite	R\$	1.744.921.853,04
22	Zinco	zinc	calamine; willemite; zinc columbite; tantalite;	R\$	1.273.310.206,24
23	Tântalo	tantalum	tantalum	R\$	988.515.627,60
24	Zircônio	zirconium	zirconium; zircon; zirconia	R\$	946.527.595,10
25	Diamante	diamond	diamond	R\$	943.608.285,61
26	Enxofre	sulphur	coal; mineral coal; sulfur; pyrite	R\$	916.419.672,28
27	Cromo	chromium	chrome; chromite; chromitite; cromium	R\$	684.845.047,79
28	Feldspato, Leucita e Nefelina-Sienito	feldspar, leukite, nepheline-syenite	pegmatite; feldspar; leukite; syenite; nepheline	R\$	667.319.593,23
29	Chumbo	lead	lead; galena; pyromorphite	R\$	620.297.851,70
30	Nióbio	niobium	columbite; niobium; pyrochlore	R\$	615.490.098,13
31	Titânio	titanium	ilmenite; titanium; rutile	R\$	611.929.552,60
32	Lítio	lithium	lithium; petalite	R\$	491.470.492,62
33	Vermiculita e Perlita	vermiculite and pearlite	pearlite; nontronite; vermiculite	R\$	468.207.712,47
34	Gipsita	gypsum	anhydrite; gypsum; plaster	R\$	463.680.032,56
35	Gemas	gems	azurite; marine water; amethyst; emerald; jasper; lapis lazuli; obsidian; onyx; opal; rose quartz; green quartz; ruby; sapphire; topaz; tourmaline; turquoise	R\$	421.663.363,95
36	Tungstênio	tungstenium	tungsten; wolfram; wolframite	R\$	271.471.432,20
37	Fluorita e Criolita	fluorite and cryolite	fluorine; fluorite; cryolite	R\$	257.304.804,58
38	Prata	silver	argenite; silver; sylvanite	R\$	139.349.647,56
39	Diatomita	diatomite	diatomite; tripolith	R\$	93.539.048,11
40	Saibro	gravel	gravel	R\$	43.648.684,75
41	Bário	barium	barium; barite; witherite	R\$	42.606.567,36

42	Minerais Industriais (Outros)	industrial minerals	almandine; corundum; industrial grenade; industrial tourmaline	R\$	34.754.669,27
43	Rochas Ornamentais - Outras	ornamental stones	sandstone; saponito; quartzite; marble; granite	R\$	25.876.417,88
44	Monazita e Terras-Raras	monazite and rare earth	gaoline; samarium; terbium; thulium; cerium; yttrium; xenothymous; monazite	R\$	21.901.516,86
45	Cianita e outros minerais refratários	kyanite	andalusite; kyanite; disthenium	R\$	15.287.882,72
46	Turfa	peat	sapropelite; peat; asphaltite	R\$	14.690.991,79
47	Quartzo (Cristal) e outros Piezelétricos	quartz	quartz; pegmatite; silica	R\$	64.674,80
48	Platina (Grupo da)	platinum	platinum; rhodium; osmium; iridium; ruthenium	R\$	18.552,16
	Total Geral			R\$	1.405.600.180.616,34

Fonte: elaborado pela autora a partir de consulta ao AMB (2022), tabela de correlação de substâncias de Medeiros (2022) e tradução das substâncias em consulta às obras de referência Hanks (2001) e Freire (2011).

A produção beneficiada evidencia novamente a forte presença do minério de ferro e do ouro como protagonistas da produção mineral brasileira, como apontado anteriormente e observado pelos autores citados (FERNANDES *et al*, 2022; GÓES *et al*, 2022; IBRAM, 2021).

A partir das informações do Anuário Mineral Brasileiro é possível observar que a produção mineral brasileira bruta se caracteriza por enfoque nos materiais de emprego direto para construção civil (areia, rochas ornamentais e britadas, argilas e ferro), enquanto a produção mineral brasileira beneficiada se destacam o minério de ferro e ouro. Já os dados dos rankings das revistas evidenciam forte produção mineral por parte de empresas como Vale, Anglo American, Kinross e AngloGold, que emergem em ambas as listas analisadas. A próxima seção apresenta as características da produção científica brasileira nas áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral a partir das categorias de mesmo nome disponíveis na *Web of Science*.

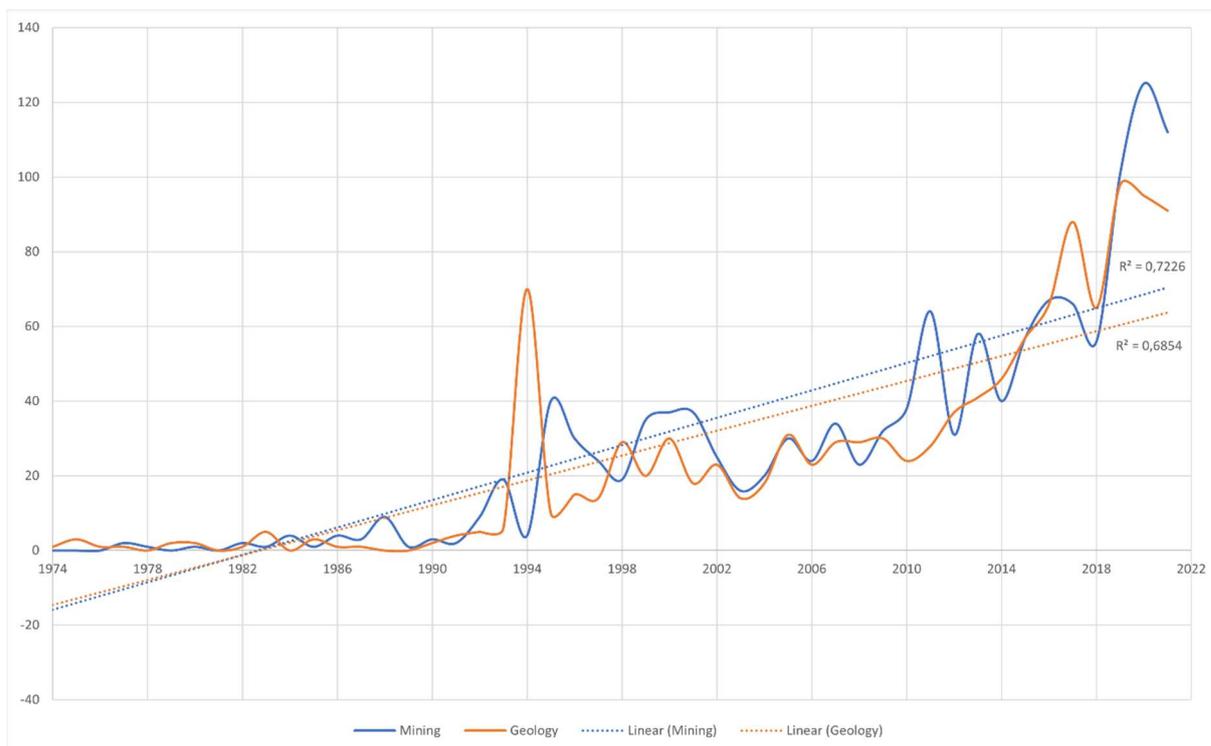
4.2 Características da produção científica brasileira nas categorias Geologia e Mineração e Processamento Mineral

A produção científica em Geologia e Geociências no Brasil foi avaliada anteriormente por Figueiredo (1972) e Ortiz (2009). Costa, Descovi Filho e Oliveira Junior (2020) analisaram recentemente a pesquisa brasileira na área de mineração.

Figueiredo apontava grande dispersão das publicações e tendência de crescimento da área de Geologia (FIGUEIREDO, 1972). Ortiz (2009) não avaliou o crescimento da produção na área de Geociências. Já Costa, Descovi Filho e Oliveira Junior (2020) observaram oscilações na produção científica em mineração no período de 1987 a 2017, com $r = 0,827$. Observaram um pico em 1995, atribuído a ampliação de bolsas de pesquisas e na melhoria da cobertura de periódicos. Nos anos de 2003 a 2014, observaram que o incremento de universidades federais, a democratização do acesso à pós-graduação e o aumento de auxílios colaboraram para o aumento da produção científica na área (COSTA; DESCOVI FILHO; OLIVEIRA JUNIOR, 2020).

Os dados da presente pesquisa, coletados a partir das áreas do conhecimento na *Web of Science*, denotam crescimento estabilizado da evolução da produção científica, como pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Evolução da produção científica brasileira em Geologia e Mineração e processamento Mineral representada na *Web of Science* (1974 a 2021)



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da *Web of Science*.

O coeficiente de linearidade (R^2) da produção científica representada na *WoS* na área de Geologia nos anos de 1974 a 2021 se apresenta irregular ($R^2=0,7226$), com pico em 1994, grande queda na segunda metade da década de 1990 e oscilações nos anos seguintes, com períodos de crescimento associados a quedas. Os movimentos podem ser explicados por questões político-econômicas envolvendo a oferta de bolsas acadêmicas e mesmo a pandemia de COVID-19, que pode ser a responsável pela queda nos anos 20/21.

Semelhante trajetória tem a pesquisa científica representada na *WoS* na área de Mineração e Processamento Mineral nos anos de 1974 a 2021, com irregularidade e mais distante da linearidade ($R^2=0,6854$). O mesmo pico observado por Costa, Descovi Filho e Oliveira Junior (2020) em um conjunto maior de bases de dados foi possível de observar nos dados provenientes da *WoS*. Perto dos anos 2010, houve aumento maior na pesquisa científica em mineração que em geologia, provavelmente em virtude do aumento do valor de commodities no período entre 2000 e 2011

(GONÇALVEZ, 2016). Os mesmos fatores político-econômicos podem ter influenciado as oscilações observadas em 2018 e a queda nos anos 20/21.

As demais características da produção científica brasileira sobre Geologia e Mineração e Processamento Mineral serão apresentadas nas subseções seguintes a partir das fontes de financiamento da pesquisa e palavras-chave atribuídas pelos autores.

4.2.1 Fontes de financiamento da pesquisa em Geologia e Mineração e Processamento Mineral

As fontes de financiamento da pesquisa em Geologia e Mineração e Processamento Mineral expressa na *WoS* foram analisadas a partir de categorias de financiamento previamente estabelecidas. Conforme explicitado na metodologia, as fontes de financiamento identificadas nas áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral da *Web of Science* foram categorizadas por tipo de financiamento em “nacional”, “nacional; empresarial”, “internacional”, “internacional; empresarial”; “misto”, “misto; empresarial” e “empresarial”, semelhante à categorização utilizada por Alvarez e Caregnato (2021), utilizando adicionalmente o critério para financiamento empresarial de Morriolo e Álvarez-Bornstein (2018), em que empresas, associações e sindicatos empresariais foram associados a uma mesma categoria. Também foram elencados os principais financiadores e destacadas as principais empresas financiadoras para ambas as áreas observadas.

Nos dados referentes à área de Geologia coletados na *WoS*, 676 registros de um total de 1178 continham informação de financiamento, ou 57,38%. Desses 676, muitos mencionaram mais de uma fonte, totalizando 1693 ocorrências de financiamento. Os resultados se aproximam dos de Costas e van Leeuwen (2012), que apontaram que nas ciências naturais, incluindo as Geociências, mais de 50% das publicações apresentam informações de financiamento.

Já os dados referentes à área de Mineração e Processamento Mineral coletados na *WoS*, de um total de 1309 registros, 627 apresentam informação de financiamento (47,89%). Dos 627 registros, diversos continham mais de uma fonte, totalizando 1584 ocorrências de financiamento. Os resultados também se aproximam dos de Costas e van Leeuwen (2012), tendo em vista que os autores observaram,

para as disciplinas relacionadas às engenharias, informações de agradecimento em entre 20 e 50% das publicações.

Na área de Geologia foi possível observar a predominância do financiamento exclusivo nacional, com 45,71% dos registros, seguido do financiamento internacional exclusivo, com 18,34% das ocorrências. O financiamento misto esteve presente em 15,53% dos registros e o nacional e empresarial em 13,31%. A **Tabela 3** apresenta os dados detalhados com relação às categorias de financiamento em Geologia.

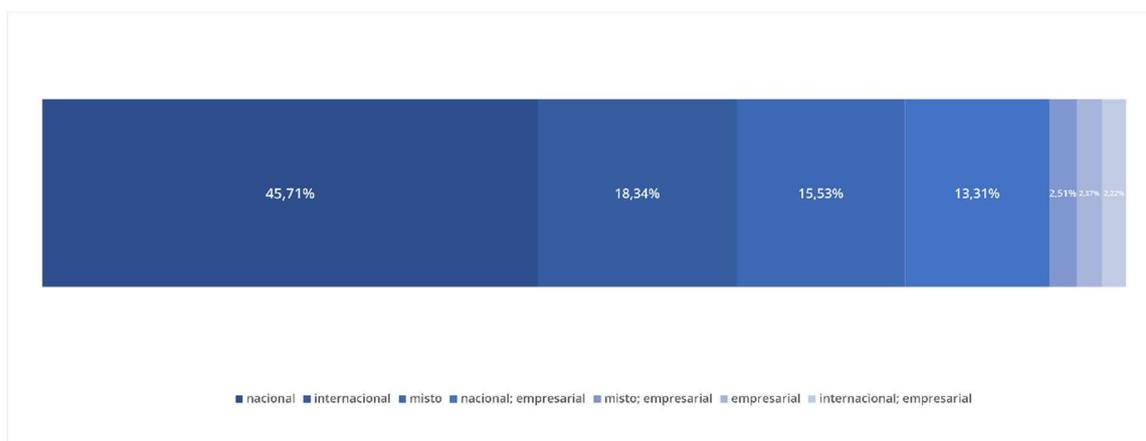
Tabela 3 – Distribuição de agradecimentos por financiamento da Área de Geologia em Categorias

Categorias	Freq.	%
nacional	309	45,71%
internacional	124	18,34%
misto	105	15,53%
nacional; empresarial	90	13,31%
misto; empresarial	17	2,51%
empresarial	16	2,37%
internacional; empresarial	15	2,22%
Total	676	100,00%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

O **Gráfico 3** representa de forma visual os dados encontrados, destacando em ordem decrescente a distribuição das categorias de financiamento da pesquisa em Geologia representada na WoS.

Gráfico 3 – Distribuição dos Agradecimentos por financiamento da Área de Geologia em Categorias



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

Agrupando as categorias nacional e nacional e empresarial o resultado é de 59,02% de representação nacional e/ou nacional e empresarial de financiamento, resultado próximo ao encontrado nos dados de Alvarez e Caregnato (2021), que não consideraram separadamente o financiamento empresarial, de 61,9%.

Já na área de Mineração e Processamento Mineral o financiamento nacional e nacional e empresarial foram predominantes, com, respectivamente, 55,34% e 18,18% das ocorrências. O financiamento misto pode ser observado em 8,93% dos registros observados, o internacional exclusivo em 7,34% e o empresarial exclusivo em 6,70%. A **Tabela 4** apresenta os dados detalhados das categorias de fontes de financiamento dos registros coletados da *WoS* na área de Mineração e Processamento Mineral.

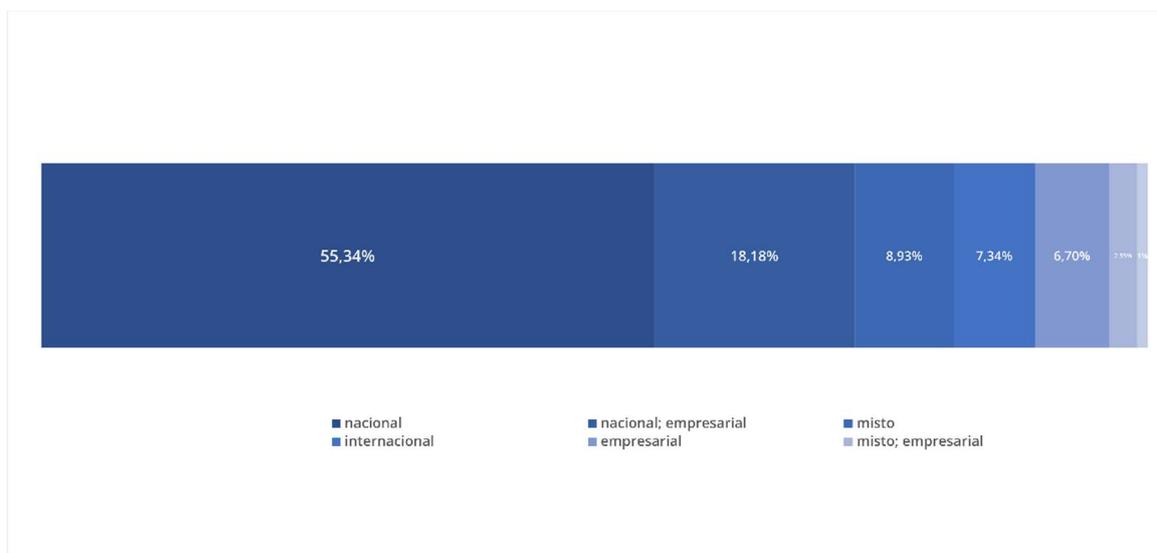
Tabela 4 – Distribuição de agradecimentos por financiamento da Área de Mineração e Processamento Mineral em Categorias

Categorias	Freq.	%
nacional	347	55,34%
nacional; empresarial	114	18,18%
misto	56	8,93%
internacional	46	7,34%
empresarial	42	6,70%
misto; empresarial	16	2,55%
internacional; empresarial	6	0,96%
Total	627	100,00%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na *WoS*.

O Gráfico 4 representa de forma visual os dados encontrados, destacando em ordem decrescente a distribuição das categorias de financiamento da pesquisa em Geologia representada na *WoS*.

Gráfico 4 – Distribuição dos Agradecimentos por financiamento da Área de Mineração e Processamento Mineral em Categorias



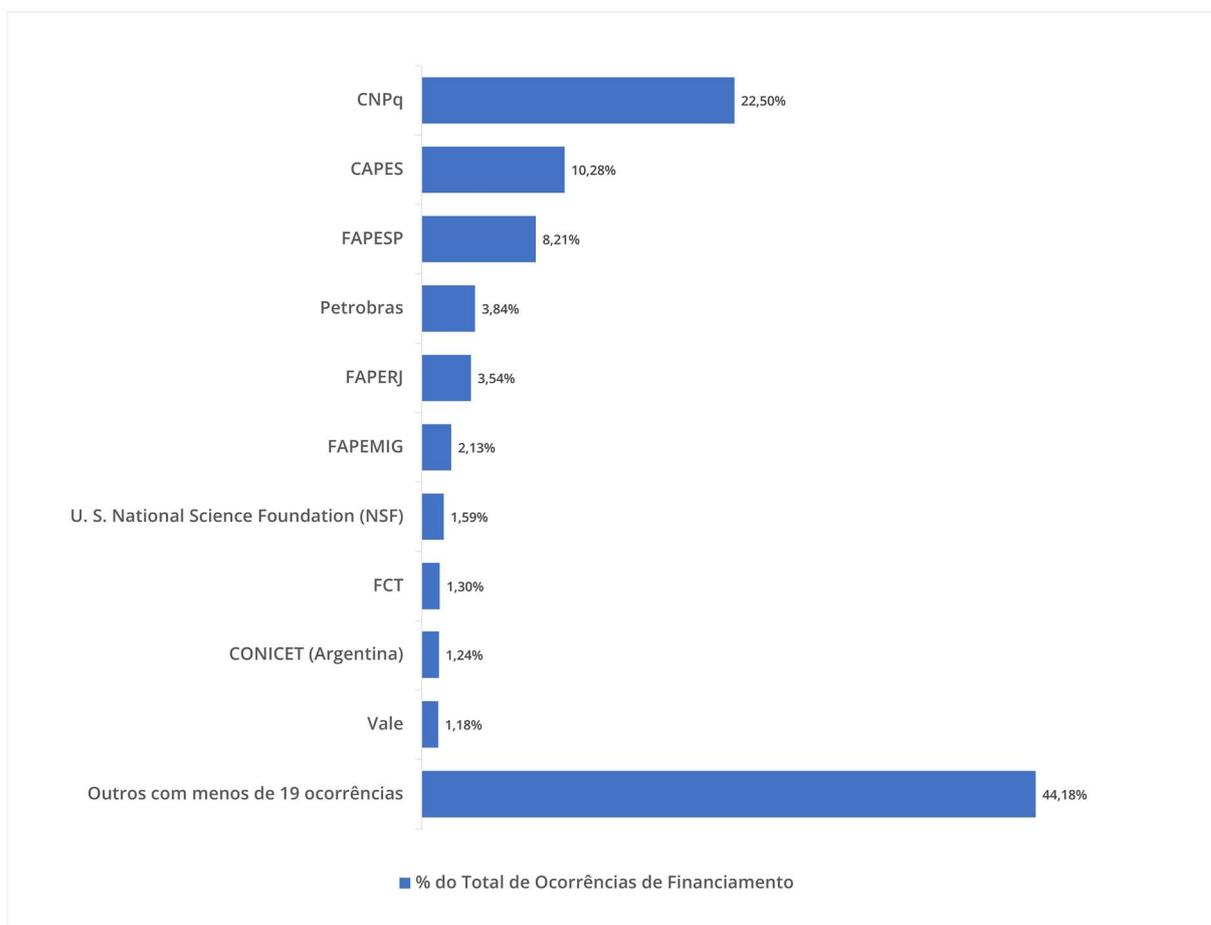
Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

Agrupando as categorias nacional e nacional e empresarial o resultado é de 73,52% de representação nacional e/ou nacional e empresarial de financiamento, portanto superior ao encontrado nos dados de Alvarez e Caregnato (2021), que não consideraram separadamente o financiamento empresarial, de 61,9%. A tendência de expressiva predominância do financiamento nacional sobre outras modalidades foi, de toda forma, observada nos resultados da presente pesquisa, nas duas áreas analisadas.

Quanto aos principais financiadores, os dados tanto para Geologia quanto para Mineração e Processamento Mineral demonstram a importância do CNPq, CAPES e Fundações de Apoio à Pesquisa estaduais para o desenvolvimento da ciência.

O Gráfico 5 apresenta os principais financiadores na área de Geologia, em que é possível observar que 22,50% dos agradecimentos por financiamento são feitos ao CNPq, 10,28% para a CAPES e 8,21% para a FAPESP.

Gráfico 5 – Principais Financiadores da pesquisa científica brasileira na Área de Geologia, segundo dados de agradecimento por financiamento, representada na Web of Science (1974 a 2021)

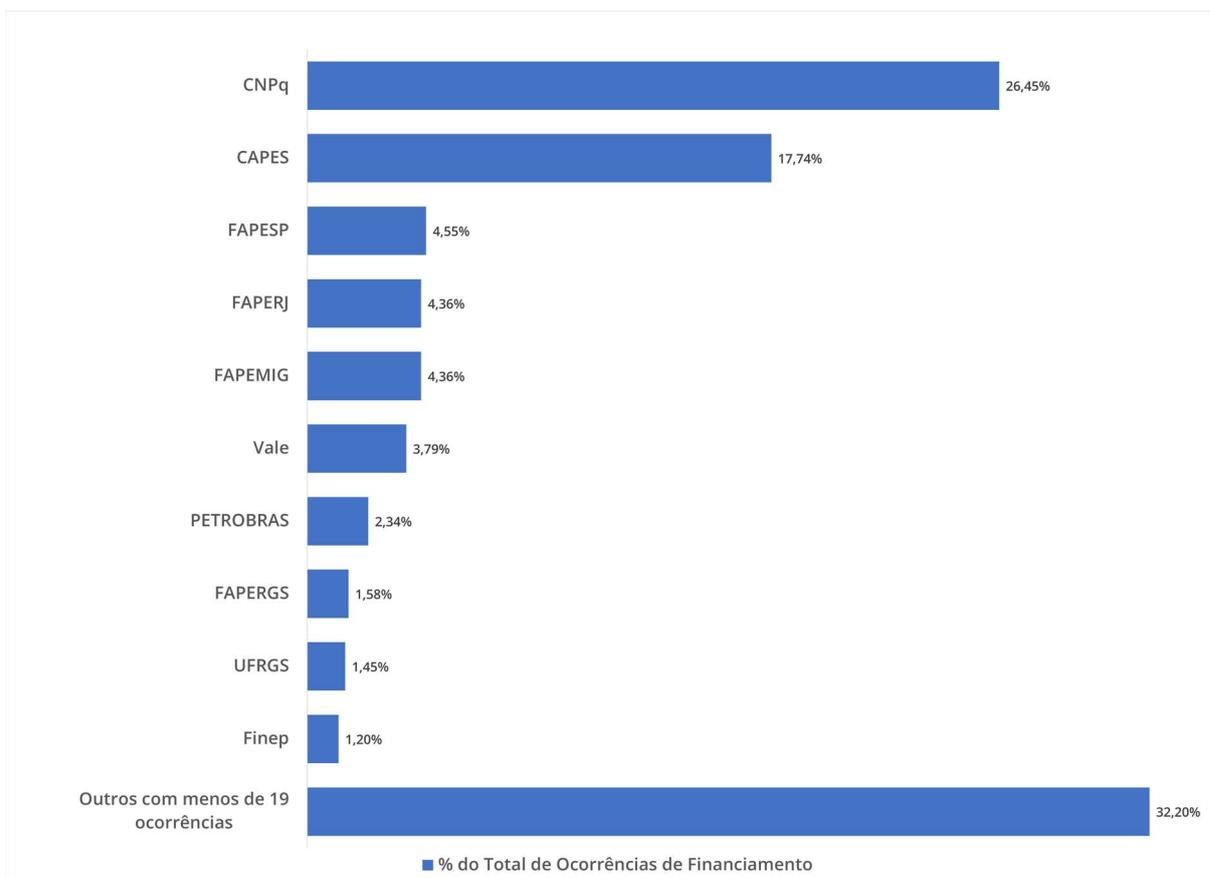


Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

A Petrobras foi mencionada em 3,84% das ocorrências e a Vale em 1,18%. Grande parte dos financiadores recebeu menos de 19 ocorrências, ficando com menos de 1% do total cada um e juntos representando 44,18% das menções.

O Gráfico 6 traz os financiadores na área de Mineração e Processamento Mineral, em que é possível observar o CNPq com a maior concentração de agradecimentos (26,45% das ocorrências), juntamente com a CAPES, com 17,74%. A FAPESP acumula 4,55% das menções, e a FAPERJ e a FAPEMIG aparecem com 4,36%.

Gráfico 6 – Principais Financiadores da pesquisa científica brasileira na Área de Mineração, segundo dados de agradecimento por financiamento, representada na Web of Science (1974 a 2021)



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

A Vale foi mencionada em 3,79% das ocorrências e a Petrobras em 2,34%. Outros financiadores com menos de 19 ocorrências que, individualmente, somaram menos de 1% das ocorrências, somaram 32,20% conjuntamente. Os dados encontrados, em ambas as áreas, se assemelham aos resultados de Alvarez e Caregnato (2021), que observaram a predominância dos agradecimentos de financiamento às agências de fomento federais CNPq, CAPES e FAPs.

Outro recorte relacionado ao financiamento realizado neste estudo foi feito com relação às empresas que financiam as pesquisas em Geologia e Mineração e Processamento Mineral representadas na *Web of Science*. Em ambas as áreas, a Vale e a Petrobras aparecem como as empresas que mais financiam pesquisas.

Na área de Geologia, a Petrobras (petróleo) aparece com a maior contagem de ocorrências de financiamento empresarial, 37,14%. A Vale (mineração) aparece com 11,43% e a Shell (petróleo), com 8,57%, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Principais Financiadores Empresariais da pesquisa científica brasileira na Área de Geologia, segundo dados de agradecimento por financiamento, representada na *Web of Science* (1974 a 2021) ($f \geq 2$)

Ranking	Empresa	Freq.	%
1	Petrobras	65	37,14%
2	Vale	20	11,43%
3	Shell	15	8,57%
4	Votorantim	6	3,43%
5	AngloGold Ashanti (AGA)	5	2,86%
5	Chevron	5	2,86%
6	BG Group	4	2,29%
7	Total	3	1,71%
7	ENI EP	3	1,71%
7	ConocoPhillips	3	1,71%
8	BP	2	1,14%
8	Yamana Gold	2	1,14%
8	BHP Billiton	2	1,14%
8	Anglo American	2	1,14%
	Outros com menos de 2 ocorrências	38	21,71%
	Total financiadores empresariais	175	100%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

A Votorantim (mineração) aparece na 4ª posição, com 3,43% das ocorrências, enquanto a AngloGold (mineração) e a Chevron (petróleo) detêm 2,86% das ocorrências.

Já na área de Mineração e Processamento Mineral, a Vale (mineração) aparece com 30% das ocorrências de agradecimento por financiamento da pesquisa, e a Petrobras (petróleo), 18,5%. A Tabela 6 detalha os principais financiadores empresariais na área, coletados da WoS.

Tabela 6 – Principais Financiadores Empresariais da pesquisa científica brasileira na Área de Mineração, segundo dados de agradecimento por financiamento, representada na *Web of Science* (1974 a 2021) ($f \geq 2$)

Ranking	Empresa	Freq.	%
1	Vale	60	30,0%
2	PETROBRAS	37	18,5%
3	AMIRA	7	3,5%
3	AngloGold Ashanti (AGA)	7	3,5%
4	Shell	6	3,0%
5	Samarco	5	2,5%
5	Anglo American	5	2,5%

6	Outotec	3	1,5%
6	Clariant	3	1,5%
6	Yamana Gold	3	1,5%
7	Norsk-Hydro	2	1,0%
7	Beneficiamento de Minerios Rio Claro Ltda	2	1,0%
7	Votorantim	2	1,0%
7	CBA	2	1,0%
7	Mineracao Santa Luzia Ltda	2	1,0%
7	DEM Solutions	2	1,0%
7	Banco Santander	2	1,0%
7	Diversified Asset Holdings Pty	2	1,0%
7	TECNORTE/FENORTE	2	1,0%
	Outros com menos de 2 ocorrências	46	23,0%
	Total financiadores empresariais	200	100,0%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

A terceira colocação do ranking conta com as empresas de mineração AMIRA e AngloGold, com 3,5% das ocorrências; a Shell (petróleo) aparece com 3% e a Samarco e Anglo American com 2,5%. Os resultados permitem observar a predominância das maiores empresas do setor de Petróleo e Mineração no financiamento da pesquisa científica, mas ainda com pouca expressividade se comparado ao financiamento nacional governamental.

Esta seção apresentou as características da produção científica nas categorias Geologia e Processamento Mineral quanto aos agradecimentos por financiamento. Foi possível observar a predominância do financiamento nacional sobre outras modalidades nas duas áreas analisadas. Quanto aos principais financiadores, os dados tanto para Geologia quanto para Mineração e Processamento Mineral demonstram a importância do CNPq, CAPES e Fundações de Apoio à Pesquisa estaduais para o desenvolvimento da ciência, com a presença de agradecimentos a empresas como Vale e Petrobras.

A seção seguinte apresenta as principais palavras-chave utilizadas pelos autores para caracterizar a pesquisa brasileira em Geologia e Mineração e Processamento Mineral presente na *Web of Science*.

4.2.2 Palavras-chave das áreas Geologia e Mineração e Processamento Mineral

As palavras-chave da produção das áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral disponíveis na WoS foram analisadas a partir de *clusters*

itens, em verde, apresenta diversos termos relacionados a fósseis, como *carchardontosauria*, *crocodyliforms*, *megaraptora* e *saurogota*. O termo de maior destaque é *upper cretaceous*. O cluster nº 3, com 29 itens dispersos, em azul, apresenta como palavras mais destacadas *diagenesis*, *carbonate*, *travertine* e *stratigraphy*. O cluster nº 4 contém 27 termos. Exibido na cor abacate, apresenta como em destaque expressões como *parana basin* (Bacia do Paraná), *gondwana*, *provenance* e *u-pb geochronology*.

Já o cluster nº 5, contendo 25 itens e apresentado na cor roxa, tem como principais termos *iron ore* (minério de ferro), *carajás*, *caves* (cavernas), *geochronology* (geocronologia), *hematite* e *rare earth* (terras raras). O cluster nº 6, com 22 itens, visível na cor azul claro, apresenta expressões como *cretaceous*, *albian*, *South America*, *clay*, *coal* e *sandstone*. O cluster nº 7, em laranja, é composto de 21 palavras-chave, destacando-se *paleobiogeography*, *biostratigraphy* e *early cretaceous*. O cluster nº 8, contendo 19 itens, é exibido na cor marrom, com destaque para as palavras-chave *cambrian*, *impacts* e *depositional architecture*.

O cluster nº 9 apresenta 19 itens exibidos na cor rosa, com termos como *aptian*, *lower cretaceous*, *taxonomy* e *crato formation*. O cluster nº 10, apresentado em salmão, contém 11 palavras-chave, das quais é possível destacar *holocene*, *bivalves* e *ground penetrating radar (gpr)*. Por fim, o cluster 11, o menor da área de Geologia, porém com maior quantidade de ocorrências, apresenta 7 itens exibidos na cor verde claro, dos quais se destacam o termo *Brazil*, ligado a diversos outros clusters, e Césio 137, *runoff* e *soil erosion*.

Nos *clusters* da Área de Geologia podemos observar a presença das categorias de Bolacha (2008) – configurações, substâncias, tempo e espaço – relacionando-se tanto internamente, como no cluster 1, em que substâncias minerais relacionam-se com substâncias da categoria tempo, quanto externamente, como no cluster 11, em que a categoria espaço, predominante, relaciona-se aos demais clusters analisados.

A Tabela 7 apresenta o ranking das principais palavras-chave, até a décima posição, ordenadas por frequência, conforme extraídas da *Web of Science*.

Tabela 7 – Ranking das palavras-chave até a décima posição da Área de Geologia representadas na *Web of Science* ordenadas por frequência (1974 a 2021)

Ranking	Palavras-chave (DE)	Freq.	%
1	brazil	91	2,32%
2	cretaceous	45	1,15%
3	gold	32	0,81%
4	geochemistry	22	0,56%
4	upper cretaceous	22	0,56%
5	u-pb geochronology	20	0,51%
6	geochronology	18	0,46%
6	lower cretaceous	18	0,46%
7	fluid inclusion	17	0,43%
8	iocg	16	0,41%
8	iron ore	16	0,41%
8	cuadrilatero ferrifero	16	0,41%
9	argentina	15	0,38%
10	bauru group	14	0,36%
10	carajas	14	0,36%
10	hydrothermal alterations	14	0,36%
10	parana basin	14	0,36%
10	provenance	14	0,36%
	Outras palavras-chave com 13 ocorrências ou menos	3509	89,36%
	Total de ocorrências	3927	100,00%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

Os dados permitem observar que o termo com maior ocorrência, *brazil*, é relacionado à categoria localização de Pletsch (2012), ou espaço, de Bolacha (2008). A segunda, quarta e sexta posição do ranking de palavras-chave é ocupada por termos relacionados ao tempo por ambas as autoras: *cretaceous*, *upper cretaceous* e *lower cretaceous*. A categoria substância / minério aparece na terceira e oitava colocações, com os termos *gold* (ouro), *iocg* (sigla de *iron oxide copper gold*, utilizada para depósitos de óxido de ferro, cobre e ouro)²⁰ e *iron ore* (minério de ferro).

Em análise do conjunto das palavras-chave com três ocorrências ou mais, as classificadas como substância representam 10,97% das ocorrências de Geologia, como pode ser observado na Tabela 8.

²⁰ Fonte: GARCIA, Victor Botelho Perez. A raiz do sistema IOCG de Carajás: alterações hidrotermais e mineralização níquelífera neoarqueana no depósito GT-34. 2018. v, 80 f., il. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

Tabela 8 – Distribuição de palavras-chave da Área de Geologia em Categorias ($f \geq 3$)

Categoria	Freq.	%
outra	1404	89,03%
substância	173	10,97%
Total (palavras-chave $f \geq 3$)	1577	100,00%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

A Tabela 9 apresenta o recorte com o ranking das ocorrências das substâncias mais frequentes nas palavras-chave da área de Geologia coletadas da WoS.

Tabela 9 – Ranking de palavras-chave da categoria substância/minério da Área de Geologia representadas na *Web of Science* ordenadas por frequência (1974 a 2021) ($f \geq 3$)

Ranking	Palavras-chave (Substância/Minério)	Freq.	%
1	gold	32	18,50%
2	iocg	16	9,25%
2	iron ore	16	9,25%
3	carbonate	9	5,20%
4	granite	8	4,62%
5	copper	7	4,05%
5	magnetite	7	4,05%
5	sandstone	7	4,05%
6	zircon	6	3,47%
7	basalt	5	2,89%
7	coal	5	2,89%
7	hematite	5	2,89%
7	quartz	5	2,89%
8	clay	4	2,31%
8	copper; gold	4	2,31%
8	dolomite	4	2,31%
8	heavy minerals	4	2,31%
8	pyrite	4	2,31%
8	rare earth	4	2,31%
9	caesium-137	3	1,73%
9	carbonatite	3	1,73%
9	gold; quartz	3	1,73%
9	itabirite	3	1,73%
9	manganese	3	1,73%
9	phosphorite	3	1,73%
9	zinc	3	1,73%
	Total (palavras-chave substâncias/minério $f \geq 3$)	173	100%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

quartz. O termo de maior destaque do cluster é *iron ore* (minério de ferro). O cluster nº 2, com 26 itens, em verde, apresenta termos como *banded iron formation* (formações ferríferas bandadas), *fluid inclusions*, *quadrilátero ferrífero*, *manganese* e *brazil*. O termo de maior destaque no cluster é *gold* (ouro), seguido de *brazil*. O cluster nº 3, também com 26 palavras-chave, destacado em azul, apresenta termos como *apatite*, *flocculaton*, *wasteprocessing* e *environment*. O termo de maior destaque é *flotation*. O cluster nº 4 é formado por 23 itens apresentados na cor abacate, tendo como principais termos *mineral processing*, *ore mineralogy*, *recycling*, *granite* e *gravity concentration*.

O cluster nº 5, por sua vez, contém 20 itens dispersos exibidos na cor roxa, com destaque para *clay*, *bentonite*, *calcination* e *sedimentation*. O cluster nº 6 é composto por 19 palavras-chave, na cor azul piscina, das quais se destacam os termos *coal* (carvão), *acid mine drainage* (drenagem ácida de mina), *water reuse* e *pyrite*. O cluster nº 7, laranja, também contém 19 itens, dos quais é possível destacar os termos *bauxite*, *x-ray diffraction*, *kaolinite* e *monazite*. O cluster nº 8, na cor marrom, contém 17 palavras-chave, sendo as principais *adsorption*, *bioflotation*, *biosorption*, *cadmium*, *calcite* e *zinc*.

O cluster nº 9, com 15 termos apresentados na cor rosa, tem como destaque as palavras-chave *ground water*, *ground penetrating radar (gpr)*, *gravitiy* e *parana basin* (Bacia do Paraná). O cluster nº 10, em salmão, contém 13 palavras-chave, das quais é possível destacar *carajas*, *iocg*, *chromite*, *copper* e *magnetite*. O cluster nº 11, também composto por 13 termos representados na cor verde claro, apresenta em destaque as palavras-chave *froth flotation*, *flotaion reagents*, *sulphide ores* e *phosphate*. Por fim, o cluster nº 12 é composto por 11 termos apresentados em azul claro, dos quais se destacam *nickel*, *hydrometallurgy* e *leaching*.

Os clusters da Área de Mineração e Processamento Mineral apresentam-se relacionadas a minérios e as etapas descritas por Ferreira (2008), como por exemplo no cluster 1, em que o minério hematita aparece relacionado aos termos planejamento de mina, relacionado à etapa de exploração, e o termo cominuição, relacionado ao processamento de minérios.

A Tabela 10 apresenta o ranking das principais palavras-chave na categoria Mineração e Processamento Mineral da WoS, até a 10ª posição.

Tabela 10 – Ranking de palavras-chave até a décima posição da Área de Mineração e Processamento Mineral representadas na *Web of Science* ordenadas por frequência (1974 a 2021)

Ranking	Palavras-chave (DE)	Freq.	%
1	iron ore	73	1,63%
2	flotation	68	1,52%
3	gold	62	1,39%
4	environment	39	0,87%
5	brazil	37	0,83%
6	froth flotation	36	0,81%
7	acid mine drainage	30	0,67%
8	modelling	26	0,58%
9	carajas	25	0,56%
9	recycling	25	0,56%
10	flotation reagents	24	0,54%
10	mineral processing	24	0,54%
	Outras palavras-chave com 23 ocorrências ou menos	3997	89,50%
	Total de ocorrências	4466	100,00%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na *WoS*.

Ao analisar os dados é possível observar que a primeira e a terceira colocação são ocupadas por minérios (de ferro e ouro, respectivamente). Os termos *flotation* (2º), *froth flotation* (6º), *flotation reagents* (10ª) e *mineral processing* (10ª), com grande frequência de ocorrências, são associados a etapa definida por Ferreira (2008) como processamento de minérios. Expressões consideradas como de espaço / localização em Geologia também aparecem na área de Mineração, como *brazil* (5ª) e *carajás* (9ª).

A categoria substância emerge de forma mais expressiva nas palavras-chave referentes a Mineração e Processamento Mineral, conforme pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11 – Distribuição de palavras-chave da Área de Mineração e Processamento Mineral em Categorias ($f \geq 3$)

Categoria	Freq.	%
outra	1440	76,19%
substância	450	23,81%
Total (palavras-chave $f \geq 3$)	1890	100%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na *WoS*.

Enquanto em Geologia apenas 10,97% das ocorrências referiam-se a substâncias ou minérios, em Mineração e Processamento Mineral as substâncias representam 23,81% das ocorrências de palavras-chave com mais de três menções.

Não foram encontrados estudos que estimassem esses percentuais nas áreas estudadas ou em outras áreas com as mesmas características. De toda forma, é esperado que em Geologia, em que foram observadas de quatro a onze categorias, e em Mineração, em que são listadas ao menos cinco etapas para a atividade, entendidas de forma ampla como categorias, o conjunto de palavras-chave se apresente de forma distribuída entre as possíveis categorias, já que é esperado que a cada artigo ou publicação de evento se tenha a representação de uma palavra-chave por categoria.

A Tabela 12 apresenta o recorte com as principais substâncias mencionadas nas palavras-chave para a categoria Mineração e Processamento Mineral na *Web of Science* com três ou mais ocorrências.

Tabela 12 – Ranking de palavras-chave da categoria substância/minério da Área de Mineração e Processamento Mineral representadas na *Web of Science* ordenadas por frequência (1974 a 2021) ($f \geq 3$)

Ranking	Palavras-chave (Substância/Minério)	Freq.	%
1	iron ore	73	16,22%
2	gold	62	13,78%
3	coal	21	4,67%
4	rare earth	19	4,22%
5	hematite	17	3,78%
6	apatite	16	3,56%
7	copper	13	2,89%
7	quartz	13	2,89%
8	bauxite	11	2,44%
8	magnetite	11	2,44%
8	nickel	11	2,44%
8	phosphate	11	2,44%
9	iocg	10	2,22%
9	manganese	10	2,22%
10	clay	8	1,78%
10	goethite	8	1,78%
10	pyrite	8	1,78%
11	itabirite	7	1,56%
12	iron oxide	6	1,33%
12	kaolinite	6	1,33%
12	sulphide ores	6	1,33%

13	granite	5	1,11%
13	laterite	5	1,11%
13	monazite	5	1,11%
13	zinc	5	1,11%
14	bentonite	4	0,89%
14	calcite	4	0,89%
14	glauconite	4	0,89%
14	graphene oxide	4	0,89%
14	kaolin	4	0,89%
14	non-ferrous metallic ores	4	0,89%
14	non-metallic ores	4	0,89%
14	phosphorus	4	0,89%
14	potassium	4	0,89%
14	sodium oleate	4	0,89%
14	sodium silicate	4	0,89%
14	uranium	4	0,89%
14	willemite	4	0,89%
14	zeolite	4	0,89%
15	biotite	3	0,67%
15	cadmium	3	0,67%
15	carbonatite	3	0,67%
15	cerium	3	0,67%
15	chromite	3	0,67%
15	chromitite	3	0,67%
15	cyanide	3	0,67%
15	ferric sulfate	3	0,67%
15	natural zeolite	3	0,67%
	Total (palavras-chave substâncias/minério f ≥ 3)	450	100,00%

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa coletada na WoS.

As substâncias encontradas se assemelham às dos resultados de Costa, Descovi Filho e Oliveira Junior (2020) na área de mineração quanto ao minério de ferro: os dados da pesquisa revelaram que 16,22% das ocorrências de substância se referem a este minério, os autores encontraram 18,10%. Já para ouro, os resultados da pesquisa representam 13,78% e o encontrado pelos autores foi de 26,19%, e carvão mineral a pesquisa encontrou 4,67% das ocorrências, e os autores 14,29%. As divergências podem se dar pelas fontes utilizadas no estudo de Costa, Descovi Filho e Oliveira Junior (2020), mais abrangentes, enquanto a presente pesquisa enfocou em apenas uma base de dados.

Esta seção apresentou as características da produção científica brasileira expressa na *Web of Science* sobre Geologia e Mineração e Processamento Mineral a

partir do quantitativo anual de publicações, das características de financiamento e palavras-chave. Ainda, em seção anterior, foram apresentadas as características da produção mineral brasileira, a partir da produção anual, principais empresas produtoras e principais substâncias mineradas. As seções seguintes apresentam os resultados referentes às relações entre a produção mineral e produção científica brasileiras, sendo que a próxima trata especificamente do aspecto relacionado ao financiamento da pesquisa científica por empresas do setor mineral.

4.3 Relações entre a produção mineral e produção científica brasileiras sobre Geologia e Mineração: financiamento

Considerando os dados apresentados nas seções anteriores, é possível observar as relações entre os rankings de empresas mineradoras e principais empresas emergentes dos agradecimentos por financiamento de pesquisa, visando identificar as aproximações entre a pesquisa científica e a pesquisa mineral no Brasil.

Inicialmente, analisando a produção mineral e o financiamento da pesquisa, é possível observar que as empresas presentes nos rankings do Quadro 2 – Empresas de Petróleo, Gás e Mineração, conforme ranking da Revista Valor Econômico (2022) e do Quadro 3 – Empresas de Mineração conforme ranking da Revista Brasil Mineral (2022) são também as principais empresas financiadoras presentes na Tabela 5 – Principais Financiadores Empresariais da pesquisa científica brasileira na Área de Geologia e Tabela 6 – Principais Financiadores Empresariais da pesquisa científica brasileira na Área de Mineração.

O ranking da revista Valor Econômico aponta em primeiro lugar a Petrobras e em terceiro a Vale, também as principais financiadoras empresariais em Geologia. 37,14% do financiamento empresarial da área é da Petrobras, e 11,43% da Vale. Em Mineração, há inversão entre as empresas, com a Vale responsável por 30% do financiamento empresarial e a Petrobras, por 18,5%. Da mesma forma as duas empresas aparecem com o maior percentual de financiamento da pesquisa brasileira nas duas áreas. Em Mineração, todas as demais empresas participam com 3,5% ou menos dos financiamentos empresariais, enquanto em Geologia a Shell aparece com 8,57% e as demais todas com 3,43% ou menos.

A partir dos dados apresentados anteriormente, foram elaboradas a Tabela 13, comparando as principais empresas financiadoras na área de Geologia e a presença ou ausência nos rankings das revistas Brasil Mineral e Valor Econômico, e a Tabela 14, em que foi feita a mesma comparação com as principais empresas financiadoras na área de Mineração e Processamento Mineral.

A Tabela 13, disponível abaixo, apresenta grande quantidade de empresas estrangeiras relacionadas à área de Petróleo e Gás, pouco representadas nos dados da Valor Econômico e fora do escopo da revista Brasil Mineral.

Tabela 13 – Ranking das Empresas Financiadoras da pesquisa científica brasileira na Área de Geologia, segundo dados de agradecimento por financiamento, comparado à presença das Empresas nos rankings das Revistas Brasil Mineral e Valor Econômico (2022)

Ranking	Empresa	Brasil Mineral	Valor Econômico	Observação
1	Petrobras	Não se aplica	Sim	
2	Vale	Sim	Sim	
3	Shell	Não se aplica	Sim	
4	Votorantim	Sim	Sim	
5	AngloGold Ashanti (AGA)	Sim	Sim	
5	Chevron	Não se aplica	Não	
6	BG Group	Não se aplica	Não	
7	Total	Não se aplica	Não	
7	ENI EP	Não se aplica	Não	
7	ConocoPhillips	Não se aplica	Não	
8	BP	Não se aplica	Não	
8	Yamana Gold	Sim	Não	
8	BHP Billiton	Não	Não	participa da Samarco
8	Anglo American	Sim	Sim	
	Contagem de presença nos rankings	5	6	
	% de presença nos rankings	35,71%	42,86%	

Fonte: elaborado a partir dos dados da pesquisa

Os dados permitem observar que 35,71% das empresas agradecidas por financiamento aparecem nas primeiras colocações do ranking das maiores mineradoras brasileiras da Revista Brasil Mineral (2022) e que 42,86% das empresas financiadoras constam do ranking de maiores empresas das áreas de Petróleo e Gás e Mineração no Ranking da Revista Valor Econômico (2022). Destacam-se, das empresas presentes em ambos os rankings, a Vale, a Votorantim (atualmente Nexa

Resources), Anglo Gold e Anglo American. Boa parte das empresas listadas são da área de petróleo, não contemplada no escopo do ranking da Revista Brasil Mineral.

A Tabela 14 apresenta o ranking de financiamento empresarial da pesquisa em Mineração e Processamento Mineral representada na *Web of Science* e a comparação com a presença nos rankings da Revista Brasil Mineral (dados das 30 maiores empresas do setor) e Valor Econômico (dados das empresas de Petróleo e Gás e Mineração).

Tabela 14 – Ranking das Empresas Financiadoras da pesquisa científica brasileira na Área de Mineração, segundo dados de agradecimento por financiamento, comparado a presença das Empresas nos rankings das Revistas Brasil Mineral e Valor Econômico (2022)

Ranking	Empresa	Brasil Mineral	Valor Econômico	Observação
1	Vale	Sim	Sim	
2	PETROBRAS	Não se aplica	Sim	
3	AMIRA	Não se aplica	Não se aplica	associação do setor
3	AngloGold Ashanti (AGA)	Sim	Sim	
4	Shell	Não se aplica	Sim	
5	Samarco	Não	Sim	
5	Anglo American	Sim	Sim	
6	Outotec	Não se aplica	Não se aplica	fornecedora de tecnologia para mineradoras
6	Clariant	Não se aplica	Não se aplica	indústria química
6	Yamana Gold	Sim	Não	
7	Norsk-Hydro	Não	Não	no Brasil, Alumina do Norte do Brasil S. A.
7	Beneficiamento de Minerios Rio Claro Ltda	Não	Não	
7	Votorantim	Sim	Sim	
7	CBA	Não	Não	
7	Mineracao Santa Luzia Ltda	Não	Não	
7	DEM Solutions	Não se aplica	Não se aplica	fornecedora de tecnologia para mineradoras
7	Banco Santander	Não se aplica	Não se aplica	instituição financeira
7	Diversified Asset Holdings Pty	Não se aplica	Não se aplica	
7	TECNORTE/FENORTE	Não	Não	
	Contagem de presença nos rankings	5	7	
	% de presença nos rankings	26,32%	36,84%	

Fonte: elaborado a partir dos dados da pesquisa

Os dados permitem observar que 26,32% das empresas financiadoras da pesquisa em Mineração e Processamento Mineral estão contempladas no ranking de

maiores empresas da Revista Brasil Mineral e que apenas 36,84% das empresas financiadoras da pesquisa em Mineração e Processamento Mineral disponível na WoS estão representadas no ranking da Revista Valor Econômico de maiores empresas do setor de Petróleo e Gás e Mineração. Das principais empresas que receberam agradecimento por financiamento, destacam-se pela presença nos rankings das revistas a Vale, a AngloGold, a AngloAmerican e a Votorantim (Nexa Resources).

Cabe ressaltar que empresas de porte relativamente menor a ponto de não figurarem nos rankings, como Beneficiamento de Minérios Rio Claro Ltda e Mineracao Santa Luzia Ltda recebem tantos agradecimentos quanto empresas de grande porte como a Votorantim. Ou seja, mesmo com faturamento menor, as empresas podem retornar parte dos lucros obtidos com a exploração dos bens minerais, que pertencem à União, para a pesquisa científica nacional.

Observando os dados a partir do ponto de vista dos rankings das revistas, foram elaboradas as Tabelas Tabela 15 e Tabela 16. A Tabela 15 compara o ranking da Valor Econômico à lista de empresas que receberam agradecimento por financiamento nas áreas de Mineração e Processamento Mineral e Geologia.

Tabela 15 – Ranking de maiores empresas do setor de Mineração e Petróleo da Revista Valor Econômico (2022) comparado à lista de empresas que receberam agradecimento por financiamento nas Áreas de Mineração e Geologia ($p \leq 30$)

Ranking	Empresa	Agradecimento por financiamento Mineração	Agradecimento por financiamento Geologia	Receita líquida (em R\$ milhões)
1	Petrobras	sim	sim	R\$ 452.668,00
2	Vale	sim	sim	R\$ 293.524,00
3	Raízen	não	não	R\$ 191.269,90
4	Vibra	não	não	R\$ 130.121,00
5	Cosan	não	não	R\$ 113.095,90
6	Ultrapar	não	não	R\$ 109.732,80
7	Shell	sim	sim	R\$ 48.317,00
8	Anglo American Minério de Ferro Brasil	sim	sim	R\$ 17.620,30
9	Petrogal	não	não	R\$ 14.335,60
10	ALE Combustíveis	não	não	R\$ 14.166,10
11	Nexa Resources (Votorantim)	sim	sim	R\$ 14.140,00
12	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM)	não	não	R\$ 11.431,70

13	Refinaria de Mataripe	não	não	R\$	11.234,30
14	Ananke Alumina	não	não	R\$	10.938,50
15	Copa Energia	não	não	R\$	10.172,10
16	Samarco	sim	não	R\$	8.898,60
17	Repsol Sinopec Brasil	não	não	R\$	8.520,00
18	Larco	não	não	R\$	7.217,50
19	TT Work	não	não	R\$	5.491,20
20	Rodoil	não	não	R\$	5.435,00
21	Petronas Brasil	não	não	R\$	5.326,20
22	Kinross	não	não	R\$	5.159,50
23	CEG	não	não	R\$	4.413,50
24	Potencial	não	não	R\$	4.403,20
25	CMOC Brasil	não	não	R\$	4.400,90
26	PetroRio	não	não	R\$	4.396,00
27	Equinor Brasil	não	não	R\$	4.064,60
28	Petrobahia	não	não	R\$	4.040,50
29	Anglo American Níquel Brasil	sim	sim	R\$	3.721,10
30	AngloGold	sim	sim	R\$	3.386,20
	Contagem de presença nos agradecimentos	8	7		
	% de presença nos agradecimentos	26,67%	23,33%		
	Contagem de ausência nos agradecimentos	22	23		
	% de ausência nos agradecimentos	73,33%	76,67%		

Fonte: elaborado a partir dos dados da pesquisa

Os resultados da pesquisa demonstram que 73,33% das empresas não receberam agradecimentos por financiamento de pesquisa científica na WoS na área de Mineração e Processamento Mineral e 76,67% na área de Geologia. Na lista, de fato existem empresas não relacionadas diretamente à extração mineral, como a Cosan, Ultrapar, ALE Combustíveis, que atuam em outras pontas da cadeia produtiva, como varejo, refino e distribuição. Entretanto, chama a atenção que empresas de grande porte e faturamento, como a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) e a Kinross não aparecem dentre as que mais receberam agradecimento por financiamento de pesquisas.

Na área de Geologia, destacam-se entre as que apareceram no ranking e receberam agradecimentos por financiamento as empresas Petrobras, Vale, Shell, Anglo American, Nexa Resources (Votorantim) e AngloGold. Já em Mineração e Processamento Mineral destaca-se, além das mencionadas em Geologia, a Samarco.

A Tabela 16 apresenta as primeiras empresas do ranking da revista Brasil Mineral (2022) comparadas à lista de agradecimentos por financiamento das áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral representados na WoS.

Tabela 16 – Ranking de maiores empresas do setor de Mineração da Revista Brasil Mineral (2022) comparado à lista de empresas que receberam agradecimento por financiamento nas Áreas de Mineração e Geologia ($p \leq 30$)

Ranking	Empresa	Agradecimento por financiamento Mineração	Agradecimento por financiamento Geologia	Valor da Produção (em R\$)
1	Vale S. A.	sim	sim	R\$ 164.255.963.993,49
2	Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	não	não	R\$ 20.004.211.531,69
3	Anglo American Minério de Ferro Brasil S. A.	sim	sim	R\$ 19.098.758.377,08
4	CSN Mineração S. A.	não	não	R\$ 18.578.566.815,77
5	Salobo Metais S. A.	não	não	R\$ 7.949.261.276,65
6	Kinross Brasil Mineração S. A.	não	não	R\$ 5.234.008.889,36
7	Mineração Usiminas S. A.	não	não	R\$ 5.213.971.404,03
8	AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S. A.	sim	sim	R\$ 3.624.297.560,48
9	Vallourec Todos do Brasil LTDA	não	não	R\$ 3.301.615.056,50
10	Mineração Maracá Indústria e Comércio S. A.	não	não	R\$ 3.055.019.575,11
11	Mosaic Fertilizantes	não	não	R\$ 2.827.987.055,51
12	Mineração Caraíba S. A.	não	não	R\$ 2.552.842.770,30
13	Mineração Paragominas S. A.	não	não	R\$ 2.293.645.586,45
14	Ferrous Resources do Brasil S. A.	não	não	R\$ 2.166.719.690,05
15	Ferro + Mineração S. A.	não	não	R\$ 2.113.268.635,36
16	Jacobina Mineração e Comércio Ltda (Yamana Gold)	sim	sim	R\$ 1.742.233.262,79
17	Mineração Rio do Norte S. A.	não	não	R\$ 1.634.182.593,34
18	Itaminas/Ferromar Indústria e Comércio S. A.	não	não	R\$ 1.596.484.031,57
19	Baovale Mineração S. A.	não	não	R\$ 1.527.233.874,07
20	Extrativa Mineral S. A.	não	não	R\$ 1.491.583.114,69
21	Mineração Corumbaense Reunida S. A.	não	não	R\$ 1.443.703.840,88
22	Atlantic Nickel	não	não	R\$ 1.374.096.655,57
23	Mineração Conemp LTDA	não	não	R\$ 1.363.008.954,26
24	Mineração Aurizona S. A.	não	não	R\$ 1.301.558.949,48
25	ArcelorMittal Brasil S. A.	não	não	R\$ 1.086.314.141,29
26	Alcoa World Alumina Brasil LTDA	não	não	R\$ 1.061.479.114,12
27	Minerita Minérios Itaúna LTDA	não	não	R\$ 943.820.785,59
28	Votorantim Cimentos S. A.	sim	sim	R\$ 891.975.718,64
29	Mineração Serra Grande S. A.	não	não	R\$ 886.717.230,17

30	Anglo American Níquel Brasil LTDA	sim	sim	R\$	861.665.614,39
	Contagem de presença nos agradecimentos	6	6		
	% de presença nos agradecimentos	20%	20%		
	Contagem de ausência nos agradecimentos	24	24		
	% de ausência nos agradecimentos	80%	80%		

Fonte: elaborado a partir dos dados da pesquisa

Os dados da tabela permitem observar que 80% das empresas do ranking, consideradas as maiores do setor mineral, não aparecem nas listas de agradecimentos de financiamento da pesquisa brasileira em Geologia e Mineração. É possível destacar que empresas com valor de produção muito semelhantes à Anglo American, como Minerações Brasileiras Reunidas S.A. e CSN Mineração S. A. não figuraram dentre as empresas que mais receberam agradecimentos por financiamento da pesquisa científica.

No ranking da Revista Brasil Mineral podemos destacar, em ambas as áreas, as empresas Vale, Anglo American, AngloGold, Jacobina Mineração (Yamana Gold) e Votorantim. De forma geral, mesmo com a tentativa regulatória da Agência Nacional de Petróleo (ANP) de incluir nos contratos de concessão Cláusula de Investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD & I), em que determina que as empresas concessionárias devem investir em seus centros de pesquisa no Brasil ou em instituições de pesquisa nacionais ao menos 0,5% da receita bruta dos campos de grande produção ou de alta rentabilidade, o investimento privado ainda é pouco expressivo se comparado com o investimento exclusivamente público na pesquisa brasileira disponibilizada na WoS nas áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral.

Apenas as duas maiores empresas do setor de Petróleo e Mineração aparecem como grandes financiadoras de pesquisas, e ainda assim não podem ser comparadas em termos de volume de valor de financiamento ao CNPq, CAPES e FAPs. A Agência Nacional de Mineração (ANM), em virtude de a legislação relacionada ao Código de Mineração ainda ser da década de 60, não pode adotar a mesma estratégia da ANP. Espera-se que com novo marco regulatório o investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD & I) também seja exigido das grandes empresas mineradoras a mesma contrapartida, visando aumentar a participação das empresas

e aumento das pesquisas científicas nas áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral.

As aproximações entre a produção científica e mineral são moderadas quanto aos dados de financiamento, realizado predominantemente por agências públicas de fomento como CNPq, CAPES e FAPs; o financiamento privado é predominantemente realizado pelas empresas Vale e Petrobras, também apontadas como as maiores empresas dos setores mineral e de petróleo e gás. Em suma, a relação entre a pesquisa científica e as maiores empresas do setor mineral existe, mesmo que pouco expressiva, e é predominantemente associada às duas maiores empresas brasileiras. Considerando que as atividades de extração mineral e de petróleo e gás são concessões públicas e tem alto potencial de gerar danos ambientais e sociais, um maior retorno à sociedade através do incentivo a pesquisa científica e formação de profissionais nas áreas de Geologia e Mineração deveria ser incentivado.

Esta seção apresentou as relações entre a produção científica e mineral quanto ao financiamento da pesquisa, evidenciando as empresas que receberam agradecimentos por fomentar a pesquisa científica e as que não emergiram no recorte estudado. A seção seguinte dará continuidade a análise das relações entre a produção mineral e científica brasileiras do ponto de vista das palavras-chave e substâncias minerais.

4.4 Relações entre a produção mineral e produção científica brasileiras sobre Geologia e Mineração: substâncias minerais

Quanto aos assuntos pesquisados, as relações entre as principais substâncias mineradas e as palavras-chave definidas pelos autores de pesquisas em Geologia e Mineração e Processamento Mineral representadas na *WoS* podem ser analisadas de forma geral, a partir da frequência de palavras-chave, e de forma específica, a partir do conjunto das substâncias mais frequentes.

A partir dos dados da pesquisa foram elaboradas, utilizando o *software VOSViewer*, mapas de densidade das palavras-chave da área de Geologia e Mineração e Processamento Mineral, disponíveis nas Figuras 5 e 6, apresentadas a seguir.

Já a Figura 6 permite observar, em amarelo, termos como *iron ore*, *gold*, *nickel* e *copper*. Além do minério de ferro e ouro, já mencionados anteriormente como principais substâncias em volume de venda do Brasil, ainda aparecem em destaque o Níquel, 35º em produção bruta e 6º em beneficiada, e o Cobre, 33º em produção bruta e 3º em produção beneficiada. Níquel e minério de ferro aparecem com forte ligação com a expressão drenagem ácida de mina (*acid mine drainage*), fenômeno resultante de rejeitos e de alto impacto ambiental.

Especificamente quanto às substâncias minerais, a partir da comparação entre as Tabela 9 – Ranking de palavras-chave da categoria substância/minério da Área de Geologia representadas na *Web of Science* ordenadas por frequência (1974 a 2021) ($f \geq 3$) e Tabela 12 – Ranking de palavras-chave da categoria substância/minério da Área de Mineração e Processamento Mineral representadas na *Web of Science* ordenadas por frequência (1974 a 2021) ($f \geq 3$), elaboradas a partir das palavras-chave relacionadas a substâncias com frequência superior a três ocorrências e as Tabela 1 – Produção Bruta de Substâncias Mineradas por Soma de Valor de Venda em R\$, no período de 2010 a 2021 e Tabela 2 – Produção Beneficiada de Substâncias Mineradas por Soma de Valor de Venda em R\$, no período de 2010 a 2021, foram elaboradas as Tabela 17 e 18, comparando a presença das substâncias mencionadas nas palavras-chave nos rankings de produção bruta e beneficiada no Anuário Mineral Brasileiro (AMB).

Tabela 17 – Ranking de palavras-chave referentes à substância/minério da Área de Geologia comparado à presença nos rankings de Produção Mineral Bruta e Produção Mineral Beneficiada do Anuário Mineral Brasileiro (2010-2022)

Ranking	Palavras-chave (substância/minério)	Produção Bruta	Produção Beneficiada
1	gold	sim	sim
2	iocg	Sim	sim
2	iron ore	sim	sim
3	carbonate	sim	sim
4	granite	sim	sim
5	copper	sim	sim
5	magnetite	sim	sim
5	sandstone	sim	sim
6	zircon	não	sim
7	basalt	sim	sim
7	coal	sim	sim

7	hematite	sim	sim
7	quartz	sim	sim
8	clay	sim	sim
8	copper; gold	sim	sim
8	dolomite	sim	sim
8	heavy minerals	não	não
8	pyrite	não	sim
8	rare earth	não	sim
9	caesium-137	não	não
9	carbonatite	sim	sim
9	gold; quartz	sim	sim
9	itabirite	sim	sim
9	manganese	sim	sim
9	phosphorite	sim	sim
9	zinc	sim	sim
	Contagem de presença nos rankings	21	24
	% de presença nos rankings	80,77%	92,31%

Fonte: elaborado a partir dos dados da pesquisa

Os dados do demonstram convergência entre a produção científica, expressa através das palavras-chave relacionadas a substâncias, e os principais minérios extraídos no Brasil, representados pelos dados de Produção Mineral Bruta e Beneficiada. Com relação à Produção Bruta, 80,77% das palavras-chave estão presentes entre as principais substâncias ordenadas por valor de venda. Já com relação à Produção Beneficiada, 92,31% das palavras-chave estão presentes no conjunto de dados analisados – ainda que essa convergência se limite ao recorte da categoria substâncias minerais, o esperado é que cada artigo utilize categorias variadas para representar o assunto, mas sempre incluindo informações sobre substâncias, tempo, espaço e outras características.

Com relação aos dados de Mineração e Processamento Mineral, foi elaborada a Tabela 18, comparando as principais substâncias expressas nas palavras-chave com a Produção Mineral Bruta e Beneficiada ordenada por valor de venda do Anuário Mineral Brasileiro (ANM).

Tabela 18 – Ranking de palavras-chave referentes à substância/minério da Área de Mineração e Processamento Mineral comparado à presença nos rankings de Produção Mineral Bruta e Produção Mineral Beneficiada do Anuário Mineral Brasileiro (2010-2022)

Ranking	Palavras-chave (substância/minério)	Produção Bruta	Produção Beneficiada
1	iron ore	sim	sim
2	gold	sim	sim
3	coal	sim	sim
4	rare earth	não	sim
5	hematite	sim	sim
6	apatite	sim	sim
7	copper	sim	sim
7	quartz	sim	sim
8	bauxite	sim	sim
8	magnetite	sim	sim
8	nickel	sim	sim
8	phosphate	sim	sim
9	iocg	sim	sim
9	manganese	sim	sim
10	clay	sim	sim
10	goethite	sim	sim
10	pyrite	não	sim
11	itabirite	sim	sim
12	iron oxide	sim	sim
12	kaolinite	sim	sim
12	sulphide ores	não	não
13	granite	sim	sim
13	laterite	sim	sim
13	monazite	não	sim
13	zinc	sim	sim
14	bentonite	sim	sim
14	calcite	sim	sim
14	glaucinite	não	não
14	graphene oxide	não	não
14	kaolin	sim	sim
14	non-ferrous metallic ores	não	não
14	non-metallic ores	não	não
14	phosphorus	não	não
14	potassium	sim	sim
14	sodium oleate	não	não
14	sodium silicate	não	não
14	uranium	não	não
14	willemite	sim	sim
14	zeolite	não	não
15	biotite	sim	não

15	cadmium	não	não
15	carbonatite	sim	sim
15	cerium	não	sim
15	chromite	não	sim
15	chromitite	não	sim
15	cyanide	não	não
15	ferric sulfate	não	não
15	natural zeolite	não	não
	Contagem de presença nos rankings	28	33
	% de presença nos rankings	58,33%	68,75%

Fonte: elaborado a partir dos dados da pesquisa

Os dados da Tabela 18 demonstram convergência, ainda que menos expressiva que em Geologia, entre a produção científica, expressa através das palavras-chave da área de Mineração e Processamento Mineral relacionadas a substâncias e os principais minérios extraídos no Brasil, representados pelos dados de Produção Bruta e Beneficiada. Com relação à Produção Bruta, 58,33% das palavras-chave estão presentes entre as principais substâncias ordenadas por valor de venda. Já com relação à Produção Beneficiada, 68,75% das palavras-chave está representada dentre as principais substâncias produzidas no Brasil.

Observando os dados coletados a partir do Anuário Mineral Brasileiro foi possível elaborar a Tabela 19 e a Tabela 20, que comparam, respectivamente, os dados de Produção Mineral Bruta e Beneficiada às palavras-chave referentes a substâncias minerais nas áreas de Geologia e Mineração e Processamento Mineral.

Tabela 19 – Ranking de Minérios ordenados por Valor de Venda (R\$) de Produção Mineral Bruta comparados ao ranking de ocorrências do conjunto de substâncias das palavras-chave das áreas de Geologia e Mineração

Minério / Substância Bruta	Palavras-chave (Substância/Minério) Geologia	Palavras-chave (Substância/Minério) Mineração	Soma de Valor Venda (R\$)
Areia	sim	sim	R\$ 12.813.021.687,13
Rochas Ornamentais	sim	sim	R\$ 12.712.129.014,91
Ferro	sim	sim	R\$ 6.656.503.237,53
Calcário	sim	sim	R\$ 3.024.499.870,45
Argilas	sim	sim	R\$ 2.582.867.624,98
Rochas (Britadas) e Cascalho	sim	sim	R\$ 1.995.510.329,32
Saibro	não	não	R\$ 848.226.351,46
Rochas Ornamentais - Outras	sim	sim	R\$ 699.458.630,98
Geodos, Ágatas, Calcedônia, etc	não	não	R\$ 632.574.497,38

Areias Industriais	sim	sim	R\$	612.993.100,09
Gipsita	não	não	R\$	548.895.257,53
Talco e outras Cargas Minerais	não	não	R\$	464.179.904,14
Caulim	sim	sim	R\$	441.976.219,74
Alumínio (Bauxita)	não	sim	R\$	355.976.429,36
Feldspato, Leucita e Nefelina-Sienito	não	não	R\$	267.507.665,89
Ouro	sim	sim	R\$	265.330.567,75
Gemas	sim	sim	R\$	252.392.430,09
Dolomito e Magnesita	sim	não	R\$	185.252.932,00
Estanho	não	não	R\$	178.619.717,56
Vermiculita e Perlita	não	não	R\$	147.458.118,51
Manganês	sim	sim	R\$	141.375.207,21
Zinco	sim	sim	R\$	137.887.258,74
Fosfato	sim	sim	R\$	111.217.441,87
Turfa	não	não	R\$	66.687.343,32
Bário	não	não	R\$	52.361.246,24
Nióbio	não	não	R\$	33.126.521,39
Chumbo	não	não	R\$	27.192.281,15
Potássio	não	sim	R\$	20.244.720,90
Titânio	não	não	R\$	18.161.501,11
Grafita	não	não	R\$	17.835.134,91
Mica	não	não	R\$	13.969.857,54
Quartzo (Cristal) e outros Piezelétricos	sim	sim	R\$	12.604.431,17
Cobre	sim	sim	R\$	11.764.560,54
Diamante	não	não	R\$	11.754.207,56
Níquel	não	sim	R\$	10.027.145,22
Carvão Mineral	sim	sim	R\$	9.137.586,74
Diatomita	não	não	R\$	8.484.950,27
Minerais Industriais (Outros)	não	não	R\$	5.618.860,04
Lítio	não	não	R\$	1.476.665,76
Tântalo	não	não	R\$	1.335.330,54
Berílio	não	não	R\$	510.908,48
Cobalto	não	não	R\$	234.177,15
Sal	não	não	R\$	158.095,40
Tungstênio	não	não	R\$	53.200,00
Total Geral	44	44	R\$	46.398.592.220,05
Contagem de presença nas palavras-chave	18	20		
% de presença nas palavras-chave	40,91%	45,45%		
Contagem de ausência nas palavras-chave	26	24		
% de ausência nas palavras-chave	59,09%	54,55%		

Fonte: elaborado a partir dos dados da pesquisa

Os dados da Tabela 19 demonstram menor convergência entre a produção mineral bruta e a produção científica: apenas 40,91% das substâncias mineradas estão presentes nas palavras-chave da área de Geologia e 45,45% nas de Mineração e Processamento Mineral. Observa-se a ausência de palavras-chave relacionadas a saibro, feldspato, vermiculita, estanho e turfa, além de outros minerais com venda bruta menor. Resultados referentes a bauxita e potássio foram identificados apenas na área de mineração. Considerando os principais dados de produção mineral bruta, é possível observar que são mencionados em palavras-chave na área de Geologia e Mineração minérios como areia, rochas ornamentais, ferro, calcário, argilas, rochas britadas e cascalho, rochas ornamentais, caulim e ouro.

Com relação aos dados da produção mineral beneficiada, foi elaborada a Tabela 20, que os compara às palavras-chave referentes a substâncias e minérios das áreas de Geologia e Mineração.

Tabela 20 – Ranking de Minérios ordenados por Valor de Venda (R\$) de Produção Mineral Beneficiada comparados ao ranking de ocorrências do conjunto de substâncias das palavras-chave das áreas de Geologia e Mineração

Minério/Substância Beneficiada	Palavras-chave (Substância/Minério) Geologia	Palavras-chave (Substância/Minério) Mineração	Soma de Valor Venda (R\$)
Ferro	sim	sim	R\$ 945.554.364.212,21
Ouro	sim	sim	R\$ 115.278.106.737,77
Cobre	sim	sim	R\$ 93.373.642.510,59
Rochas (Britadas) e Cascalho	sim	sim	R\$ 66.483.564.008,32
Alumínio (Bauxita)	não	sim	R\$ 36.719.377.726,77
Níquel	não	sim	R\$ 34.396.359.418,47
Calcário	sim	sim	R\$ 25.597.112.875,81
Manganês	sim	sim	R\$ 12.388.565.611,14
Carvão Mineral	sim	sim	R\$ 11.717.857.781,17
Caulim	sim	sim	R\$ 8.014.553.688,15
Dolomito e Magnesita	sim	não	R\$ 7.941.937.648,21
Potássio	não	sim	R\$ 5.896.348.967,35
Estanho	não	não	R\$ 4.995.374.231,40
Amianto	não	não	R\$ 4.318.631.115,01
Areia	sim	sim	R\$ 4.138.439.232,86
Rochas Ornamentais	sim	sim	R\$ 3.773.374.501,45
Areias Industriais	sim	sim	R\$ 3.768.173.196,60
Argilas	sim	sim	R\$ 3.336.218.259,19
Grafita	não	não	R\$ 2.774.821.127,98
Talco e outras Cargas Mineradas	não	não	R\$ 2.314.635.890,94
Fosfato	sim	sim	R\$ 1.744.921.853,04

Zinco	sim	sim	R\$	1.273.310.206,24
Tântalo	não	não	R\$	988.515.627,60
Zircônio	sim	não	R\$	946.527.595,10
Diamante	não	não	R\$	943.608.285,61
Enxofre	sim	sim	R\$	916.419.672,28
Cromo	não	sim	R\$	684.845.047,79
Feldspato, Leucita e Nefelina-Sienito	não	não	R\$	667.319.593,23
Chumbo	não	não	R\$	620.297.851,70
Nióbio	não	não	R\$	615.490.098,13
Titânio	não	não	R\$	611.929.552,60
Lítio	não	não	R\$	491.470.492,62
Vermiculita e Perlita	não	não	R\$	468.207.712,47
Gipsita	não	não	R\$	463.680.032,56
Gemas	sim	sim	R\$	421.663.363,95
Tungstênio	não	não	R\$	271.471.432,20
Fluorita e Criolita	não	não	R\$	257.304.804,58
Prata	não	não	R\$	139.349.647,56
Diatomita	não	não	R\$	93.539.048,11
Saibro	não	não	R\$	43.648.684,75
Bário	não	não	R\$	42.606.567,36
Minerais Industriais (Outros)	não	não	R\$	34.754.669,27
Rochas Ornamentais - Outras	sim	sim	R\$	25.876.417,88
Monazita e Terras-Raras	sim	sim	R\$	21.901.516,86
Cianita e outros minerais refratários	não	não	R\$	15.287.882,72
Turfa	não	não	R\$	14.690.991,79
Quartzo (Cristal) e outros Piezelétricos	sim	sim	R\$	64.674,80
Platina (Grupo da)	não	não	R\$	18.552,16
Total Geral	48	48	R\$	1.405.600.180.616,34
Contagem de presença nas palavras-chave	21	23		
% de presença nas palavras-chave	43,75%	47,92%		
Contagem de ausência nas palavras-chave	27	25		
% de ausência nas palavras-chave	56,25%	52,08%		

Fonte: elaborado a partir dos dados da pesquisa

Assim como nos dados da Tabela 19, os da Tabela 20 também demonstram menor convergência entre a produção mineral beneficiada e a produção científica. De 48 minerais, apenas 21 (43,75%) foram encontrados nas palavras-chave de Geologia e 23 (47,92%) nas de Mineração e Processamento Mineral. Da mesma forma que na produção bruta, na beneficiada observa-se a ausência de palavras-chave

relacionadas a estanho, turfa e vermiculita, além de minerais como amianto e cianita, ausentes da listagem anterior. Resultados referentes a bauxita, níquel e potássio foram identificados apenas na área de mineração, enquanto dolomito e zircônio foram encontrados apenas em Geologia. Os principais minérios presentes em palavras-chave das áreas de Mineração e Geologia são ferro, ouro, cobre, rochas britadas e cascalho, calcário, manganês, carvão mineral, caulim e areia.

Irizaga (2019) analisou clusters de palavras-chave extraídos da *Scopus*, utilizando o *VOSViewer*, para produzir mapas na área de Ciências Agrárias por estado da federação, e os comparou com a produção agropecuária para analisar a convergência entre as produções, informando os termos em comum com tabelas de valor bruto dos principais produtos agropecuários do Brasil destacados pelo à época Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A autora identificou que, dos vinte e seis produtos que o MAPA apresentou como relevantes para a economia brasileira, apenas seis não foram localizados nas palavras-chave como mais frequentes, ou 23% dos dados (IRIZAGA, 2019).

Nos dados encontrados nas Tabelas Tabela 19 e Tabela 20, entre 52 e 59% dos minérios não foram encontrados nas palavras-chave pesquisadas, demonstrando divergência com a área de Ciências Agrárias. Minerais com alto valor de venda não emergiram dos resultados, como estanho e amianto, enquanto outros de menor valor de venda foram representados em pesquisas científicas, demonstrando pouca relação entre as variáveis nas áreas em estudo. Importante salientar que a área de ciências agrárias recebe grande volume de financiamento, além de contar com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o que pode explicar a maior convergência na área. Estudos em outras bases de dados e com escopo mais amplo, além de estudos qualitativos, poderiam aprofundar os motivos da ausência dos termos.

Nesta seção foram apresentados os resultados da pesquisa referentes às substâncias mineradas presentes em palavras-chave utilizadas para representar a pesquisa científica brasileira em Mineração e Processamento Mineral. A próxima seção apresenta as considerações finais, resgatando os objetivos delimitados e respondendo à pergunta de pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os recursos minerais, como visto anteriormente, são fundamentais para a sociedade atual, desde os usos para a construção de moradia, a fertilização do solo, a produção de eletroeletrônicos e no uso energético, para produção de combustíveis. No Brasil, a história da mineração é conturbada, realizada inicialmente sem estudos prévios e de maneira intensiva. Atualmente, se ocupam da área de mineração duas áreas de pesquisa científica pouco contempladas por estudos métricos: a Geologia e a Mineração e Processamento Mineral. A atividade extrativa mineral depende intrinsecamente das duas áreas para ocorrer: inicialmente, através de pesquisas geológicas, determina-se a existência e viabilidade de jazidas minerais, atividade realizada por profissionais geólogos; posteriormente é realizada a extração e beneficiamento dos minérios, atividade exercida com o planejamento e acompanhamento de engenheiros de minas.

A partir dessa contextualização, foram delimitados os objetivos da pesquisa, plenamente atingidos. As relações entre a produção mineral, representada pelas principais empresas produtoras de minérios e principais substâncias mineradas, e a produção científica brasileira em Geologia e Mineração e Processamento Mineral indexada na base de dados *Web of Science*, a partir das palavras-chave de autor e dos agradecimentos a financiamento da pesquisa foram apresentadas e analisadas à luz dos dados coletados e da literatura científica encontrada.

As principais características da produção mineral foram identificadas: a evolução da produção brasileira bruta e beneficiada por valor de venda demonstrou um crescimento próximo da estabilidade entre 2010 e 2021, especialmente quanto a produção bruta. As principais substâncias mineradas no Brasil, considerando os dados de produção bruta, são minérios de emprego imediato na construção civil, como areia e areias industriais, argilas, rochas ornamentais e britadas. O minério de ferro também aparece com grande destaque, na terceira colocação. Os dados referentes a produção beneficiada evidenciaram novamente a forte presença do minério de ferro e do ouro como protagonistas da produção mineral brasileira, como apontado anteriormente e observado pelos autores previamente citados (FERNANDES et al, 2022; GÓES et al, 2022; IBRAM, 2021).

As principais empresas do setor mineral foram listadas a partir dos rankings das Revistas Brasil Mineral e Valor Econômico. O ranking da revista Valor permitiu observar que as empresas dos setores de Petróleo e Gás e Mineração ocupam as primeiras posições: das dez maiores empresas do Brasil, uma é da área de Mineração e cinco de Petróleo e Gás, sendo que a primeira colocada é a Petrobras e a segunda a Vale. Os dados da Revista Brasil Mineral apontam que as empresas melhor colocadas são as produtoras de minério de ferro, sendo a primeira colocada a Vale, o que corrobora as informações de Fernandes e colaboradores (2022) a respeito do protagonismo do minério na produção mineral brasileira. Outras empresas que aparecem em destaque são as produtoras de ouro, cobre, fertilizantes e alumínio (bauxita). Vale, Anglo American e AngloGold foram registradas em ambas as listas analisadas.

A produção científica brasileira nas categorias Geologia e Mineração e Processamento Mineral caracteriza-se por crescimento irregular. Os dados da pesquisa demonstraram trajetória semelhante da pesquisa científica representada na WoS na área de Mineração e Processamento Mineral nos anos de 1974 a 2021, com irregularidade, queda em 1994 e pico em 1995. Variações foram também observadas nos anos relacionados à pandemia. Os motivos das irregularidades apresentados nos anos 1990 precisarão ser aprofundados em estudos posteriores.

Quanto aos agradecimentos por financiamento da pesquisa em Geologia e Mineração e Processamento Mineral, foi possível observar tendência de expressiva predominância do financiamento nacional sobre outras modalidades, nas duas áreas analisadas, em consonância com os resultados obtidos por Alvarez e Caregnato (2021). Quanto aos principais financiadores, os dados tanto para Geologia quanto para Mineração e Processamento Mineral demonstram a importância do CNPq, CAPES e Fundações de Apoio à Pesquisa estaduais para o desenvolvimento da ciência, que predominaram em todos os cenários observados. Entretanto, duas empresas receberam maior percentual de agradecimentos por financiamento em ambas as áreas: Vale e Petrobras foram mencionadas em destaque.

A análise de palavras-chave identificou em Geologia que o termo com maior ocorrência na área, Brazil, é relacionado à categoria localização de Pletsch (2012), ou espaço, de Bolacha (2008). A segunda, quarta e sexta posição do ranking de palavras-chave é ocupada por termos relacionados ao tempo por ambas as autoras:

cretaceous, upper cretaceous e lower cretaceous. A categoria substância / minério aparece na terceira e oitava colocações, com os termos gold (ouro), iocg e iron ore (minério de ferro). As palavras-chave classificadas como substância representaram 10,97% das ocorrências de Geologia, e dessas, pode-se destacar gold (ouro), 32 ocorrências, iocg e iron ore (minério de ferro), com 16 ocorrências, como mais frequentes. Não foram encontrados outros estudos para comparar objetivamente os dados da pesquisa com relação a este aspecto, mas é esperado que, de uma área que representa seu conhecimento em até onze categorias diferentes, qualquer uma das categorias poderia ser representada por percentual semelhante.

Os resultados referentes à Mineração demonstraram que a primeira e a terceira colocação das palavras-chave são ocupadas por minérios (de ferro e ouro, respectivamente). Os termos *flotation* (2º), *froth flotation* (6º), *flotation reagents* (10ª) e *mineral processing* (10ª) são associados a etapa definida por Ferreira (2008) como processamento de minérios. Expressões consideradas como de espaço / localização em Geologia também aparecem na área de Mineração, como *brazil* (5ª) e *carajás* (9ª). Na área de Mineração e Processamento Mineral, com uma menor divisão de categorias que em Geologia, as substâncias representaram 23,81% das ocorrências de palavras-chave. Dessas, as mais frequentes foram iron ore (minério de ferro), gold (ouro), e coal (carvão) com 21. Os resultados em mineração se aproximaram dos de Costa, Descovi Filho e Oliveira Junior (2020) quanto ao minério de ferro.

As relações entre a produção mineral e científica brasileiras sobre Geologia e Mineração e Processamento Mineral foram consideradas moderadas quanto aos dados de financiamento, tendo em vista a predominância das agências públicas de fomento; ainda assim, as maiores empresas do setor (Vale e Petrobras), segundo o ranking de da Revista Valor Econômico, são também as que receberam mais agradecimentos por financiamento das áreas em estudo. Especialmente na área de petróleo e gás, em que há previsão legal de incentivo à PD&I, esperava-se resultados mais expressivos. Convém lembrar que os bens minerais pertencem à União, e é esperado que a extração seja realizada com responsabilidade técnica, cuidados socioambientais e contrapartidas sociais. O incentivo à formação profissional e acadêmica e pesquisas científicas deveria ser fomentado pelas Agências Reguladoras do setor, de forma a minimizar os impactos da atividade mineradora.

As relações entre a produção mineral e a produção científica demonstraram ser mais expressivas partindo da comparação entre as palavras-chave e substâncias mineradas. Em Geologia, com relação à Produção Bruta, 80,77% das palavras-chave estão presentes entre as principais substâncias ordenadas por valor de venda; em se tratando da Produção Beneficiada, 92,31% das palavras-chave estavam presentes na lista. Os resultados apontaram convergência também na área de Mineração, ainda que menor: dos dados de Produção Bruta, 58,33% das palavras-chave estão presentes entre as principais substâncias ordenadas por valor de venda. Considerando os dados da Produção Beneficiada, 68,75% das palavras-chave estão representadas dentre as principais substâncias produzidas no Brasil.

Entretanto, ao utilizar o método de Irizaga (2019) e comparar os dados partindo da lista de produção, há menor convergência entre a produção mineral e a produção científica que entre a pesquisa e a produção em ciências agrárias: enquanto nos resultados da pesquisa de 2019 havia ausência de apenas 23% dos produtos nas palavras-chave, na pesquisa atual os resultados ficaram na faixa entre 52 e 59% de ausência. Observa-se a ausência de palavras-chave relacionadas a saibro, feldspato, vermiculita, amianto, cianita estanho e turfa em ambas as áreas. Resultados referentes a bauxita, níquel e potássio foram identificados apenas na área de Mineração, enquanto dolomito e zircônio foram encontrados apenas em Geologia. Os principais minérios presentes em palavras-chave das áreas de Mineração e Geologia, considerando tanto o valor de produção mineral bruta quanto beneficiada são areia, argilas, calcário, carvão, mineral, caulim, cobre, ferro, manganês, ouro, rochas britadas e cascalho e rochas ornamentais.

Retomando a questão de pesquisa, “Como a produção mineral se relaciona com a produção científica brasileira em Geologia e Mineração representada na *Web of Science* quanto aos assuntos pesquisados e os agradecimentos por financiamento?”, é possível respondê-la afirmando que a relação entre a produção científica e a produção mineral do ponto de vista do financiamento expresso nos agradecimentos é moderada, mas existente, e centrada nas duas principais empresas brasileiras: Vale e Petrobras. Quanto aos assuntos pesquisados, há relações especialmente quanto aos minerais areia, argilas, calcário, carvão, mineral, caulim, cobre, ferro, manganês, ouro, rochas britadas e cascalho e rochas ornamentais. Minérios de considerável importância econômica, como saibro, feldspato, vermiculita,

amianto, cianita, estanho e turfa não apareceram entre as principais palavras-chave pesquisadas. Pesquisas complementares poderiam explorar as causas da ausência de estudos a respeito destes minerais; estudos qualitativos, envolvendo pesquisadores das áreas, também poderiam contribuir para complementar as considerações a respeito. A continuidade da pesquisa poderia ocorrer com a ampliação do escopo, observando, no que possível, as áreas de pesquisa em outras bases de dados e fontes de informação, como a Plataforma Lattes ou mesmo na área de patentes. Adicionalmente, é possível sugerir novos estudos que busquem aproximar os setores econômicos e científicos, para melhor compreensão das relações entre as áreas, utilizando outras metodologias.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. **Grupo de trabalho aprova anteprojeto do novo Código de Mineração**. 2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/926257-grupo-de-trabalho-aprova-anteprojeto-do-novo-codigo-de-mineracao/>. Acesso em: 07 jan. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Anuário Mineral**. Brasília, DF: ANM, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Arrecadação CFEM**. Brasília, DF: ANM, 2021. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/relatorios/arrecadacao_cfem.aspx. Acesso em: 26 jan. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Processo de credenciamento**. Rio de Janeiro, RS: ANP, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/credenciamento-de-instituicoes/processo-de-credenciamento>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- ALMEIDA, E. P. Conheça a metodologia do ranking das empresas do Valor 1000. **Valor Econômico**. Rio de Janeiro, 06 set. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/valor-1000/noticia/2022/09/06/conheca-a-metodologia-do-ranking-das-empresas-do-valor-1000.ghtml>. Acesso em: 29 dez. 2022.
- ALVAREZ, G. R.; CAREGNATO, S. E. Financiamento nas publicações brasileiras com agradecimentos indexadas na *Web of Science*. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 26, n. Especial, p. 1–21, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2021.78358>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- AMARAL, A. J. R.; LIMA FILHO, C. A. **Mineração**. Disponível em: <https://www.dnmpm-pe.gov.br/Geologia/Mineracao.php>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- AMARAL, R. M. *et al.* Ultrapassando as barreiras de conversão e tratamento de dados: indicadores de produção científica dos programas de pós-graduação em engenharia de materiais e metalúrgica. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 228-253, 2017. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/article/view/66693>. Acesso em: 18 jan. 2021.
- ARAÚJO, C. A. Á. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/article/view/16>. Acesso em: 29 jan. 2022.
- ARAÚJO, C. A. Á. **O que é ciência da informação**. Belo Horizonte: KMA, 2018. 126 p. Disponível em:

<http://casal.eci.ufmg.br/?download=O%20QUE%20%C9%20CI%20CAN%C3%87IA%20DA%20INFORMA%C7%C3O.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

ARAUJO, E. R.; OLIVIERI R. D.; FERNANDES, F. R. C. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. *In*: FERNANDES, F. R. C.; ALAMINO, R. C. J.; ARAUJO, E. R. (ed.). **Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. p. 1-12. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1729>. Acesso em: 26 jan. 2021.

ARAÚJO, R. F. de; APPEL, A. L. O financiamento de projetos de pesquisa em ciência aberta: análise de dados da base Dimensions. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 26, n. Especial, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2021.78828>. Acesso em: 19 fev. 2022.

BADILLO, A. **O português e o espanhol na ciência**: notas para um conhecimento diverso e acessível. Madrid: OEI; Real Instituto Elcano, 2021. Disponível em: <https://oei.int/oficinas/secretaria-general/publicaciones/el-portugues-y-el-espanol-en-la-ciencia-apuntes-para-un-conocimiento-diverso-y-accesible>. Acesso em: 27 ago. 2022.

BOLACHA, E. Elementos sobre Epistemologia da Geologia: uma contribuição no Ano Internacional do Planeta Terra. **e-Terra**, v. 6, p. 1-16, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262728459_Elementos_sobre_Epistemologia_da_Geologia_uma_contribuicao_no_Ano_Internacional_do_Planeta_Terra. Acesso em: 15 maio 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 1.310 de 15 de janeiro de 1951. Cria o Conselho Nacional de Pesquisas, e dá outras providências. **Diário Oficial**. Rio de Janeiro, 16 jan. 1951. Seção 1, p. 809-812. Disponível em: http://biblioteca.in.gov.br/documents/271518/581260/DO_1_19510116_013.PDF/c0330e93-52b3-a98f-0bfa-e3ba86df0389?t=1574964739027&download=true. Acesso em 22 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 13575, de 26 de dezembro de 2017. Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nº 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e 10.826, de 22 de dezembro de 2003; e revoga a Lei nº 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). **Diário Oficial da União**. Brasília-DF, 27 dez. 2017. Seção 1, p. 1-4. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=1&data=27/12/2017&totalArquivos=212>. Acesso em: 05 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022**: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Econômico e Social. Brasília, DF: MCTIC, 2016. Disponível em: <http://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/990>. Acesso em: 22 set. 2022.

BRASIL MINERAL. **As maiores empresas do setor mineral**. n. 422, 2022.

BUDAPEST *Open Access Initiative*. Budapeste, 14. fev. 2002. Disponível em: <https://www.budapestopenaccessinitiative.org/translations/portuguese-translation>. Acesso em: 25 jun. 2021.

BUFREM, L. S. Revistas científicas: saberes no campo de Ciência da Informação. In: POBLACION, D. A.; WITTER, G. P.; SILVA, J. F. M. (Org.). **Comunicação & produção científica**: contexto, indicadores e avaliação. São Paulo: Angellara, 2006. p. 191-214.

BUSH, V. *As we may think*. **The Atlantic Monthly**, v. 176, n. 1, p. 101-108, jul. 1945. Disponível em: <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1945/07/as-we-may-think/303881/>. Acesso em: 18 ago. 2021.

CAMPELLO, B. S. Encontros científicos. In: CAMPELLO, B. S.; CENDÓN, B. V.; KREMER, J. M. (Org.). **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007a.

CAMPELLO, B. S. Traduções. In: CAMPELLO, B. S.; CENDÓN, B. V.; KREMER, J. M. (Org.). **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007b.

CAREGNATO, S. E.; VANZ, S. A. S. Citações e indicadores de impacto na avaliação de revistas. **Informação & Sociedade: estudos**, v. 30, n. 4, p. 1-18, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1809-4783.2020v30n4.57345>. Acesso em: 13 jan. 2022.

CASTILHOS, C. V. R; CAREGNATO, S. E. Análise bibliométrica da produção científica brasileira em Geologia e Engenharia de Minas: uma breve avaliação de bases de dados multidisciplinares. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE BIBLIOMETRIA E CIENTOMETRIA, 8., 2022, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: EBBC, 2022. p. 720-723. Disponível em: <https://ebbc.inf.br/ojs/index.php/ebbc/article/view/24>. Acesso em: 12 dez. 2022.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **Documento de área**: Geociências. Brasília, DF: CAPES, 2016a. Disponível em: https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/05_GEOC_docarea_2016.pdf. Acesso em: 28 maio 2022.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **Documento de área**: Geociências. Brasília, DF: CAPES, 2019a. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/geociencias-pdf>. Acesso em: 28 maio 2022.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **Documento de área**: Engenharias II. Brasília, DF: CAPES, 2016b. Disponível em: https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/ENG_II_docarea_2016.pdf. Acesso em: 28 maio 2022.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **Documento de área**: Engenharias II. Brasília, DF: CAPES, 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/engenharias-2-pdf>. Acesso em: 28 maio 2022.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **História e missão**. Brasília, DF: CAPES, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/historia-e-missao>. Acesso em: 22 set. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). **Bolsas no País e no Exterior**. Brasília, DF: CNPq, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cnpq/pt-br/aceso-a-informacao/bolsas-e-auxilios/copy_of_modalidades. Acesso em 27 set. 2022.

CORREIA, A. E. G. C. **O fluxo da informação no processo de pesquisa na UFPE: as influências das tecnologias da informação e comunicação**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89369>. Acesso em: 11 jan. 2022.

COSTA, S. S.; DESCOVI FILHO, L. L. V.; OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B. Esforços da pesquisa brasileira sobre mineração e impactos ambientais: uma visão geral de cinco décadas (1967-2017). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.296-313, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0029>.

COSTAS, R.; VAN LEEUWEN, T. N. *Approaching the “reward triangle”: General analysis of the presence of funding acknowledgments and “peer interactive communication” in scientific publications*. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 63, n. 8, p. 1647-1661, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/asi.22692>. Acesso em 25 set. 2022.

DECLARAÇÃO de São Francisco sobre avaliação da pesquisa. São Francisco: DORA, 2012. Disponível em: https://sfdora.org/wp-content/uploads/2018/11/DORA_Brazilian-Portuguese.pdf Acesso em: 29 ago. 2022.

DRUMMOND, M. A.; AUGUSTO, R. E. J. Mineração e Desenvolvimento Sustentável: dimensões, critérios e propostas de instrumentos. *In*: FERNANDES, F. R. C. *et al.* (Org.). **Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral**. Rio de Janeiro: CETEM, 2007. p. 245-271.

DUDZIAK, E. A. **Quem financia a pesquisa brasileira?**: um estudo *InCites* sobre o Brasil e a USP. São Paulo: SIBiUSP, 2018. Disponível em:

<https://www.abcd.usp.br/noticias/quem-financia-a-pesquisa-brasileira-um-estudo-incites-sobre-o-brasil-e-a-usp/>. Acesso em: 22 set. 2022.

EBERHARD, D. M.; SIMONS, G. F.; FENNIG, C. D. *Ethnologue: Languages of the World*. 25. ed. Dallas: SIL International, 2022. Disponível em: <http://www.ethnologue.com>. Acesso em: 27 ago. 2022.

FACURY, Daniel Machado *et al.* Panorama das publicações científicas sobre o rompimento da Barragem de Fundão (Mariana-MG): subsídios às investigações sobre o maior desastre ambiental do país. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 57, p. 306-333, 25 abr. 2019. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19970>. Acesso em: 27 dez. 2022.

FALAGAS, M. E. *et al.* Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. **The FASEB Journal**, v. 22, n. 2, p. 338-342, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1096/FJ.07-9492LSF>. Acesso em: 16 jan. 2022.

FERNANDES, H. D. H.; VILAN FILHO, J. L. Fluxo da informação científica: uma revisão dos modelos propostos na literatura em Ciência da Informação. **Em Questão**, v. 27, n. 2, p. 138-163, abr./jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.19132/1808-5245272.138-163>. Acesso em: 11 jan. 2022.

FERNANDES, L. A.; GOMES, J. M. M. Relatórios de pesquisa nas Ciências Sociais: características e modalidades de investigação. **ConTexto - Contabilidade em Texto**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, 2009. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/ConTexto/article/view/11638>. Acesso em: 25 set. 2022.

FERNANDES, R. B.; *et al.* Análise dos dados históricos da produção mineral brasileira entre os anos de 1997 a 2020. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 17., 2022, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Abge, 2022. p. 0-0. Disponível em: https://schenautomacao.com.br/cbge2022/envio/files/trabalho1_86.pdf. Acesso em: 27 dez. 2022.

FERREIRA, K. R. S. **O anglicismo na linguagem da mineração**: um estudo exploratório. 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Letras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/14388>. Acesso em: 18 jun. 2022.

FIGUEIREDO, L. M. Distribuição da Literatura Geológica Brasileira: estudo bibliométrico. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 27-40, jun. 1973. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/21>. Acesso em: 12 jan. 2021.

FIGUEIRÔA, S. F. M. Mineração no Brasil: aspectos técnicos e científicos de sua história na colônia e no império (séculos XVIII-XIX). **América Latina en la Historia Económica**, v. 1, n. 1, p. 41-55, 1 jan. 1994. Disponível em: <http://alhe.mora.edu.mx/index.php/ALHE/article/view/143>. Acesso em: 18 jun. 2022.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS (FINEP). Histórico. Rio de Janeiro: Finep, [2022]. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/historico>. Acesso em: 24 set. 2022.

FONSECA, E. N. Bibliografia estatística e bibliometria: uma reivindicação de prioridades. **Ciência da Informação**, v. 2, n. 1, 1973. Disponível em: <https://doi.org/10.18225/CI.INF..V2I1.19>. Acesso em: 29 jan. 2022.

FONTANELLI, S. A. **Diretrizes para organização, disseminação e recuperação dos atos normativos da Agência Nacional de Mineração**. 2018. Dissertação (Mestrado em Organização, Mediação e Circulação da Informação) - Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/D.27.2019.tde-14032019-170242. Acesso em: 18 jun. 2022.

FRAGOSO, S.; RECUERO, R.; AMARAL, A. **Métodos de pesquisa para a internet**. Porto Alegre: Sulina, 2012.

FREIRE, W.; LARA, D.; FREIRE, M. C.; JOHNSON, R.; MATTOS, T. **Mining Law Dictionary = Dicionário de Direito Minerário**. 3.ed. Belo Horizonte: Jurídica Editora, 2011.

FREITAS, C. M.; BARCELLOS, C.; ASMUS, C. I. R. F.; SILVA, M. A.; XAVIER, D. R. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e saúde coletiva. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 5, mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00052519>. Acesso em: 27 dez. 2022.

FREITAS, M. H. A. **Origens do periodismo científico no Brasil**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/13254>. Acesso em: 13 jan. 2022.

FREITAS, R. Tragédia de Mariana, 5 anos: sem julgamento ou recuperação ambiental, 5 vidas contam os impactos no período. **G1 Minas**. Minas Gerais, 05 nov. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/11/05/tragedia-de-mariana-5-anos-sem-julgamento-ou-recuperacao-ambiental-5-vidas-contam-os-impactos-no-periodo.ghtml>. Acesso em: 27 dez. 2022

FRODEMAN, R. O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. **Terrae Didática**, v. 6, n. 2, p. 85-99, 2010. DOI: 10.20396/td.v6i2.8637460. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637460>. Acesso em: 15 maio. 2022.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO (FAPESP). **Financiamento à pesquisa: como submeter propostas à FAPESP**. São Paulo: FAPESP, 2021. Disponível em: <https://fapesp.br/comosubmeterproposta>. Acesso em: 12 dez. 2022.

FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA (Portugal). **Sobre**: a FCT. 2022. Disponível em: <https://www.fct.pt/sobre/a-fct/>. Acesso em: 12 out. 2022.

GLÄNZEL, W. ***Bibliometrics as a research field: a course on theory and application of bibliometric indicators***. 2003. Disponível em: http://nsdl.niscair.res.in/bitstream/123456789/968/1/Bib_Module_KUL.pdf. Acesso em: 17 jun. 2022.

GLÄNZEL, W. *et al.* ***Proceedings literature as additional data source for bibliometric analysis***. ***Scientometrics***, v. 68, n. 3, p. 457-473, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11192-006-0124-Y>. Acesso em: 16 fev. 2022.

GÓES, G. *et al.* Evolução macroeconômica do setor extrativo mineral brasileiro no período 2018-2021: uma análise comparativa entre o período pré-pandêmico e o da pandemia da covid-19. ***Carta de Conjuntura (IPEA)***, Brasília, n. 57, nota n. 5, p. 1-15, 31 out. 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2022/10/evolucao-macroeconomica-do-setor-extrativo-mineral-brasileiro-no-periodo-2018-2021-uma-analise-comparativa-entre-o-periodo-pre-pandemico-e-o-da-pandemia-da-covid-1/>. Acesso em: 27 dez. 2022.

GONÇALVES, A.; RAMOS, L. M. S. V. C.; CASTRO, R. C. F. Revistas científicas: características, funções e critérios de qualidade. In: POBLACION, D. A.; WITTER, G. P.; SILVA, J. F. M. (Org.). ***Comunicação & produção científica***: contexto, indicadores e avaliação. São Paulo: Angellara, 2006. p. 165-190.

GONÇALVES, R. J. A. F. Capitalismo extrativista na América Latina e as contradições da mineração em grande escala no Brasil. ***Brazilian Journal of Latin American Studies***, v. 15, n. 29, p. 38-55, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/prolam/article/view/133593>. Acesso em: 04/01/2022.

HANKS, J. A. ***Dicionário técnico industrial***: inglês/português/inglês. Rio de Janeiro: Livraria Garnier, c2001.

HARZING, A. W. *Two new kids on the block: How do Crossref and Dimensions compare with Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus and the Web of Science?* ***Scientometrics***, v. 120, n. 1, p. 341–349, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11192-019-03114-Y>. Acesso em: 16 jan. 2022.

HARZING, A. W.; ALAKANGAS, S. *Google Scholar, Scopus and the Web of Science: a longitudinal and cross-disciplinary comparison*. ***Scientometrics***, v. 106, n. 2, p. 787–804, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11192-015-1798-9>. Acesso em: 16 jan. 2022.

HAYASHI, M. C. P. I.; GUIMARÃES, V. A. L. A comunicação da ciência em eventos científicos na visão de pesquisadores. ***Em Questão***, v. 22, n. 3, p. 161-183, 2016. DOI: 10.19132/1808-5245223.161-183 Acesso em: 16 fev. 2022.

HICKS, D.; *et al.* *The Leiden Manifesto for research metrics*. **Nature**, v. 520, p. 429-431, 2015. Disponível em: <http://www.nature.com/news/bibliometrics-the-leiden-manifesto-for-research-metrics-1.17351>

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Mineração em números**. 2021. Disponível em: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Infografico_Minerao_em-Numeros_2021-2.pdf. Acesso em: 27 dez. 2022.

IRIZAGA, Karen Ribeiro de Freitas. **Análise da produção científica por unidade federativa brasileira e a relação com a produção agropecuária: estudo bibliométrico dos artigos científicos publicados em Ciências Agrárias na Scopus (2008-2017)**. 2019. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/190033>. Acesso em: 18 set. 2022.

LISÉE, C.; LARIVIÈRE, V.; ARCHAMBAULT, É. *Conference proceedings as a source of scientific information: A bibliometric analysis*. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 59, n. 11, p. 1776–1784, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ASI.20888>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MANSUR, Rafaela; ANDRADE, Jordânia. Brumadinho: quase 4 anos após tragédia, polícia civil identifica mais uma vítima do rompimento de barragem da Vale. **G1 Minas**. Belo Horizonte, p. 1-1. 20 dez. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2022/12/20/brumadinho-quase-4-anos-apos-tragedia-policia-civil-identifica-mais-uma-vitima-do-rompimento-de-barragem-da-vale.ghtml>. Acesso em: 27 dez. 2022.

MARTÍN-MARTÍN, A. *et al.* *Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories*. **Journal of Informetrics**, v. 12, n. 4, p. 1160-77, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2018.09.002>. Acesso em: 15 jan. 2022.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MEADOWS, A. J. **A comunicação científica**. Brasília, DF: Briquet de Lemos, 1999.

MEDEIROS, Karina Andrade. **Tabela de correlação das substâncias - AMB**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <carla.castilhos@gmail.com>, em: 19 dez. 2022.

MELO, J. H. N.; TRINCA, T. P.; MARICATO, J. M. Limites dos indicadores bibliométricos de bases de dados internacionais para avaliação da Pós-Graduação brasileira: a cobertura da *Web of Science* nas diferentes áreas do conhecimento. **Transinformação**, v. 33, e200071, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0889202133e200071>. Acesso em: 29 ago. 2022.

MORILLO, F.; ÁLVAREZ-BORNSTEIN, B. *How to automatically identify major research sponsors selecting keywords from the WoS Funding Agency field.*

Scientometrics, v. 117, n. 1, p. 1755-70, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s11192-018-2947-8>. Acesso em: 19 dez. 2022.

MUELLER, S.P. M. Literatura científica, comunicação científica e ciência da informação. In: Toutain, L. M. B. B (Org.) **Para entender a Ciência da Informação**. Salvador: EDUFBA, 2007. p. 125-144.

MUELLER, S. P. M. O periódico científico. In: CAMPELLO, B. S.; CENDÓN, B. V.; KREMER, J. M. (Org.). **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: UFMG, 2000. p. 73-96.

MUGNAINI, R.; IGAMI, M. P. Z.; KRZYZANOWSKI, R. F. Acesso aberto e financiamento da pesquisa no Brasil: características e tendências da produção científica. **Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 27, p. 1-26, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2022.E78818>. Acesso em: 19 fev. 2022.

MUGNAINI, R.; STREHL, L. Recuperação e impacto da produção científica na era Google: uma análise comparativa entre o Google Acadêmico e a *Web of Science*. **Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, n. esp. 1. sem., p. 92-105, 2008. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/91728>. Acesso em: 09 fev. 2022.

MUGNAINI, R.; et al. Panorama da produção científica do Brasil além da indexação: uma análise exploratória da comunicação em periódicos. **Transinformação**, v.31, e190033, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0889201931e190033>. Acesso em: 28 ago. 2022.

OLIVEIRA, E. F. T. **Estudos métricos da informação no Brasil**: indicadores de produção, colaboração, impacto e visibilidade. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2018.

ORTIZ, L. C. **Subsídios para uma História das Geociências no Brasil entre 1980 e 2000 por meio da análise quantitativa de periódicos**: um estudo pela perspectiva bibliométrica e redes sociais. 2009. 318 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2009.439386>. Acesso em: 12 jan. 2021.

PACKER, A. L. *et al.* SciELO: uma metodologia para publicação eletrônica. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-19651998000200001>. Acesso em: 16 jan. 2022.

PAUL-HUS, A.; DESROCHERS, N.; COSTAS, R. *Characterization, description, and considerations for the use of funding acknowledgement data in Web of Science.* **Scientometrics**, v. 108, n. 1, p. 167-182, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11192-016-1953-Y/TABLES/3>. Acesso em: 19 fev. 2022.

PAVAN, C. **Produção científica do Brasil**: relações entre o acesso aberto à informação científica e a política de financiamento público para a publicação de

artigos mediante o pagamento de *Article Processing Charge* (APC). 2018. 99 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/185052>. Acesso em: 10 ago. 2021.

PLETSCH, U. M. **Terminologia da Geologia**: um estudo descritivo para a tradução. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Linguística Aplicada) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/3334>. Acesso em: 15 maio 2022.

POLIGNANO, M. V.; LEMOS, R. S. Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na bacia do rio paraopeba. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 72, n. 2, p. 37-43, abr. 2020. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200011. Acesso em: 27 dez. 2022.

POTAPOVA, M. Geologia como uma ciência histórica da natureza. **Terrae Didactica**, Campinas, SP, v. 3, n. 1, p. 86-90, 2015. DOI: 10.20396/td.v3i1.8637480. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637480>. Acesso em: 28 maio. 2022.

PRITCHARD, A. *Statistical Bibliography or Bibliometrics?* **Journal of Documentation**, v. 25, n. 4, p. 348-349, dez. 1969.

RUSSO, F. F. **Privatização da Vale do Rio Doce**: manifestações e implicações. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração Pública, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/3567>. Acesso em: 02 jan. 2023.

SANCHES, J. G.; BERGERMAN, M. G.; ROVERI, C. D. A expansão do ensino superior no Brasil: um diagnóstico dos cursos de graduação em engenharia de minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44., 2016, Natal. **Anais [...]**. Natal: COBENGE, 2016.

SANTANA, A.; MUGNAINI, R. A internacionalização nas Geociências da USP: comparação entre coberturas da *Web of Science* e da *Scopus* no nível micro. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 24, p. 111-133, Edição Especial 6 EBBC, 2018. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/EmQuestao/article/view/86985/52328>. Acesso em: 25 jan. 2021.

SANTANA, S. A. **Políticas e programas institucionais de apoio a periódicos científicos em universidades públicas estaduais paulistas**: panorama histórico e indicadores de atividade. 2019. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.27.2019.tde-27122019-165836>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SANTOS, R. A. **Análise de coocorrência de palavras na pesquisa brasileira em HIV/AIDS indexada na Web of Science no período 1993-2013**. 2015. Dissertação (Mestrado em Comunicação e Informação) - Universidade Federal do Rio Grande do

Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/122180>. Acesso em: 09 jan. 2022.

SANTOS, R.N.M.; KOBASHI, N.Y. Bibliometria, cientometria, informetria: conceitos e aplicações. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 155-172, jan./dez., 2009.

SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE (SCIELO). **Sobre o SciELO**. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.org/pt/sobre-o-scielo/>. Acesso em: 16 jan. 2022.

SICILIANO, M. L. A. **Paleontologia brasileira**: uma análise sob o ponto de vista da maturidade. 2018. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia / Escola de Comunicação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://ridi.ibict.br/handle/123456789/975>. Acesso em: 25 jan. 2021.

SILVA, J. F. M.; RAMOS, L. M. S. V. C.; NORONHA, D. P. Bases de dados. In: POBLACION, D. A.; WITTER, G. P.; SILVA, J. F. M. (Org.). **Comunicação & produção científica**: contexto, indicadores e avaliação. São Paulo: Angellara, 2006. p. 261-286.

SILVA, K. K. R. B.; SOARES, S. V. A caracterização das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA, 20., 2021, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2021. p. 11-25. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/230275>. Acesso em: 25 set. 2022.

SILVA, M. V. C.; CRISPIM, A. B. **Geologia Geral**. Fortaleza: EdUECE, 2019.

SILVA, S. F. R.; ALVES, F. M. M.; BARREIRAS, M. I. S. Comunicação científica: visão diacrônica de alguns subsídios teóricos. **Revista Fontes Documentais**, v. 2 n. 1, n. 1, p. 67-87, 2019. Disponível em: <https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/index.php/fontesdocumentais/article/view/426>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SILVA FILHO, C. F.; BENEDICTO, S. C.; SUGAHARA, C. R.; SILVA, L. H. V.; VIOTTI, R. M.; CONTI, D. M. Análise das ações de responsabilidade social nos setores metalúrgico e de mineração no Brasil. **Revista Administração em Diálogo (RAD)**, v. 23, n. 2, p. 27-41, 5 maio 2021. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/rad/article/view/49160>. Acesso em: 29 dez. 2022.

SÖDERQVIST, T.; SILVERSTEIN, A. *Participation in scientific meetings: a new prosopographical approach to the disciplinary history of science: the case of immunology, 1951-1972*. In: SCANLON, Eillen; HILL, Roger; JUNKER, Kirk (Eds.). **Communicating science: professional contexts**. London: Routledge, 1999. p. 101-131.

SPINAK, E. Indicadores cientométricos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 141-148, maio/ago. 1998. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651998000200006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 fev. 2021.

THELWALL, M. *Bibliometrics to webometrics*. **Journal of Information Science**, v. 34, n. 4, p. 605-621, jun. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0165551507087238>. Acesso em 17 jun. 2022.

UK RESEARCH AND INNOVATION (Reino Unido). **Who we are**. 2022. Disponível em: <https://www.ukri.org/about-us/who-we-are/>. Acesso em: 12 out. 2022.

U. S. NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (Estados Unidos da América). **About NSF**. [2022]. Disponível em: <https://beta.nsf.gov/about>. Acesso em: 12 out. 2022.

VALOR 1000. São Paulo: Valor Econômico, n. 22, set. 2022.

VAN RAAN, A. *The use of bibliometric analysis in research performance assessment and monitoring of interdisciplinary scientific developments*. **TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis**, DE, v. 12, n. 1, p. 20-29, 2003. DOI: 10.14512/tatup.12.1.20. Disponível em: <https://www.tatup.de/index.php/tatup/article/view/6584>. Acesso em: 26 set. 2022.

VANZ, S. A. de S.; STUMPF, I. R. C. Procedimentos e ferramentas aplicados aos estudos bibliométricos. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 20, n. 2, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/4817>. Acesso em: 16 jan. 2022.

VILLAS-BOAS, A. L. **Mineração e desenvolvimento econômico: a questão nacional nas estratégias de desenvolvimento do setor mineral (1930-1964)**, vol. 1. Série Estudos e Documentos, 29. Rio de Janeiro: CETEM, 1995.

WANG, J.; SHAPIRA, P. *Funding acknowledgement analysis: an enhanced tool to investigate research sponsorship impacts: the case of nanotechnology*. **Scientometrics**, v. 87, n. 3, p. 563-86, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0362-5>. Acesso em: 19 dez. 2022.

WESTIN, R. Criação da Petrobras rachou senado em 1953. **Senado Notícias**. Brasília, DF, 06 jun. 2014. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/arquivo-s/criacao-da-petrobras-rachou-senado-em-1953>. Acesso em: 02 jan. 2023.

ZIMAN, J. **Conhecimento público**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.

ANEXOS

Anexo 1 – Classificação de minérios/substâncias em língua portuguesa

Minerais metálicos				Não-metálicos								Energéticos	
Ferrosos	Não-ferrosos	Preciosos	Raros	Rochas e minerais industriais (RMIs)						Gemas	Águas	Radioativos	Combustíveis fósseis*
ferro	cobre	ouro	escândio	Construção civil	Indústria química	Cerâmicos	Pigmentos	Agrominerais	Minerais “ambientais”	diamante	minerais	urânio	petróleo
manganês	zinco	prata	índio	brita	enxofre	argilas	barita	fosfato	bentonita	esmeralda	subterrâneas	tório	turfa
cromo	chumbo	platina	germânio	areia	barita	caulins	ocre	calcário	atapulgita	safira			linhito
níquel	estanho	ósmio	gálio	calcário	bauxita	feldspatos	minerais de titânio	sais de potássio	zeólitas	turmalina			carvão
cobalto	alumínio	irídio		areia	fluorita	sílica		enxofre	vermiculita	opala			antracito
molibdênio	magnésio	paládio		argila	cromita	talco		fonolito		topázio			
nióbio	titânio	rutênio		gipsita	pirita	zirconita		flogopita		águas marinhas			
vanádio	berílio	ródio		granito				gipsita		ametista			
wolfrâmio				gnaisse				zeólita					
				quartzito									
				mármore									
				ardósia									
				amianto									
				gipsita									
				vermiculita									

Fonte: elaborado pela autora com informações de Luz (2010).

Anexo 2 – Principais minérios e substâncias e sua tradução em língua inglesa

minério/substância	tradução em língua inglesa
alumínio	aluminium
ametista	amethyst
amianto	asbestos
antracito	anthracite
ardósia	slate
areia	sand
argila	clay
atapulgita	attapulgite
barita	baryta
bauxita	bauxite
bentonita	bentonite
berílio	beryllium
brita	broken stone
calcário	limestone
carvão	coal
caulim	kaolim
chumbo	lead
cobalto	cobalt
cobre	copper
cromita	chromite
cromo	chromium
diamante	diamond
enxofre	sulphur; brimstone
escândio	scandium
esmeralda	emerald
estanho	tin
feldspato	feldspar/felspar
ferro	iron
fluorita	fluorite
fosfato	phosphate
gálio	gallium
germânio	germanium
gipsita	gypsite/gypsum
gnaisse	gneiss
granito	granite
hematita	hematite
índio	indium
irídio	iridium
linhito	lignite
magnésio	magnesium

manganês	manganese; black wad
mármore	marble
molibdênio	molybdenum
nióbio	niobium; columbium
níquel	nickel
ocre	ochre; ocher
opala	opal
ósmio	osmium
ouro	gold
paládio	palladium
petróleo	oil; petroleum
pirita	iron pyrites
platina	platinum
prata	silver; argentum
quartzito	quartzite
rocha ornamental	ornamental rock
ródio	rhodium
rutênio	ruthenium
safira	sapphire
talco	talc; French chalk
titânio	titanium
topázio	topaz
tório	thorium
turfa	turf; peat
turmalina	tourmaline; turmaline
urânio	uranium
vanádio	vanadium
zinco	zinc; zink
zirconita	zirconite

Fonte: elaborado pela autora em consulta às obras de referência Hanks (2001) e Freire (2011).