

EMIÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

CÁSSIA MARILDA DUARTE LIMA BITENCURT¹;
JONES BITTENCOURT MACHADO²;
WILLIAN CEZAR NADALETTI³;

¹Universidade Federal de Pelotas – cassiaduartelima@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – jones.bittencourt@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – williancezarnadaletti@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A utilização de combustíveis fósseis na produção de energia elétrica causa preocupação devido aos impactos negativos ocasionados ao meio ambiente, o que leva ao desenvolvimento de pesquisas voltadas para a mitigação das emissões atmosféricas (LINHARES et al. 2024). O uso de fontes não renováveis para a geração de energia, causam consequências significativas ao meio ambiente e à saúde humana (LOPES, 2023).

Nesse contexto, a análise bibliometria permite uma análise mais objetiva e confiável das produções científicas conforme o crescimento das publicações. O uso do bibliometrix, um software que pode ser utilizado na linguagem R, permite uma avaliação vasta e robusta das análises bibliométricas mais abrangentes (ARIA; CUCCURULLO, 2017; TERRA et al. 2022).

A cienciometria é a quantificação e medição do progresso científico através da utilização de indicadores bibliométricos. É utilizada para entender a dinâmica dos impactos das produções acadêmicas em diversas áreas, oferece uma visão quantitativa e objetiva, além de complementar a avaliação qualitativa realizada por especialistas em determinada área.

Assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica da produção científica relacionada às emissões de material particulado PM_{2,5} (partículas inaláveis em suspensão com diâmetro menor ou igual a 2,5 µm) e PM₁₀ (partículas inaláveis em suspensão com diâmetro menor ou igual a 10 µm) na utilização do carvão mineral, com ênfase nos impactos ambientais e na utilização de tecnologias em usinas termoeletricas.

2. METODOLOGIA

Inicialmente, a coleta de dados foi realizada nas bases Scopus e Web of Science, reconhecidas como as principais fontes de informação científica por abrangerem áreas multidisciplinares. Essas bases incluem pesquisas em diversos campos do conhecimento, como ciências e tecnologias, saúde, ciências sociais, humanas, entre outros.

A estratégia de busca contemplou as seguintes palavras-chave: *particulate matter, PM 10, PM 2.5, mineral coal, hard coal, bituminous coal, emission, air pollution, coal-fired power plant*.

A busca nessas bases de dados foi realizada no dia 20 de agosto de 2025, desconsiderando publicações inseridas após essa data. A string de busca utilizada é ilustrada no Quadro 1, juntamente com os operadores booleanos utilizados para

a busca por Títulos, Resumo e Palavras-chave, com intuito de abranger a área de estudo e obter resultados mais relevantes para o objetivo da pesquisa.

Quadro 1: String de busca

```
(TITLE-ABS-KEY ("particulate matter" OR PM2.5 OR PM10)) AND
TITLE-ABS-KEY ("mineral coal" OR "hard coal" OR "bituminous coal") AND
TITLE-ABS-KEY ((emission OR emissions OR "air pollution" OR "coal-fired
power plant")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO
(DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))
```

Autores, (2025).

Após a aplicação dos critérios de seleção por meio das próprias plataformas da *Scopus* e *Web Of Science*, os arquivos contendo os metadados dos artigos foram selecionados e exportados, sendo os arquivos da *Scopus* em formato CSV e da *Web Of Science* em formato TXT. Para análise dos resultados foi utilizado o Software de código aberto RStudio na versão 4.5.1. Em complemento, foi utilizado o Microsoft Excel, além do pacote de dados para a linguagem de programação RStudio, bibliometrix na versão 5.0. Essa análise foi essencial para identificar os principais autores, afiliações, países, palavras-chave mais citadas, entre outras, além da exclusão de documentos duplicados. Foram analisados os seguintes parâmetros: Quantidade de documentos publicados por ano, autores mais relevantes, frequência, afiliações mais relevantes e produção científica de países.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na estratégia de busca definida e aplicada obteve-se os seguintes resultados conforme ilustra o Quadro 2.

Quadro 2: Resultados obtidos antes aplicação RStudio

| Base de dados | Resultado |
|----------------|-----------|
| Scopus | 73 |
| Web Of Science | 80 |
| Total | 153 |

Autores, (2025).

Abaixo no Quadro 3 estão representados os resultados obtidos após a aplicação dos dados no RStudio.

Quadro 3: Resultados obtidos após aplicação RStudio

| Base de dados | Resultados |
|-------------------------|------------|
| Scopus e Web Of Science | 89 |
| Duplicados | 64 |

Autores, (2025).

A análise das publicações anuais revela que no ano de 2022 registrou-se o maior número de artigos relacionados a essa temática, com um total de 26 publicações. Em 2021 foram publicados 17 artigos; em 2023, 16; em 2020, 15; e por fim, em 2024, apenas 12. Esses dados indicam um crescimento na produção científica entre 2020 e 2022, seguido por uma queda nos anos de 2023 e 2024. Tal tendência pode sugerir uma estabilidade nas áreas de publicações ou possíveis mudanças nas linhas de pesquisa.

Para a análise de autores foram identificados dez autores mais relevantes, destacando-se Zhang Y. com total de 14 artigos publicados em primeiro lugar, Sun J. com total de 10 artigos em segundo lugar, Shen Z. com total de 9 artigos em terceiro lugar, posteriormente se destacam, Cao J. e Zhang B. ambos com 7 artigos, Wang G. e Xu H. ambos com 6 artigos e Ho S., Wang Y. e Zhou Y. ambos com 5 artigos.

A análise de palavras-chave mais frequentes permite identificar os principais temas e tendências dentro da pesquisa, evidenciando padrões de estudos, áreas emergentes, conceitos centrais e qual tópico reflete a maior importância dentro da comunidade científica. *Particulate matter* aparece com 36 ocorrências, *combustion* com 19 ocorrências, *coal* com 18 ocorrências, PM 2.5 com 17 ocorrências, *biomass* com 16 ocorrências, *emission* com 15 ocorrências, *coal combustion* com 14 ocorrências, *source apportionment* com 13 ocorrências, *polycyclic aromatic-hydrocarbons* com 12 ocorrências e *emissions* com 11 ocorrências. Esse mapeamento ajuda a reconhecer lacunas e oportunidades de pesquisas futuras.

Para a análise de afiliações mais relevantes encontramos a liderança de Chinese Academy Of Sciences e Xi'an Jiaotong University, com 18 e 16 artigos, respectivamente. As demais afiliações também reforçam a contribuição das instituições para a produção científica.

Na análise de produção científica por países a China lidera com total de 134 publicações, Estados Unidos e Polônia ocupam o segundo e terceiro lugar com 22 e 23 artigos respectivamente. A Coreia do Sul e o Brasil se destacam com 18 e 14 artigos, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

A análise bibliométrica evidencia uma evolução no interesse científico sobre o tema estudado, refletindo o aumento das produções anuais. Os documentos selecionados evidenciam contribuições científicas no campo de principais autores. A avaliação das palavras-chave mais frequentes revela tópicos centrais e tendências predominantes, permitindo identificar falhas e oportunidades de aprofundamento em pesquisas futuras. Concluindo, esses dados demonstram que há consolidação do conhecimento, mas ainda existem áreas pouco exploradas que podem contribuir para novos estudos e aprofundamento científico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIA, M. CUCCURULLO, C. Bibliometrix: Uma ferramenta R para análise abrangente de mapeamento científico. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

LINHARES, F. A. NUNES, K. G. P. MELO, P. J. MARCILIO, N. R. Avaliação de emissões atmosféricas e cinzas geradas na cocombustão de carvão mineral com resíduos florestais. **Ciência Florestal**, v. 34, n. 4, p. e83749, 2024.

SANTOS JR, R. M.; RAMALHO, R.; CUNHA, A.; LEAL FILHO, L. Bancada para caracterização de emissão de poeira de minérios e técnicas de supressão de poeira. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS**, 2017.

SILVA, J. A.; BIANCHI, M. L. P. Cientometria: a métrica da ciência. ***Paidéia (Ribeirão Preto)***, v. 11, n. 20, p. 5-10, 2001.

TERRA, A. GOMES, C.F.S. COSTA, I. SANTOS, M. Análise bibliométrica com o software Bibliometrix. **XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, Foz do Iguaçu/PR, 2022.

ZHANG, B. SUN, J. JIANGC, N. ZENG, Y. ZHANG, Y. HE, K. XU, H, LIU, S. HO, S.S.H. QU, L. CAO, J. SHEN, Z. Fatores de emissão, características e partição gás-partícula de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos em PM_{2,5} emitidos para combustões típicas de combustível sólido na planície rural de Guanzhong, China. **Poluição ambiental**. v.286. 2021.

ZHANG, Y. SHEN, Z. SUN, J. ZHANG, L. ZHANG, B, ZOU, H. ZAIG, T. HANG, S. S. CHANG, X. XU, H. WANG, T. CAO, J. Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos originais, alquilados, oxigenados e nitrados em PM_{2,5} emitidos pela queima de biomassa residencial e combustão de carvão: um novo banco de dados de 14 cenários de aquecimento. **Poluição Ambiental**. V. 268, Parte A. 2021.