

BIBLIOMETRIA DA USINAGEM POR EDM NO INCONEL 718

Giovani C. Carlini, PUCPR e IFSC, giovani.carlini@ifsc.edu.br

Fred L. Amorim, PUCPR, fred.amorim@pucpr.br

Resumo. Este estudo descreve uma metodologia destinada à elaboração de uma análise bibliométrica centrada na usinagem por descarga elétrica (EDM) aplicada ao material Inconel 718. Conforme descrito na literatura, a EDM continua sendo uma das tecnologias de produção mais importantes para fabricar componentes complexos tridimensionais precisos em materiais condutores com baixa usinabilidade. A pesquisa se baseou em uma revisão abrangente das publicações globais, utilizando os termos "Machining" e "Electrical Discharge Machining-EDM". Observou-se que a EDM tem sido objeto de um volume substancial de pesquisas na China, Índia e Canadá. Para a pesquisa tecnológica aplicada, empregou-se o banco de dados Web of Science. Para a integração bibliométrica do banco de dados, foram pesquisadas ferramentas com base em critérios de gratuidade, documentação e interface de usuário. A ferramenta VOSviewer destacou-se como uma escolha bem-sucedida ao se integrar ao Web of Science, proporcionando uma compreensão abrangente dos principais tópicos de pesquisa e suas interconexões. Os termos de pesquisa concentraram-se em EDM, Inconel 718, eletrodo, excluindo WEDM, abrangendo um período de análise dos últimos 25 anos, resultando em um total de 170 referências listadas. Através do uso da ferramenta bibliométrica, foram identificadas técnicas complementares em relação ao processo clássico. Novos termos como PMEDM e ultrassom, foram desconsiderados. Como resultado, foram identificados 60 trabalhos relacionados, revelando suas interconexões e agrupamentos de termos-chave frequentemente associados. Percebeu-se como oportunidades de futuras pesquisas a aplicação de diferentes materiais para eletrodos na usinagem EDM do Inconel 718.

Palavras-chave: Bibliometria, EDM e Inconel 718, Eletrodo.

1. INTRODUÇÃO

A comunicação por meio de periódicos é amplamente utilizada pelos pesquisadores para divulgar seus estudos. Nos últimos anos, a comunidade acadêmica tem demonstrado interesse em compreender a estrutura intelectual das produções em diversas áreas do conhecimento, resultando em diversos estudos sobre o assunto. A análise bibliométrica é uma técnica de pesquisa que quantifica as publicações científicas de autores e instituições em periódicos acadêmicos de seleção criteriosa. Utilizando métodos matemáticos e estatísticos, a bibliometria permite realizar previsões e apoiar decisões. Nesse contexto, a bibliometria desempenha um papel importante nas investigações, mapeamentos e análises de temas acadêmicos diversos (Ribeiro 2017).

Diante do atual volume de publicações eletrônicas, programas de computador desempenham um papel crucial na ciência, sendo indispensáveis para análises, simulações e visualizações no contexto científico. A grande quantidade e variedade de dados gerados pelas pesquisas científicas tornam os softwares essenciais no fluxo de trabalho de pesquisadores de diversas áreas. Assim, a bibliometria se beneficia enormemente da adoção de softwares acadêmicos e comerciais. As análises bibliométricas aplicam métodos matemáticos e estatísticos às publicações acadêmicas, permitindo a avaliação de padrões relacionados à publicação e ao uso de documentos (Guimarães, Moreira e Bezerra 2021).

Além disso, essas análises possibilitam a medição e avaliação dos resultados das pesquisas em diferentes formatos. No entanto, o desenvolvimento de softwares bibliométricos apresenta desafios, demandando um esforço significativo no projeto e na implementação. A visibilidade do software na ciência tem se tornado uma questão relevante, uma vez que é necessário compreender e garantir a qualidade das pesquisas realizadas. Essa preocupação vai além de aspectos técnicos e inclui elementos como o compartilhamento de dados e recursos, com o objetivo de agilizar o trabalho dos pesquisadores (Moreira, Guimarães e Tsunoda 2020).

Em conformidade com a pesquisa realizada por Oliveira e Guarulhos (2015), buscou-se realizar de uma bibliometria assistida por software tematizando a usinagem por *Electrical Discharge Machining* EDM no Inconel 718 e seus destaques para o avanço do conhecimento nessa área específica. Por intermédio da análise bibliométrica é possível identificar as principais tendências, lacunas e direcionamentos de pesquisa relacionados ao tema. Além disso, essa abordagem permite a avaliação da produção científica, a identificação de colaborações entre pesquisadores e a análise de impacto das publicações.

Para compreender o volume de aplicação EDM no Inconel 718, Nair *et al.* (2023) realizam uma análise minuciosa dos procedimentos de usinagem em superligas à base de níquel, destacando que a utilização de métodos não convencionais representa aproximadamente 18% do total entre os processos de fabricação. Em uma investigação mais aprofundada, Rath *et al.* (2023) relatam que, entre os processos não convencionais utilizados, a usinagem EDM representa aproximadamente 30 % de todas as aplicações. Portanto, a bibliometria desempenha um papel fundamental ao fornecer uma orientação estratégica para pesquisas envolvendo a usinagem por EDM no Inconel 718.

O objetivo da pesquisa visa examinar, por meio de abordagens atualizadas, a integração de metodologias em bancos de dados para ferramentas bibliométricas, a fim de identificar os requisitos necessários para investigar e compreender os

principais conjuntos de conhecimentos relacionados ao processo de usinagem por EDM do Inconel 718 encontradas na internet. Além disso, identificar as tendências de pesquisa e fornecer direcionamentos para trabalhos futuros.

2. METODOLOGIA

Uma análise abrangente para o processo foi realizada observando tendências na área de usinagem, recorreu-se ao portal *Google Trends* utilizando os termos "*machining*" e "*electrical discharge machining-EDM*". Explorou-se o mecanismo de busca para mapear a popularidade desses termos ao longo dos últimos cinco anos. O *Google Trends* proporcionou uma perspectiva valiosa sobre a evolução do interesse público e do engajamento online relacionado à usinagem, auxiliando na compreensão das flutuações sazonais e das tendências de longo prazo. Essa análise permite uma abordagem assertiva dos dados bibliométricos ao selecionar termos para inferir às bases de dados, contribuindo e destacando as áreas de maior relevância e interesse no momento.

As bases de dados Scopus e Web of Science são os maiores repositórios que fornecem artigos e livros sobre o conhecimento produzido na literatura (Nair *et al.* 2023). O banco de dados *Web of Science* foi utilizado para obter os dados referentes à usinagem de superligas. O banco de dados Web of Science compreende os periódicos indexados pelo *Institute for Scientific Information* - ISI. Nesta base, a busca foi realizada em maio de 2023 a partir dos termos "EDM", "Inconel 718", "electrode" e removendo "WEDM"; com a seguinte expressão: ((TITLE-ABS-KEY ("EDM")) AND (TITLE-ABS-KEY ("INCONEL 718")) AND (TITLE-ABS-KEY ("ELECTRODE")) AND-NOT (TITLE-ABS-KEY ("WEDM"))), inferindo uma faixa de pesquisa dos últimos 25 anos. Os resultados da pesquisa apresentaram um cumulativo de 170 artigos entre artigos de periódicos, bem como artigos de conferências e capítulo de livro. A partir disso, as análises bibliométricas foram iniciadas.

A definição do software para a realização da análise bibliométrica foi realizada de acordo com os critérios estabelecidos por Moreira *et al.* (2020), onde os autores selecionaram-nos da seguinte forma: a) documentação oficial, fornecida pelo desenvolvedor; b) documentação recente e atualizada; c) explicação do significado de cada métrica; d) detalhe dos parâmetros das análises; e) existência de exemplos de como realizar as análises e f) existência de outras fontes de documentação (notebooks; slides; vídeos, tutoriais). Adicionalmente, foram incluídos nesta pesquisa os critérios de gratuidade na licença do aplicativo e da presença de interface gráfica para geração de imagens das métricas selecionadas. A partir do levantamento, foi definida a seguinte ordem dos softwares, conforme descrito na Tabela (1).

Tabela 1. Ranqueamento dos softwares de acordo com os critérios combinados. Adaptado de (Moreira *et al.* 2020).

Ferramenta	Gratuidade na licença	Documentação informativa	Interface gráfica ambiente p/ usuário	Posição
VOSviewer	Sim ✓	Alta ✓	Sim ✓	1
Publish or Perish	Sim ✓	Alta ✓	Sim ✓	2
Bibliometrix/Biblioshiny	Sim ✓	Alta ✓	Parcial 🟡	3
CiteSpace	Sim ✓	Média 🟡	Sim ✓	4
Metaknowledge	Sim ✓	Média 🟡	Não ✖	5
Bibexcel	Sim ✓	Baixa ✖	Sim ✓	6
Network Workbench Tool	Sim ✓	Baixa ✖	Sim ✓	7

✓ Contribui positivamente para a avaliação

🟡 Contribui parcialmente para a avaliação

✖ Não apresenta requisitos para a avaliação

Após a avaliação dos critérios estabelecidos, verificou-se que a ferramenta VOSviewer demonstrou uma integração bem-sucedida dos parâmetros. Como resultado, dos 170 resultados iniciais, constatou-se a existência de técnicas complementares ao processo clássico de EDM. Realizou-se, então, uma nova análise dos termos adicionais, como *Powder Mixed Electric Discharge Machining* - PMEDM, bem como técnicas auxiliares envolvendo sistemas eletromagnéticos ou ultrassônicos, e optou-se por descartá-los. Como resultado dessa nova seleção, foram identificados 60 artigos relevantes.

3. RESULTADOS

Com o intuito de obter uma visão abrangente sobre o processo de EDM, procedeu-se a uma análise das tendências globais dos últimos 05 anos por meio da plataforma *Google Trends*, realizada em junho de 2023, comparando as pesquisas na internet utilizando os assuntos "*Machining*" em relação a "*Electrical Discharge Machining*" - EDM, conforme ilustrado na Figura (1).

A integração realizada pela ferramenta bibliométrica em intermédio do banco de dados permitiu a identificação dos principais termos relacionados ao processo de usinagem por EDM do Inconel 718. Dentre esses termos, destacam-se: otimização, parâmetros, eletrodo, integridade da superfície e rugosidade. Na Figura (3) é mostrada a rede individual de

agrupamentos dos termos EDM e Inconel 718, revelando as interconexões entre esses conceitos. Essa análise proporciona o entendimento e compreensão dos aspectos-chave envolvidos nesse processo, fornecendo uma base sólida para o direcionamento estratégico de pesquisas futuras e aprimoramento dos estudos na área.

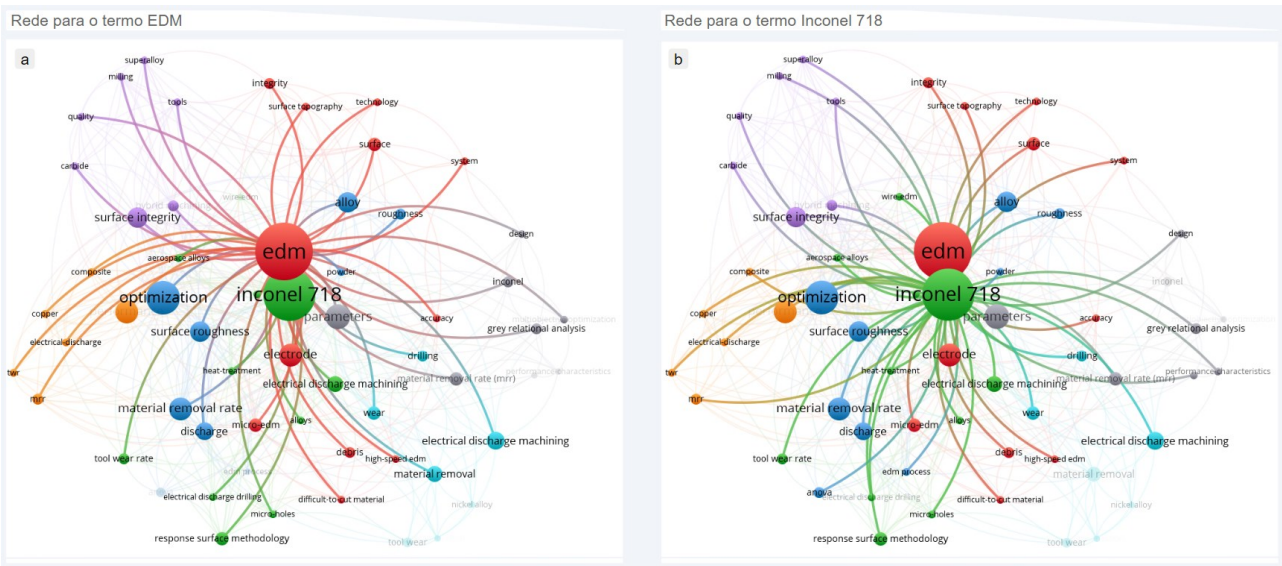


Figura 3. Redes individuais destacando o termo EDM (a) e do material Inconel 718 (b).

No contexto da análise bibliométrica sobre o processo de usinagem por EDM do Inconel 718, observou-se que o termo eletrodo aparece de forma discreta nas publicações científicas. Essa constatação revela uma interconexão reduzida entre o tema do eletrodo e outros aspectos abordados nessa área de pesquisa. A Figura (4a) ilustra essa interconexão limitada, sugerindo a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre a relação entre o uso de diferentes tipos de eletrodos e os resultados obtidos no processo de usinagem. Czelusniak *et al.* (2019) apresentaram uma revisão do estado-da-arte sobre materiais para a confecção de eletrodo. Apresentaram um número de publicações em relação aos 03 grandes grupos de materiais, resultando em um gráfico apresentado na Fig. (4b). Essa análise mais detalhada pode contribuir para o avanço e aprimoramento dos estudos relacionados ao tema.

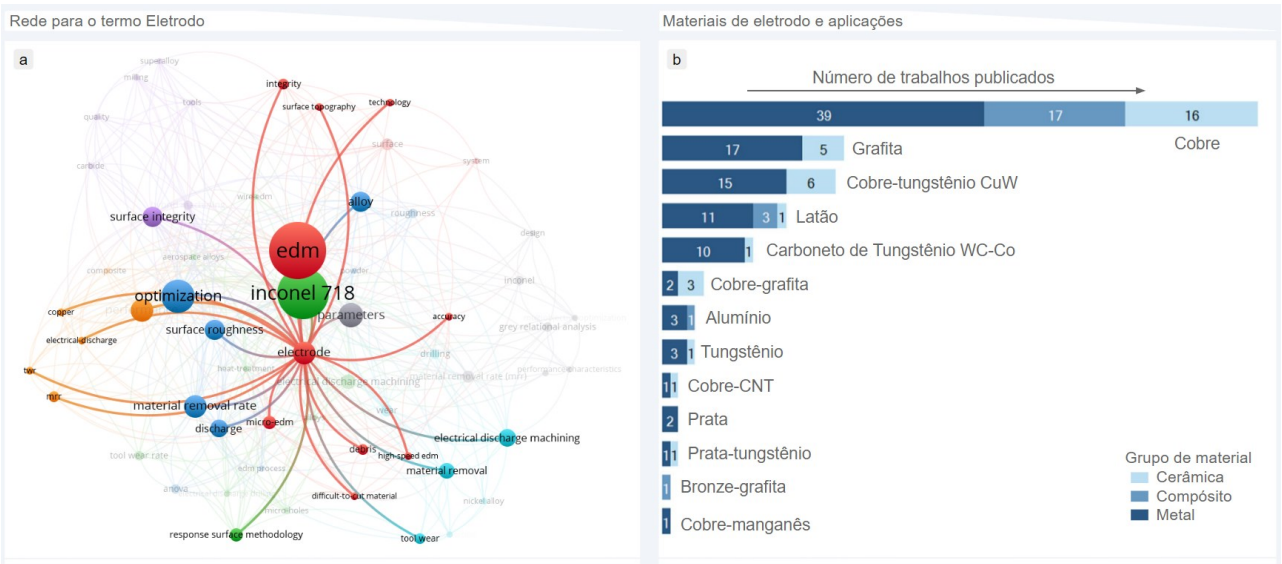


Figura 4. Rede individual destacando o termo Eletrodo (a). Levantamento nas referências publicadas sobre os materiais de aplicação para eletrodos e respectivos números nos principais grupos de fabricação de peças (b).

Identificou-se na Fig. (4a) que o tema do eletrodo surge como uma grande oportunidade para estudos experimentais. Essas investigações podem ir além da análise dos resultados de rendimento tecnológico e das metodologias de planejamento experimental. Explorar o tema do eletrodo em estudos experimentais permite uma compreensão mais abrangente dos fenômenos envolvidos no processo de usinagem por EDM e pode fornecer contribuições valiosas para otimizar o desempenho e a qualidade das peças usinadas. Além disso, a revisão de literatura sobre a diversidade de materiais que são usados ou têm potencial para serem usados como eletrodos de EDM pode enriquecer ainda mais essa

abordagem. Novos trabalhos experimentais permitiriam explorar possibilidades para melhoria do processo de usinagem e na qualidade dos componentes fabricados.

4. CONCLUSÕES

O trabalho forneceu uma visão abrangente e atualizada da pesquisa em usinagem EDM no Inconel 718, apontando para áreas-chave de interesse e direções para o avanço do conhecimento nessa área dos processos de usinagem. (i) O estudo bibliométrico revelou uma concentração de pesquisas EDM na escala mundial, com uma predominância de trabalhos realizados na China, Índia e Canadá. (ii) A metodologia desenvolvida para a análise bibliométrica, utilizando a base de dados Web of Science, permitiu identificar padrões e redes de conexões entre 170 trabalhos com temas relativos à EDM, Inconel 718, eletrodo. Contudo, constatou-se que temas correlacionados à EDM tradicional estavam presentes. (iii) A aplicação da ferramenta VOSviewer permitiu refinar 60 trabalhos que abordam diretamente os temas EDM e Inconel 718. (iv) Foram identificadas lacunas com oportunidades para novos estudos experimentais sobre aplicação de diferentes matérias para eletrodos pelo número reduzido de interações na rede. Em suma, este trabalho contribuiu para o panorama da pesquisa em usinagem EDM no Inconel 718, destacando áreas temáticas de foco, possíveis direções para pesquisas futuras e utilização de soluções bibliométricas para consultas, direcionamento e organização do conhecimento.

5. REFERÊNCIAS

- Czelusniak, Tiago, Camila Fernandes Higa, Ricardo Diego Torres, Carlos Augusto Henning Laurindo, José Mário Fernandes de Paiva Júnior, Armin Lohrengel, and Fred Lacerda Amorim. 2019. "Materials Used for Sinking EDM Electrodes: A Review." *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 41(1):14. doi: 10.1007/s40430-018-1520-y.
- Guimarães, André José Ribeiro, Paulo Sergio da Conceição Moreira, and Cicero Aparecido Bezerra. 2021. "Modelos de Inovação: Análise Bibliométrica Da Produção Científica Innovation Models: Bibliometric Analysis of Scientific Production." *Brazilian Journal of Information Science: Research Trends* 15(1):2106.
- Halsik, Vitor Marcelo Costa, and Alexandre Formigoni. 2015. "Cooling Methods In Turning: A Bibliometric Analysis." 1:134–48. doi: 10.24325/issn.2446-5763.v3i7p50-67.
- Moreira, Paulo Sergio da Conceição, André José Ribeiro Guimarães, and Denise Fukumi Tsunoda. 2020. "Qual Ferramenta Bibliométrica Escolher? Um Estudo Comparativo Entre Softwares." *P2P E INOVAÇÃO* 6:140–58. doi: 10.21721/p2p.2020v6n2.p140-158.
- Nair, Anish, Somasundaram Kumanan, Chander Prakash, Dhanesh G. Mohan, Kuldeep Kumar Sxena, Sandeep Kumar, and Gaurav Kumar. 2023. "Research Developments and Technological Advancements in Conventional and Non-Conventional Machining of Superalloys – A Review." *Journal of Adhesion Science and Technology* 0(0):1–72. doi: 10.1080/01694243.2023.2186202.
- Rathi, Nitin, Pawan Kumar, Sandeep Kumar khatkar, and Amit Gupta. 2023. "Non-Conventional Machining of Nickel Based Superalloys: A Review." *Materials Today: Proceedings* (xxxx). doi: 10.1016/j.matpr.2023.02.176.
- Ribeiro, Henrique César Melo. 2017. "Bibliometrics: Fifteen Years of Analysis of Academic Production in Brazilian Journals." *Biblios* 69(69):1–20. doi: 10.5195/biblios.2017.393.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.