

**Tecnologia, inovação e sustentabilidade:
50 anos de Cursos de Tecnologia no Brasil.**

Análise bibliométrica sobre soldagem e o processo de eletrodo revestido

Altair Marques Pereira Filho¹, Luciana Reyes Pires Kassab²; Chen Juanhuan³

Resumo - Este trabalho tem como objetivo averiguar a produção de artigos científicos sobre estudos da soldagem e mais especificamente o processo de eletrodo revestido utilizando dados bibliográficos indexados na base de dados *Web of Science*, no período de 2015 a 2019. Os resultados elaborados por meio de exploração bibliométrica expõem o volume da contribuição do conhecimento científico oriundo das publicações. Neste estudo foram encontrados 228 artigos e destes 11 foram selecionados por serem mais relevantes ao objetivo da pesquisa. Baseado neste conhecimento científico os resultados indicam que o processo de eletrodo revestido continua em voga nos mais diversos segmentos industriais ao redor do mundo.

Palavras-chave: Soldagem, Eletrodo Revestido, Arco elétrico, Análise bibliométrica.

Abstract - This paper purpose is to ascertain the scientific papers' production about welding, specifically shielded metal arc welding (SMAW), using bibliographic data published in *Web of Science* from 2015 to 2019. The results drafted by bibliometric analysis measure the scientific knowledge contribution from these publications. This study found 228 papers and selected the 11 most relevant to the research aim. The results drafted by bibliometric analysis present the amount of the scientific knowledge contribution resulting from the publications. Based on this scientific knowledge the results indicate that SMAW continues in vogue in a wide range of industrial segments around the world.

Keywords: Welding, Shielded metal arc welding, SMAW, MMAW Bibliometric analysis.

¹ Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Inovação em Sistemas Produtivos, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETEPS, e-mail: altair.pereira@cpspos.sp.gov.br

² Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Inovação em Sistemas Produtivos, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETEPS, e-mail: kassablm@osite.com.br

³ Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Inovação em Sistemas Produtivos, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETEPS, e-mail: cjuanhuan@gmail.com

1. Introdução

Com a descoberta do processo de soldagem com eletrodo revestido no início do século XIX, houve uma grande transformação em muitos setores industriais ao redor do mundo. Por ser considerado um processo simples, de fácil execução e custo relativamente baixo, atualmente ela ainda se mantém dentre um dos principais processos de soldagem.

Este artigo tem como objetivo através de uma pesquisa bibliométrica no período de 2015 a 2019 na base *Web of Science* mostrar o quanto o processo de eletrodo revestido continua relevante no cenário industrial atual.

2. Referencial Teórico

No presente referencial teórico, apresenta-se a soldagem, sua história e processo de eletrodo revestido. Escreve-se também sobre a bibliometria e sua utilização.

2.1. Soldagem

A soldagem é uma arte milenar e é praticada desde que o homem aprendeu a extrair e refinar o ferro. Até cerca do início deste século, o método de soldagem foi o mesmo usado desde a época romana, e ainda é empregado na casa dos ferreiros Lancaster (1984). Para Tong *et al* (2016) a soldagem se caracteriza por ser um processo complexo que combina diversas áreas de conhecimento, entre elas: eletromagnetismo, transferência de calor, fluxo de fluidos e solidificação.

Para Arias e Bracarense (2019) com a diminuição das reservas mundiais de petróleo as petroquímicas recorreram, com mais intensidade, à exploração marítima de petróleo. Isto resultou na expansão pelo interesse pela soldagem com eletrodo revestido subaquática, pois este processo é muito utilizado na manutenção de instalações offshore, principalmente na região do Golfo do México.

A soldagem com eletrodo revestido (SMAW) é um processo de união muito popular largamente usado nas operações de construção naval, indústrias de estrutura. Por meio deste processo é possível soldar aço inoxidável, aço de alto teor de carbono, cobre, latão e até alumínio (GOEL;WARREN; LEE *et al.*, 1993). Ele representa para a soldagem uma das técnicas mais amplamente utilizadas em função de sua versatilidade, simplicidade na operação e relativa baixa manutenção e custo (KUMAR *et al.*, 2015). Ainda sim, Paul (2016) destaca que mesmo sendo um processo simples e de baixo custo, ele é tido como eficaz na criação de juntas de alta qualidade.

O processo de eletrodo revestido é o carro chefe de soldagem utilizado nos países em desenvolvimento, como a Índia, a China e toda a América Latina (COCOTA JUNIOR *et al.*, 2017). Atualmente ambientes de realidade virtual foram criados para serem usados no treinamento de trabalhadores, seja com a prática de habilidades básicas ou mesmo simulação de execução de tarefas necessárias para um trabalho em um campo técnico (BYRD; ANDERSON; STONE, 2015).

Entretanto, segundo Vimal, Vinodh e Raja (2015) a soldagem é tida como ambientalmente vulnerável devido à sua natureza excessiva em energia, riscos para os seres humanos e imcubências ambientais. Sem as devidas precauções, a

prática da soldagem pode se tornar perigosa uma vez que existem diversos riscos implícitos neste processo como: queimaduras, inflamação da córnea e choque elétrico. Tais riscos podem ser evitados com a devida utilização dos equipamentos de proteção individual (FRESCHI; GIACCONE; MITOLO 2016).

2.2 Bibliometria

A análise bibliométrica pode ser descrita como uma ferramenta quantitativa que busca diminuir a subjetividade com relação à indexação e recuperação de informações, produzindo conhecimento em uma determinada área ou assunto (GUEDES; BORSCHIVER 2015).

Para Heberger, Christie e Alkin (2010) ela trata de uma metodologia que documenta os padrões de publicações dos autores, levando em conta as referências citadas em seus trabalhos e as em que são citados. Com isso é possível que obtenham indicadores sobre o impacto acadêmico em uma determinada área de conhecimento.

3. Método

No dia 07 de maio de 2019, realizou-se uma pesquisa na base Web of Science contendo os seguintes termos: "*manual metal arc welding*" or "*Shielded metal arc welding*" or "SMAW" or "MMAW". Foram utilizados os parâmetros de busca booleana OR e aspas para melhorar a busca inicial trazendo resultados específicos.

Desta busca foram obtidos 919 resultados e aplicados dois filtros para delimitar a busca: período de 2015 a 2019, e apenas a exibição de artigos. A partir deste refinamento foram obtidos 228 artigos, que foram exportados para o *software Endnote*TM.

Com a utilização do *software* foi possível checar se haviam duplicatas, o que não ocorreu, e extrair informações importantes citadas na abaixo na tabela 1.

Tabela 1 – Dados de Busca

| |
|----------------------------|
| Histórico de publicações |
| Países que mais publicaram |
| Autores mais citados |
| Agências Financiadoras |
| Áreas de pesquisa |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentre os 228 resultados, selecionou-se apenas os artigos avaliados entre as classificações A1, A2 e B1, B2 em ENGENHARIA III, utilizando a plataforma Sucupira no Sistema Qualis-Periódicos através da inserção do ISSN (*International Standard Serial Number*). Após este filtro, foi feita a leitura dos resumos triando-se os artigos que tivessem a maior adjacência com os conceitos do processo de eletrodo revestido.

Assim os 11 artigos selecionados para o estudo são mostrados na tabela 2.

Tabela 2 – Artigos Selecionados

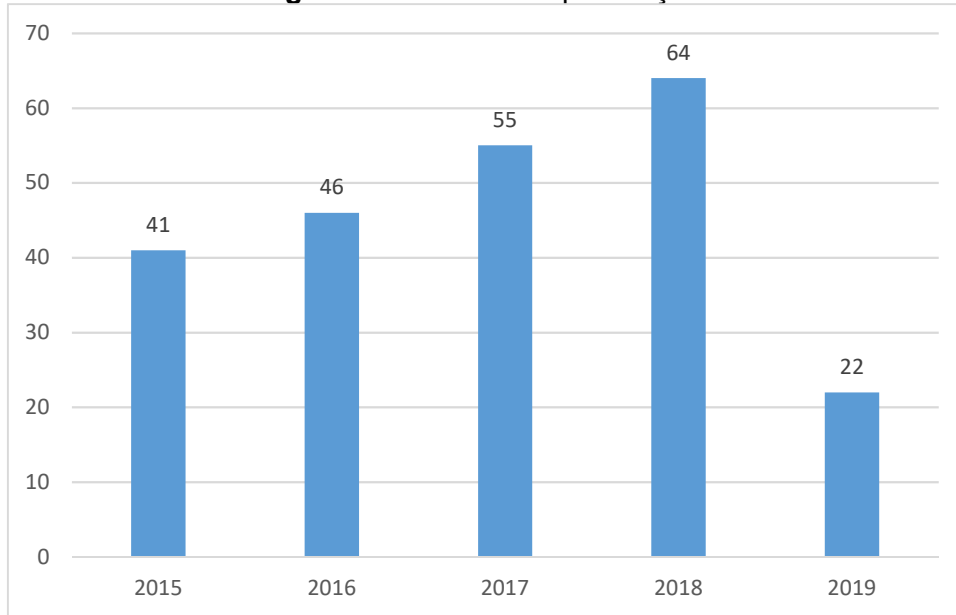
| ISSN | Título do Artigo | Classificação |
|-----------|---|---------------|
| 0043-2296 | Velocidade de Propagação de Trinca por Fadiga de Soldas Subaquáticas Molhadas: Avaliação Fora da Água | A1 |
| 0278-0046 | Arc Welding Processes: An Electrical Safety Analysis | A1 |
| 0278-0046 | Robust Product Design Using SOSM for Control of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Process | A1 |
| 0043-2296 | The Use of Virtual Welding Simulators to Evaluate Experienced Welders | A1 |
| 0017-9310 | Impacts of torch moving on phase change and fluid flow in weld pool of SMAW | A1 |
| 0959-6526 | Modelling, assessment and deployment of strategies for ensuring sustainable shielded metal arc welding process e a case study | A2 |
| 0263-2241 | Analysis of arc welding process using Digital Storage Oscilloscope | B1 |
| 1424-8220 | Discontinuity Detection in the Shield Metal Arc Welding Process | B1 |
| 1610-7438 | Qualitative and quantitative analyses of arc characteristics in SMAW | B1 |
| 0104-9224 | Influência da Polaridade Sobre a Estabilidade do Processo de Soldagem Subaquática Molhada com Eletrodo Revestido | B2 |
| 1877-7058 | Restoration of railway turnout elements with manual metal arc welding and flux-cored arc welding | B2 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. Resultados e Discussão

Apesar do processo de eletrodo revestido ter sido inventado há mais de 100 anos, o número de publicações aumentou, conforme mostra a figura 1, passando de 41 publicações (2015) para 64 (2018).

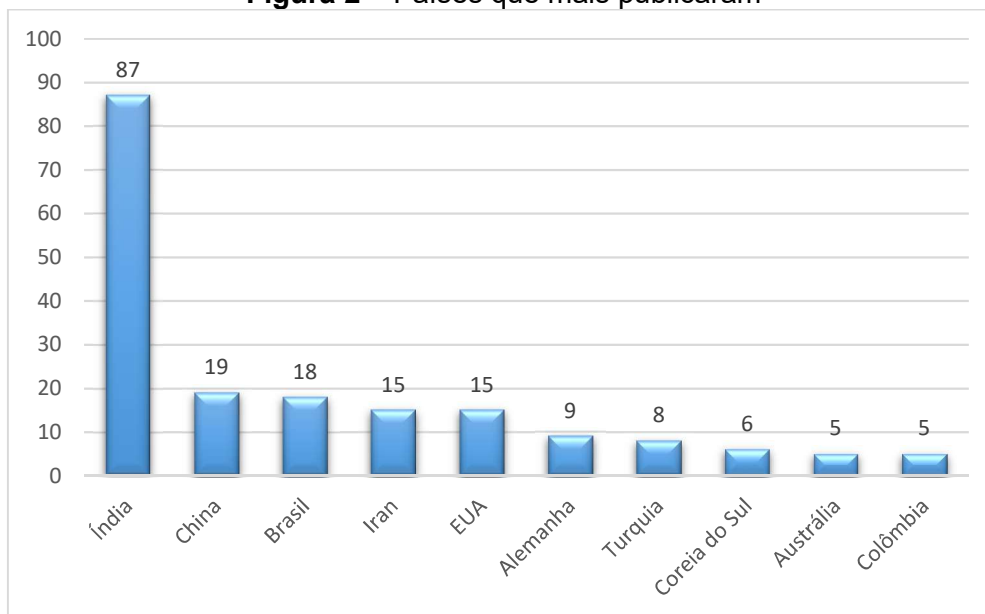
Figura 1 - Histórico de publicações



Fonte: Elaborado pelos autores.

A China e a Índia possuem as duas maiores populações do mundo, e conforme é apresentado na Figura 2, são também os países que mais publicaram. Cabe destacar as 87 publicações Indianas seguida de 19 para a China. O Brasil ficou em terceiro lugar com 18 publicações, à frente de grandes economias industriais como Estados Unidos, Alemanha e Coreia do Sul.

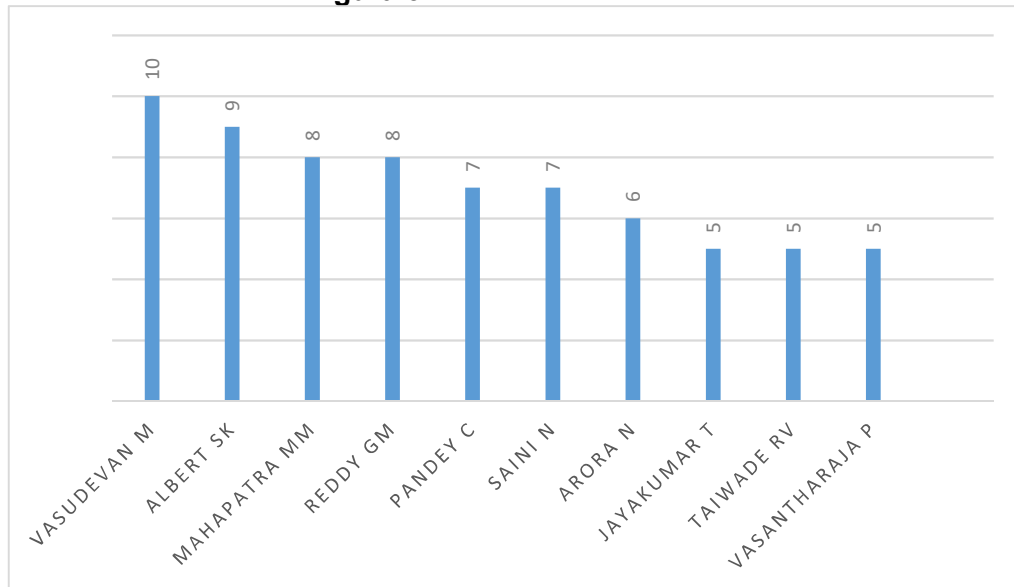
Figura 2 – Países que mais publicaram



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na figura 3, fica explícita a representatividade acadêmica da Índia pois os dez autores mais citados são indianos. Este resultado indica a importância da soldagem para a Índia, e o reconhecimento de sua comunidade científica para com o processo de eletrodo revestido.

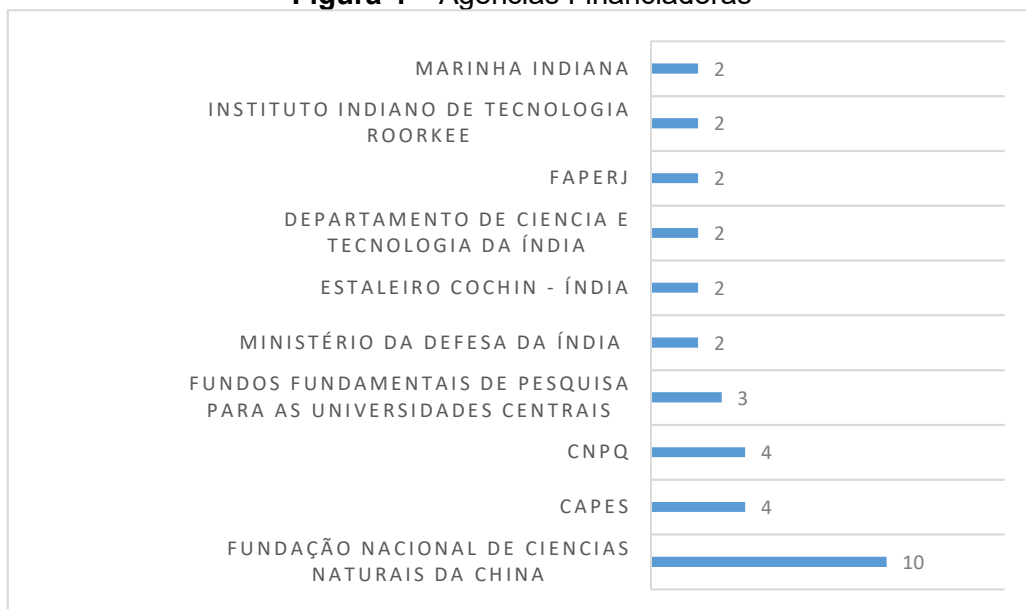
Figura 3 – Autores mais citados



Fonte: Elaborado pelos autores.

A figura 4, apresenta três instituições brasileiras entre as 10 agências financiadoras que mais apareceram na pesquisa bibliométrica: CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e CNPQ (Conselho Nacional de Pesquisa) e FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro). A China é representada por duas agências e a Índia por cinco, sendo duas diretamente ligadas a pesquisas bélicas, e um estaleiro onde são produzidos alguns navios de sua esquadra.

Figura 4 – Agências Financiadoras

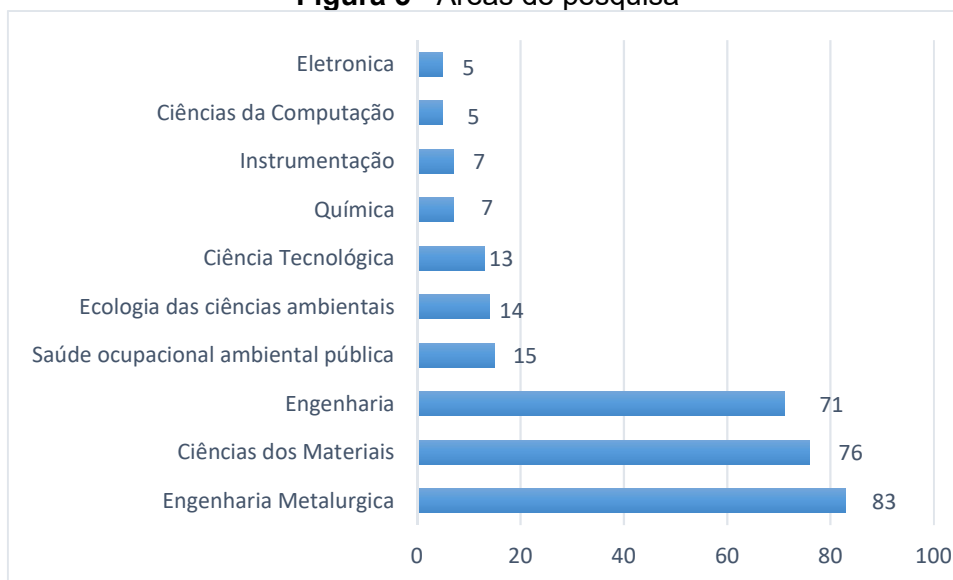


Fonte: Elaborado pelos autores.

Na figura 5 as áreas de pesquisa ligadas a engenharia foram as três largamente mais citadas entre as 10 com maiores números de publicações. A soldagem pode tanto ser maléfica de várias formas para a saúde do ser humano

como para o meio ambiente, e com isso notam-se duas áreas com pesquisas voltadas para essas áreas, ambiental e da saúde. O cuidado com a saúde ocupacional do soldador é uma questão primordial e segundo a figura 5, estudos científicos acompanham a evolução da tecnologia da soldagem, buscando garantir que haja um convívio sustentável entre ela, o meio ambiente e o ser humano.

Figura 5 - Áreas de pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Considerações finais

Com o uso da análise bibliométrica foi possível visualizar grande parte do universo da soldagem bem como selecionar trabalhos que possam ser úteis. Também foi possível verificar quais são as áreas e temas mais citados ou estudados, entender quais são os países, autores, e instituições que são detentores de todo esse conhecimento. A seleção dos melhores trabalhos, é uma pedra fundamental na formação da base do saber do pesquisador. Como ferramenta, a bibliometria mostrou que o processo de soldagem com eletrodo revestido continua em plena atividade, com muitos países investindo em pesquisas e aperfeiçoando o cada vez mais para suas finalidades específicas.

Pode - se então concluir que, apesar desse processo existir há mais de 120 anos, ainda existe um conjunto de fatores que convergem para que continue pertinente em inúmeras áreas de soldagem por todo o mundo.

Referências

ARIAS, Ariel Rodríguez; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. Velocidade de Propagação de Trinca por Fadiga de Soldas Subaquáticas Molhadas: Avaliação Fora da Água. **Soldagem e Inspeção**, [S. l.], 20 maio 2019.

BYRD, A.P.; ANDERSON, R.G.;STONE, Richard, The Use of Virtual Welding Simulators to Evaluate Experienced Welders. **Industrial and Manufacturing Systems Engineering Publications**. [S. l.],p. 114, 01 maio 2015.

COCOTA JUNIOR, José Alberto Naves *et al.* Discontinuity Detection in the Shield Metal Arc Welding Process. **Sensors**, [S. l.], 10 maio 2017.

FRESCHI, Fabio; GIACCONE, Luca; MITOLO, Massimo. Arc Welding Processes: An Electrical Safety Analysis. **IEEE Transactions on Industry Applications**, [S. l.], p. 819 - 825 8 novembro 2016.

GOEL, V., WARREN Liao; T., LEE, K.S.,A shielded metal arc welding expert system. **Comput. Ind.** [S. l.], 21 (2),p. 121 – 129, 1993.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: **Encontro Nacional De Ciência Da Informação**, 6.p. 1-18 Salvador, 2005.

HEBERGER, Anne E.; CHRISTIE, Christina A.; ALKIN, Marvin C. A Bibliometric Analysis of the Academic Influences of and on Evaluation Theorists' Published Works. **American Journal of Evaluation**, [S. l.], 16 maio 2010.

KUMAR, Vikas *et al.* Analysis of arc welding process using Digital Storage Oscilloscope. **Measurement**, [S. l.], p. 1-12, 27 novembro 2015.

LANCASTER, J. F. The Physics of Welding. **Oxford Pergamon Press for the International Institute of Welding** [S. l.], 1984.

PAUL, Arun Kumar. Robust Product Design Using SOSM for Control of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Process. **IEEE Transactions on Industry Applications**, [S. l.], p. 3717 - 3724, 28 janeiro 2016.

TONG, L. G. *et al.* Impacts of torch moving on phase change and fluid flow in weld pool of SMAW. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, [S. l.], p. 949 - 957, 1 setembro 2016.

VIMAL, K. E. K.; VINODH, S.; RAJA, A. Modelling, assessment and deployment of strategies for ensuring sustainable shielded metal arc welding process e a case study. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], p. 1-14, 15 janeiro 2015.