



MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NA BASE SCOPUS: ANÁLISE DA LÓGICA FUZZY EM SISTEMAS DE ATERRAMENTO

Leandro Soares Machado

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM - Campos dos Goytacazes – RJ
Mestrando em Pesquisa Operacional e Inteligência Ocupacional – UCAM-Campos
l.s.machado@hotmail.com

Ítalo de Oliveira Matias

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM - Campos dos Goytacazes – RJ
Doutor em Engenharia Civil na COPPE – UFRJ
italo@ucam-campos.br

Aldo Shimoya

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM - Campos dos Goytacazes – RJ
Doutor em Genética e Melhoramento – UFV
aldoshimoya@yahoo.com.br

Resumo - A área de sistemas de aterramento tem despertado o interesse dos pesquisadores, engenheiros eletricitas e profissionais da área de computação a buscarem bases de conhecimento que abordam o assunto. Este artigo tem como objetivo a análise bibliométrica da aplicação da lógica Fuzzy na otimização de resultados aplicados a sistemas de aterramento. A pesquisa constituiu-se de uma busca por artigos indexados na base de dados Scopus em 01 de Maio de 2019. Foram encontrados 135 artigos com a aderência aos termos “Fuzzy e Electrical Grounding ou Electrical Earth”, para o período compreendido entre 2005 e 2019. Foi possível observar que no ano de 2014 ocorreu o maior número de publicações e que a China foi o país que mais publicou ao longo dos anos. As palavras-chave que mais sobressaíram nos artigos foram: sistema, aterramento, modelagem, investigação e lógica Fuzzy.

Palavras-chave: Lógica Fuzzy, Aterramento, Bibliometria.

Abstract - The area of grounding systems has aroused the interest of researchers, electrical engineers and computer professionals to seek knowledge bases that address the subject. This article aims at the bibliometric analysis of the application of Fuzzy logic in the optimization of results applied to grounding systems. The research consisted of a search for articles indexed in the Scopus database on May 1st, 2019. We found 135 articles with the adherence to the terms "Fuzzy and Electrical Grounding or Electrical Earth", for the period between 2005 and 2019. It was possible to observe that in the year 2014 the greatest number of publications occurred and that China was the country that published the most over the years. The most prominent keywords in the articles were: system, grounding, modeling, investigation Fuzzy logic.

Keywords: Fuzzy Logic, Grounding, Bibliometrics.

1. Introdução

O aterramento elétrico é responsável para garantir a segurança dos equipamentos e das pessoas. O sistema de aterramento deve ser projetado para que possua a menor resistência possível e que os potenciais gerados por correntes de falta a terra não sejam superiores aos limites de segurança.

Existem vários fatores que influenciam no comportamento e no projeto do sistema de aterramento. Dentre estes se destacam a resistividade do solo, a área a ser utilizada, a intensidade da corrente de falta fase-terra, a corrente de curto-circuito presumida, a estratificação do solo, e outros.

A cada dia novos estudos e pesquisas estão sendo desenvolvidos com objetivo de melhorar o desempenho e otimização de projetos. A aplicação da inteligência artificial tem-se tornada uma metodologia eficiente e confiável na busca de ótimos resultados.

A inteligência artificial pode ser aplicada em diversas de análises e projetos de aterramento.

Coelho et al. (2014) desenvolveram um modelo aplicado a sistemas de aterramento através do método dos elementos finitos, para determinar a distribuição do potencial elétrico no solo.

Wazen (2010), por meio dos algoritmos genéticos, conseguiu determinar os valores de resistência dos cabos de aterramento de uma estrutura metálica autoportante. Ochoa et al. (2015) aplicaram o algoritmo genético para refinar os resultados dos parâmetros em solos estratificados de duas camadas.

Em 2015, a lógica Fuzzy em Matlab foi usada na simulação do teste de integridade da malha de aterramento. Os fatores e parâmetros considerados para classificar a integridade do sistema de aterramento, incluíram o condutor de aterramento (condutividade), resistência da terra e o eletrodo de aterramento (Ω -mm) (DIMAYUGA et al., 2015).

2. Referencial Teórico

2.1. Aterramento

A principal finalidade do sistema de aterramento, em uma instalação elétrica, é a proteção das pessoas. Segundo Mamed Filho (2017), o acidente mais comum em que as pessoas estão submetidas, principalmente trabalhadores de operação e manutenção de industriais de sistemas industriais, é o toque acidental com partes metálicas energizadas.

O choque elétrico é o efeito patofisiológico resultante da passagem de uma corrente elétrica através do corpo de uma pessoa ou de um animal, que dependendo do tempo e da intensidade da exposição, poderá ser fatal (KINDERMANN; CAMPAGNOLO, 1995).

A NBR-5410 (2008) estabelece que as massas metálicas devem ser ligadas a condutores de proteção, compondo uma rede de aterramento, e que um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito por ele protegido, sempre que uma falta entre parte viva e massa der origem a uma tensão de contato perigosa.

Aterramento é a ligação de estruturas ou instalações com a terra, com o objetivo de estabelecer uma referência para a rede elétrica e permitir o fluxo para a terra de correntes elétricas de naturezas diversas (CREDER, 2007).

Segundo Telló et al. (2007), a função do aterramento é proporcionar uma referência comum para as tensões do sistema. Eles devem estar presentes em todas as instalações elétricas, seja por motivos operacionais, proteção ou ambos. A Terra, por apresentar em condições normais o mesmo potencial em todos os pontos,

pode ser considerada como potencial neutro ou zero em relação ao qual se medem as outras tensões.

Sua função principal é dispersar a corrente de falta para a terra sem causar diferenças de potenciais ou tensões induzidas perigosas para seres vivos ou que possam danificar equipamentos localizados nas proximidades (MATTOS, 2004).

2.2. Lógica Fuzzy

A teoria de conjuntos Fuzzy foi introduzida por Lotfi Asker Zadeh, em 1965, como uma teoria matemática aplicada a conceitos difusos. A partir daí, a pesquisa e a aplicação dessa teoria em sistemas de informação têm crescido. Uma área de aplicação da teoria Fuzzy é o chamado raciocínio aproximado, semelhante à forma do pensamento humano. Nesses casos, as variáveis linguísticas são representadas por conjuntos Fuzzy, interpretando uma variável linguística como uma variável cujos valores são palavras ou sentenças em linguagem natural, além da existência de variação nas opções (ZADEH, 1965).

A modelagem e o controle Fuzzy são técnicas para se manusear informações qualitativas de uma maneira rigorosa. Tais técnicas consideram o modo como a falta de exatidão e a incerteza são descritas e, fazendo isso, tornam-se suficientemente poderosas para manipular de maneira conveniente o conhecimento (LEE, 1990).

Segundo Dadios (2012) a estrutura do sistema Fuzzy é composta por quatro subsistemas: Fuzzificação, base de regras, máquina de Inferência e Defuzzificação. Inicialmente ocorre a Fuzzificação, onde as entradas são convertidas em valores linguísticos, com o uso de funções de pertinência. Posteriormente, ocorre o mecanismo de inferência, nesta etapa que as regras são criadas, combinando graus de pertinência para formar as variáveis de saída. Por fim, o conjunto Fuzzy tem a Defuzzificação, para obtenção da variável de saída. Encontra-se na Figura 1 a estrutura de um sistema Fuzzy.

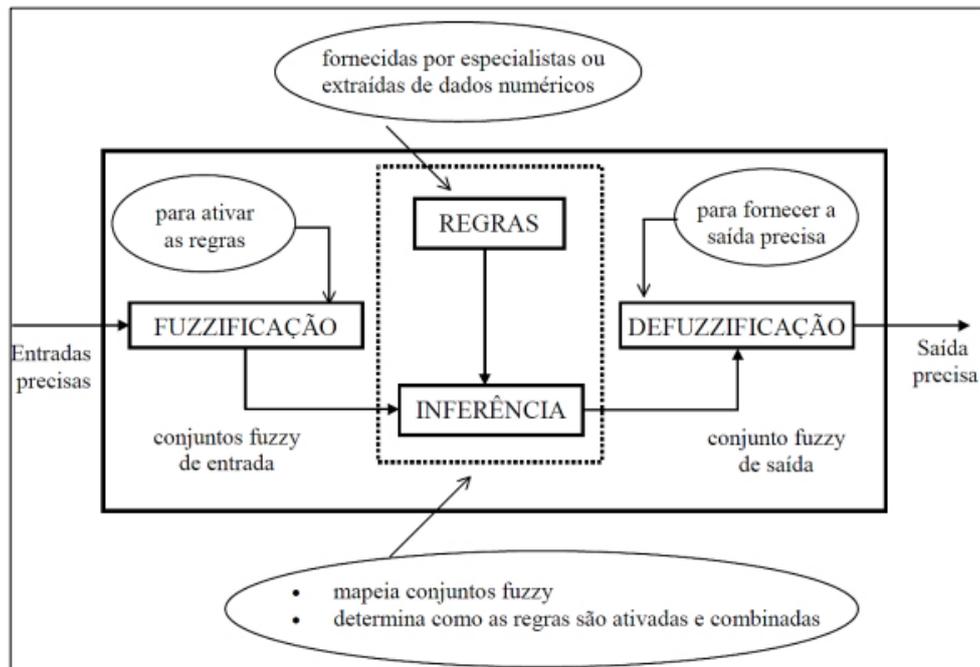


Figura 1 – Estruturação da lógica Fuzzy
Fonte: Caldeira et al. (2007).

3. Metodologia

Este estudo trata-se de uma análise quantitativa do estudo bibliográfico. Os dados foram coletados através da pesquisa no Portal de Periódicos da Capes, na base Scopus, realizada no dia 01 de maio de 2019, com utilização dos termos “Fuzzy e Aterramento elétrico” (em inglês, ‘Fuzzy and electrical ground’).

A expressão de busca através de operadores booleanos foi: {“(FUZZY and ELECTRICAL GROUNDING) or (ELECTRICAL EARTH)”}. Limitada entre o período de 2005 a 2019, a busca retornou 135 artigos.

Os artigos foram analisados sob diversos parâmetros com objetivo de extrair informações do quantitativo por país, autores com maiores citações, as principais áreas de interesse, as principais palavras-chave e artigos com maiores publicações.

Para elaboração do mapa das principais palavras-chave foi utilizado o software VOSviewer desenvolvido por Van Eck e Waltman (2017).

3.1. Mapeamento da produção bibliográfica

A pesquisa científica é um procedimento que envolve intelectualidade, curiosidade e indagação do ser humano pela busca de novas verdades e explicações de determinados fatos sobre a realidade (SOUZA, 2018).

Com o aperfeiçoamento das tecnologias digitais, e com o desenvolvimento de um conjunto de avanços relacionados às leis bibliométricas e estatísticas, a bibliometria ganhou muita popularidade no meio acadêmico, o que foi acompanhada de maiores buscas por embasamentos teóricos na conceituação, elaboração e metodologias das pesquisas (PIMENTA et al., 2017).

A avaliação da produção científica permite um entendimento sobre a análise de temáticas, o mapeamento de comportamentos e identificação de oportunidades para o desenvolvimento de áreas, assim como a investigação de campos do conhecimento já consolidados (SILVA et al., 2012).

Os periódicos científicos são um tipo de publicação que tem como um de seus principais objetivos divulgar os resultados de pesquisas científicas, sobre os mais variados assuntos nas mais diversas áreas do conhecimento humano. Representam o tipo de fonte de informação científica mais utilizada para recuperar e manter os cientistas atualizados acerca das descobertas e avanços das ciências (FACHIN; HILLESHEIM, 2006).

A gestão e a avaliação da atividade científica exigem a formulação de técnicas e principalmente a formação de recursos humanos habilitados para compreender os fenômenos da criação do conhecimento e como transformá-lo em resultados econômicos ou estratégicos (SANTOS, 2003).

4. Resultados e Discussão

A pesquisa realizada entre os períodos de 2005 a primeiro de maio 2019 retornou 135 artigos. Como pode ser visto na Figura 2, o período entre 2005 e 2008 o número de publicações foi inferior a 5. Em 2009 houve este número duplicou e se manteve na média de 10 publicações até o ano de 2012. No ano de 2014 ocorreu o pico de publicações, com um total de 24 publicações, no ano seguinte houve queda abrupta e em 2018 a taxa de crescimento voltou a ser positiva.

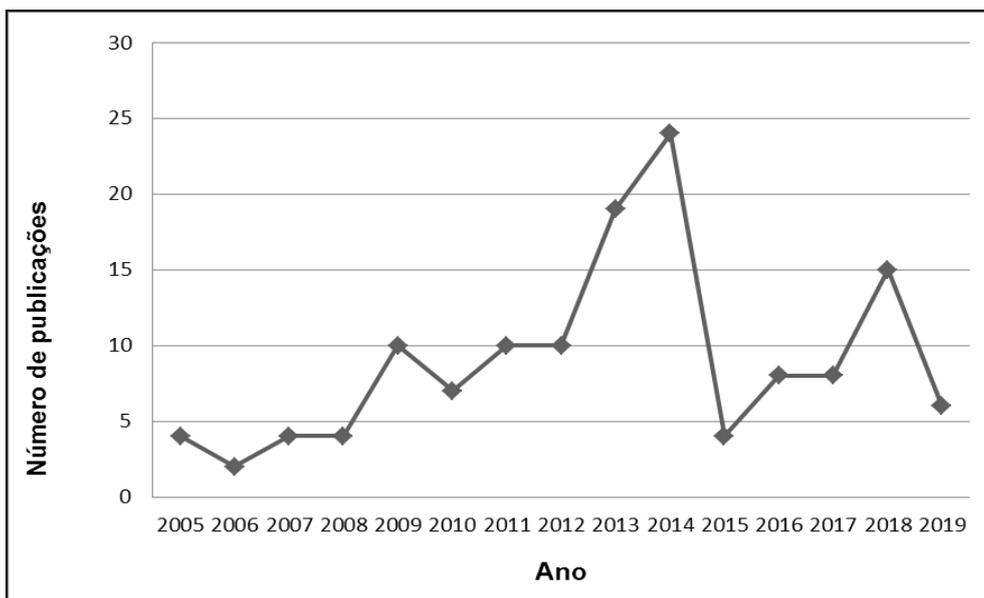


Figura 2 – Número de publicações realizadas por ano
Fonte: Adaptado da base Scopus (2019).

Na Figura 3, é possível identificar os 10 países que mais publicaram na base Scopus com o tema “Fuzzy e Aterramento Elétrico”. O Brasil para o mesmo período de análise publicou somente um artigo. A China é o país com maior número de publicações (21) seguido da Índia com 13 publicações.

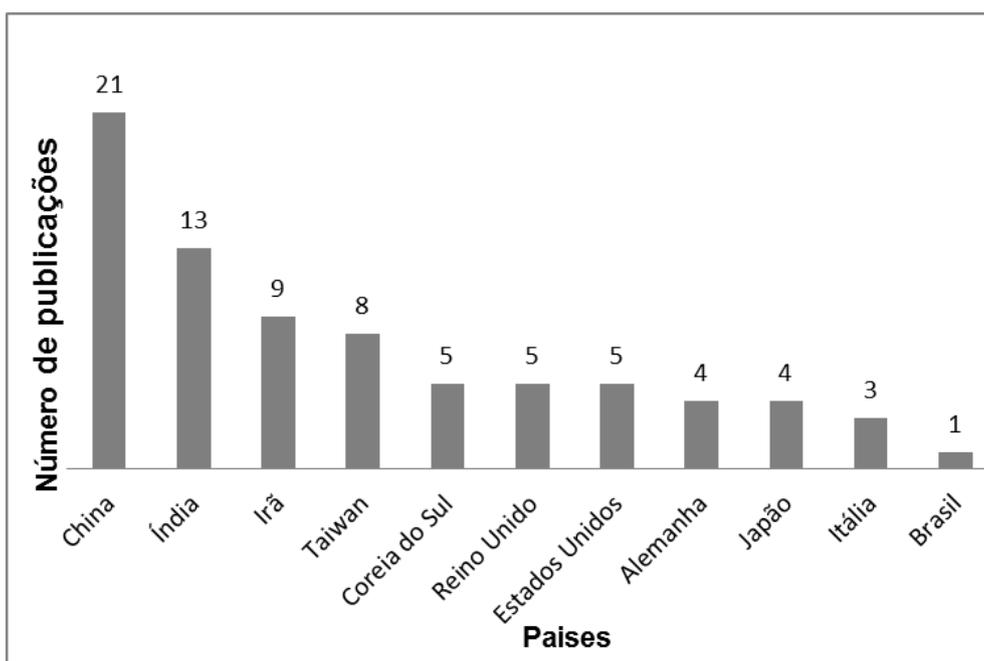


Figura 3 – Número de produção científica distribuída por país.
Fonte: Adaptado da base Scopus (2019).

Pode-se observar na Figura 4 a lista dos seis autores com maior número de citações. Os autores mais citados tiveram ocorrência entre 72 e 88 vezes. A elaboração da mesma foi baseada na classificação quantitativa dos três maiores grupos. O autor de destaque foi o Hochella Jr., do laboratório de tecnologia do departamento de ciências geológicas dos Estados Unidos, com o artigo publicado no ano de 2012.

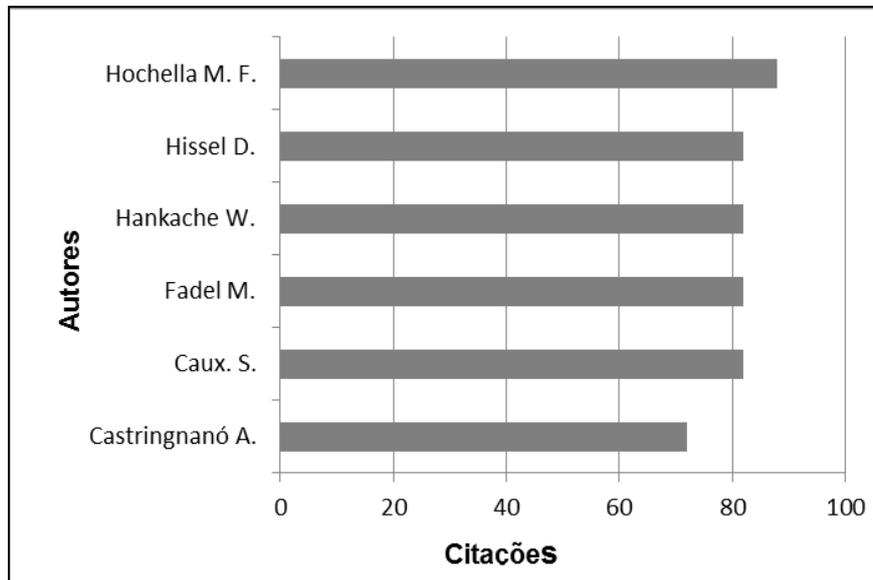


Figura 4 – Autores com maiores números de citações
Fonte: Adaptado da base Scopus (2019).

Nota-se na Figura 5 o número de artigos por áreas de interesse. Observa-se que a engenharia representa 46,7% do total das publicações, seguida pela área de energia, que ocupa a segunda colocação com 16,8%.

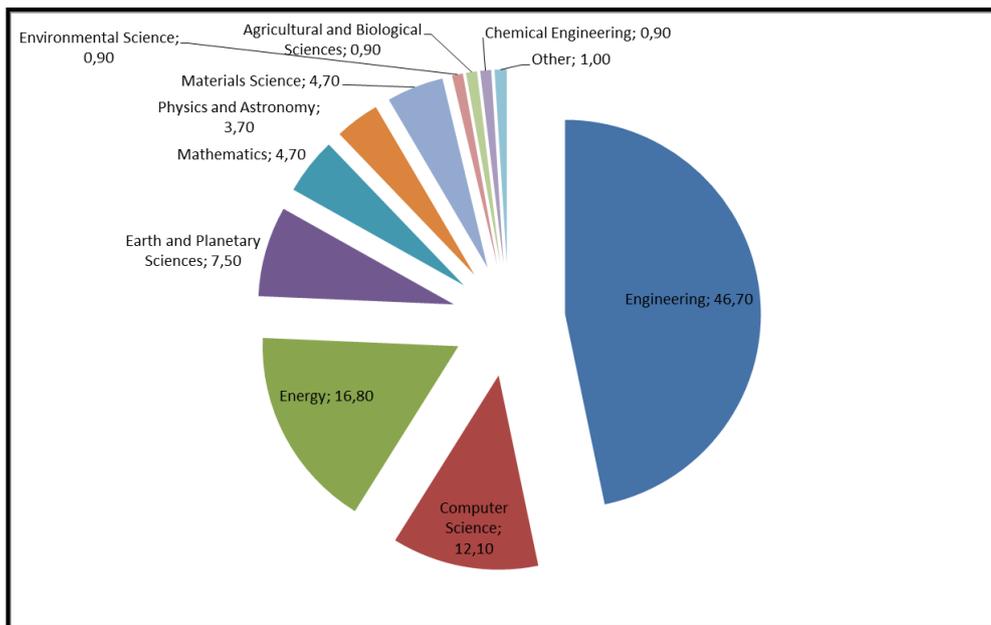


Figura 5 – Número de artigos por áreas de interesse
Fonte: Adaptado da base Scopus (2019).

A Figura 6 representa o mapa das principais palavras-chave elaborado através do software VOSviewer. As palavras-chave que mais destacaram contidas nos artigos foram: system (sistema), ground (aterramento), modeling (modelagem), investigation (investigação) e Fuzzy logic (lógica Fuzzy).

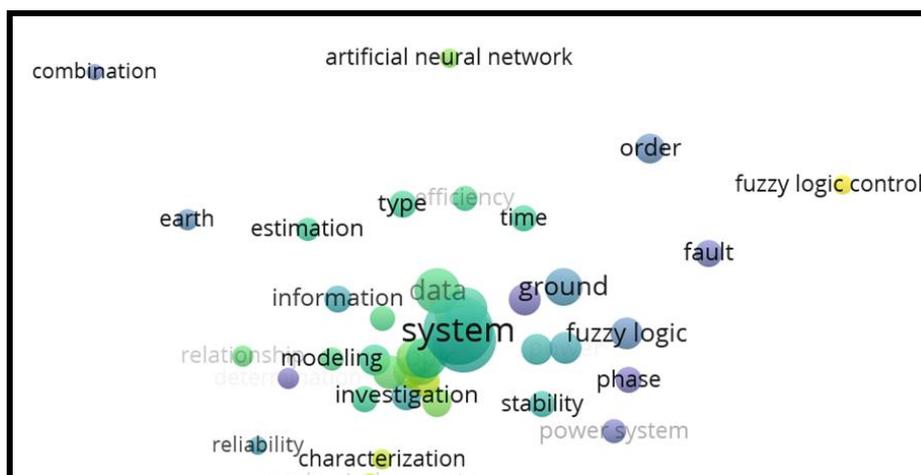


Figura 6 – Mapa das principais palavras-chave dos artigos
Fonte: Adaptado da base Scopus (2019).

5. Principais Referências Citadas

Dentre um total de 440 referências citadas para os artigos analisados, o artigo mais citado foi o de Erdinc, Vural e Uzunoglu (2009), com um total de 193, como pode ser visto na Tabela 1. Este estudo utilizou estratégia de gerenciamento de energia baseada em lógica Wavelet e Fuzzy no sistema veicular híbrido desenvolvido.

Tabela 1 – As principais referências utilizadas nos artigos analisados na base Scopus para os termos {"FUZZY and ELECTRICAL GROUNDING} or (ELECTRICAL EARTH")}

Nº.	Autores	Ano	Título dos trabalhos	Fonte da publicação	Citações
1	Erdinc, O., Vural, B., Uzunoglu, M.	2009	A wavelet-fuzzy logic based energy management strategy for a fuel cell/battery/ultra-capacitor hybrid vehicular power system	Journal of Power Sources	193
2	Hochella Jr., Michael F.	2002	There's plenty of room at the bottom: Nanoscience in geochemistry	Geochimica et Cosmochimica Acta	90
3	Zhang, J., He, Z., Jia, Y.	2011	Fault line identification approach based on S-transform	Zhongguo Dianji Gongcheng Xuebao/Proceedings of the Chinese Society of Electrical Engineering	34
4	Barua, A., Khorasani, K.	2011	Hierarchical fault diagnosis and fuzzy rule-based reasoning for satellites formation flight	IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems	26
5	Damousis, I.G., Satsios, K.J., Labridis, D.P., Dokopoulos, P.S.	2002	Combined fuzzy logic and genetic algorithm techniques - Application to an electromagnetic field problem	Fuzzy Sets and Systems	17

Fonte: Adaptado da base Scopus (2019).

A segunda referência mais citada foi o artigo de Hochella Jr. (2002), com um total de 90 citações. Seu estudo analisa a nanociência em geoquímica para a determinação da identidade, distribuição e propriedades das partículas nanométricas em sistemas aquosos e do solo.

Na terceira colocação das referências mais citadas, Zhang, He e Jia (2011), com total de 34 citações. O artigo trata-se de um estudo de aplicação da lógica Fuzzy para aumento da confiabilidade em detecção de falhas em linhas de transmissão de energia elétrica.

O artigo de Barua e Khorasani (2011), com 26 citações, ocupa o quarto lugar nesta análise. Seu estudo foi à proposta de uma nova estrutura e metodologia de diagnóstico de falhas hierárquicas em vôo de naves espaciais. A sistemática consiste no do raciocínio baseado em regras Fuzzy para aumentar o nível de autonomia alcançável no diagnóstico de falhas em estações terrestres.

Por último, das cinco referências mais citadas, o artigo de Damousis et al. (2002) foi citado 17 vezes. Esse artigo utilizou a lógica difusa Fuzzy, para

determinação da influência da resistividade do solo no campo eletromagnético induzido durante a falha de uma linha de transmissão.

Por meio da análise das principais referências foi possível identificar a interface entre os termos de busca utilizados na base Scopus.

6. Considerações Finais

O presente estudo descreveu e analisou o mapeamento da produção científica da aplicação da lógica FUZZY em sistemas de aterramento. A busca retornou 135 artigos publicados no mundo nos últimos 15 anos. A China, com 21 publicações, destacou-se como a principal potência mundial na produção científica em lógica Fuzzy aplicado a sistemas de aterramento elétrico. A maior área de interesse para os termos da pesquisa foi à engenharia. As principais palavras-chaves dos artigos foram sistema, aterramento, modelagem, investigação, e lógica Fuzzy. Dentre os autores mais citados, com total de 193 citações, estão: ERDINC, O.; VURAL, B.; UZUNOGLU, M.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2008.
- BARUA, A.; KHORASANI, K. Hierarchical Fault Diagnosis and Fuzzy Rule-Based Reasoning for Satellites Formation Flight. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, [s.l.], v. 47, n. 4, p. 2435-2456, 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/taes.2011.6034643>.
- CALDEIRA, A. M. et al. *Inteligência Computacional Aplicada à Administração, Economia e Engenharia em Matlab®*. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 370 p.
- COELHO, R.; PONTES, R. S. T.; PONTES, M. das G. S. R. Projeto de Malhas de Aterramento Através do Método dos Elementos Finitos. *Simpósio Brasileiro de sistemas elétricos*. Ceará, 2014.
- CREDER, H. *Instalações Elétricas*. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 420 p.
- DADIOS, E. P. *FUZZY LOGIC – CONTROLS, CONCEPTS, THEORIES AND APPLICATIONS*. Rijeka: Intech, 2012. 428 p.

- DAMOUSIS, I.G. et al. Combined fuzzy logic and genetic algorithm techniques-application to an electromagnetic field problem. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 129, n. 3, p. 371-386, ago. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0165-0114\(01\)00137-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0165-0114(01)00137-3).
- DIMAYUGA, B. M. et al. Ground Grid Integrity Testing Using Matlab Fuzzy Logic Toolbox. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, [s.l.], p. 759-766, 2015. Springer Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-47200-2_80.
- ERDINC, O.; VURAL, B.; UZUNOGLU, M. A wavelet-fuzzy logic based energy management strategy for a fuel cell/battery/ultra-capacitor hybrid vehicular power system. *Journal of Power Sources*, v. 194, n. 1, p. 69-380, out. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2009.04.072>.
- FACHIN, G. R. B.; HILLESHEIM, A. I. A. *Periódico Científico: Padronização e Organização*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.
- HOHELLA JR, M, F. There's plenty of room at the bottom: nanoscience in geochemistry. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 66, n. 5, p.735-743, mar. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0016-7037\(01\)00868-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0016-7037(01)00868-7).
- KACPRZYK, J. *Multistage fuzzy control*. Chichester, UK: John Wiley Sons, 1997.
- KINDERMANN, G.; CAMPAGNOLO, J. M.. *Aterramento Elétrico*. 3. ed. Porto Alegre: Sacra - D.c. Luzzatto, 1995. 214 p.
- LEE, C.C. Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller. II. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, v. 20, n. 2, p. 419-435, 1990. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/21.52552>.
- MAMED FILHO, J. *Instalações Elétricas Industriais*. 9. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2017. 71291 p.
- MATTOS, M. A. *Técnicas de Aterramento*. Okime, Campinas. Okime, 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.
- OCHOA, J. P.; OLIVEIRA, R. V. de; MOURA, R. A. R. de. Aplicação de Algoritmo Genético Aperfeiçoado por um Algoritmo Elipsoidal no Cálculo da Resistividade Considerando Solo Estratificado em Duas Camadas. *Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos*, [s.l.], p.1-6, 2015. Grupo de Pesquisa Otimização e Supervisão de Sistemas Elétricos Industriais – OSSEI. <http://dx.doi.org/10.20906/cps/sbse2016-0109>.
- PIMENTA, A. A. et al. A bibliometria na Pesquisa Acadêmica. *Scientia*, Sobral - CE, v. 4, n. 7, p.1-13, 2017.
- SANTOS, R. N. M. Produção Científica: Por que medir? O que medir?. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, v. 1, n. 1, p. 22-38, jul./dez. 2003.
- SILVA, F. M. e et al. Mapeamento da Produção Científica Sobre Acesso Aberto: 2001 a 2011. *Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Florianópolis - SC, v. 17, p.19-35, 2012.

- SOUZA, M. Produção científica brasileira: caminhos direcionadores para instituições de fomento a pesquisa. *Brazilian Journal of Information Science: research trends*, v. 12, n. 1, p. 46-60, 14 de maio 2018.
- TELLÓ, M. et al. *Aterramento elétrico impulsivo, em baixa e alta frequências*. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 328 p.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. *VOSviewer Manual*. 2017. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.6.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2019.
- WAZEN, R. N. *Análise do Sistema de Aterramento de Estruturas Metálicas com aplicação de Algoritmos Genéticos*. SENDI, 2010. S.P. Brasil.
- ZADEH, L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*, [s.l.], v. 8, n. 3, p.338-353, jun. 1965. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0019-9958\(65\)90241-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0019-9958(65)90241-x).
- ZHANG, J.; HE, Z. Y.; JIA, Y. Fault line identification approach based on S-transform. *Proceedings of the CSEE*, v. 31, n. 10, p. 109-155, 2011.