

Aplicações de lógica *Fuzzy* em estudos da covid-19: um panorama bibliométrico mundial

Applications of Fuzzy logic in covid-19 studies: a world bibliometric overview

¹ Douglas R. Grillo  

² Vanessa da Silva Garcia 

³ Kelly Alonso Costa 

- 1 Mestre em engenharia de produção pela UFF, Engenheiro de produção com especialização em engenharia de segurança do trabalho, professor contratado SEDUC/RJ e Unidombosco.
- 2 Doutora em Engenharia Nuclear pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor Adjunto C da Universidade Federal Fluminense - Pólo Universitário de Volta Redonda.
- 3 Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense. Professora Associada da Universidade Federal Fluminense.

RESUMO

A Covid-19, por sua alta taxa de transmissão, fez com que a Organização Mundial de Saúde decretasse estado de pandemia. A contaminação ocorre, basicamente, por 3 maneiras: contato, aerossol ou gotículas suspensas no ar. Devido à rápida disseminação e influência nas mais diversas áreas, surgiram muitos estudos com o objetivo de compreender a forma de propagação e também outras questões relacionadas à doença. O objetivo geral da presente pesquisa é realizar um levantamento bibliométrico das produções científicas que envolvam, simultaneamente, os temas Covid-19 e lógica *fuzzy* no mundo, incluindo o Brasil. A compreensão de como andam as pesquisas científicas por meio de bibliometria pode trazer luz para novas pesquisas que podem contribuir no enfrentamento da doença e também de seu trágico legado. Trata-se de pesquisa de natureza exploratória, documental e quantitativa, mas que pode se utilizar da abordagem qualitativa para justificar resultados. Como base de dados, foi escolhida a *Web of Science*, uma base confiável e que hospeda milhares de periódicos do mundo inteiro. A utilização de apenas uma base, apesar de ser uma limitação, não exclui a importância desta pesquisa e nem esgota a possibilidade de novas pesquisas de mesmo objetivo com investigação em outras bases não contempladas. Pesquisas bibliométricas são ferramentas que podem ajudar a direcionar possíveis novas pesquisas e acompanhar a evolução dos temas em estudo. Dentre as observações realizadas nesta pesquisa, observou-se que, no momento da extração dos dados e com os critérios adotados, havia 12 publicações ligadas ao Brasil com as palavras chaves *fuzzy* e "Covid-19". Os 4 artigos mais citados possuem 686 citações juntos.

Palavras-chave:

Covid-19. Lógica *Fuzzy*. Bibliometria.

ABSTRACT

Covid-19, due to its high transmission rate, led the World Health Organization to declare a state of pandemic. The contamination occurs primarily through three ways: contact, aerosol, or droplets suspended in the air. Due to its rapid spread and influence in various fields, numerous studies have emerged with the aim of understanding the mode of transmission and other related issues of the disease. The overall objective of this research is to conduct a bibliometric survey of scientific productions that simultaneously involve the topics of Covid-19 and fuzzy logic worldwide, including Brazil. Understanding the current state of scientific research through bibliometrics can shed light on new studies that can contribute to tackling the disease and its tragic legacy. This research is exploratory, documentary, and quantitative in nature, but it may employ a qualitative approach to justify results. The Web of Science, a reliable database hosting thousands of journals from around the world, was chosen as the database for this study. Although using only one database is a limitation, it does not diminish the importance of this research or exclude the possibility of future studies with the same objective using other databases not included here. Bibliometric studies are tools that can help guide potential new research and monitor the evolution of the topics under study. Among the observations made in this research, it was found that, at the time of data extraction and based on the adopted criteria, there were 12 publications related to Brazil with the keywords "fuzzy" and "Covid-19". The four most cited articles have a total of 686 citations.

Keywords:

Covid-19. Fuzzy Logic. Bibliometrics.

1 INTRODUÇÃO

A Covid-19, causada pelo vírus Sars-Cov-2, por ser altamente contagiosa, foi classificada como pandemia pela OMS (Organização Mundial de Saúde). Quando em circulação, gera consequências econômicas, sanitárias e psicossociais, criando a necessidade de ações rápidas e assertivas por parte das autoridades competentes.

Pesquisas relacionadas a Covid-19 estão surgindo com mais frequência devido ao recente aparecimento da doença. Nesse contexto, a lógica *fuzzy* se torna uma atraente ferramenta para solucionar problemas matemáticos, pois algumas das variáveis são parcialmente desconhecidas. No caso da Covid-19, muitas variáveis ainda não são completamente conhecidas. Esta pesquisa é classificada quanto aos seus objetivos como bibliométrica, de natureza exploratória e, quanto aos dados, classifica-se como documental. Quanto às análises, se classifica como predominantemente quantitativa, mas que, em certos momentos, pode se valer do uso de técnicas qualitativas para determinadas análises.

Pesquisas bibliométricas são relevantes para os pesquisadores, pois servem de fonte para entender como andam determinadas linhas de pesquisas e, principalmente, se há espaço para novas pesquisas sobre os temas pesquisados (SOARES *et al.*, 2016). Os dados utilizados foram extraídos da base científica *WoS* (*Web of Science*) com uso de sintaxes, operadores booleanos e filtros detalhados adiante. A principal limitação é ter sido realizada apenas na *WoS*, contudo, isso não inutiliza a presente e nem esgota possibilidades, deixando como oportunidade de trabalhos futuros investigar outras bases científicas, como, por exemplo, *Scopus* e *PubMed* a respeito do tema. Dentre as conclusões, destaca-se que havia apenas 12 artigos ligados ao Brasil no momento em que a pesquisa foi aplicada.

1.1 Objetivo Geral

Realizar um levantamento bibliométrico das produções científicas que envolvam simultaneamente os temas Covid-19 e lógica *fuzzy*, inclusive no Brasil.

1.1.1 Objetivos específicos

Escolher a base de dados a ser utilizada na pesquisa. Elaborar a sintaxe booleana e, logo depois, definir os filtros que porventura sejam de interesse. Extrair os dados para o formato de arquivo desejado. Realizar análises e interpretações dos resultados. Transcrever e concluir sobre os resultados.

1.2 Lógica Fuzzy

De acordo com Silva *et al.* (2017), o método conhecido como lógica *fuzzy* foi criado em 1965, por Zadeh, com o objetivo de inferir informação, partindo de nossa percepção inicial do fenômeno. A lógica *fuzzy* ou conjunto *fuzzy* é utilizado na tomada de decisão, quando estão envolvidas variáveis que não possuem exatidão, permitindo o tratamento de expressões pouco precisas (SHIA; COSTA, 2014).

Conjuntos clássicos são determinados por funções características; já os conjuntos *fuzzy*, são determinados por funções de pertinência. Valor de pertinência igual a zero pode ser traduzido como o elemento não pertencente ao conjunto, enquanto valores de pertinência iguais a 1, dizem que o elemento é pertencente por completo ao conjunto. Quando o valor estiver entre 0 e 1, caracteriza o grau de pertinência do elemento ao conjunto. De acordo com Belluci (2009) e Marins (2016), a função de pertinência é responsável por definir o grau de pertencimento dos valores de uma variável em seu conjunto universo. A lógica *fuzzy* foi criada com a intenção de tratar a imprecisão, a incerteza e as definições com abordagens por meio de linguagem natural que, de alguma forma, envolvam valores

numéricos. Expressões em linguagem natural, como “em torno de” e “aproximadamente”, caracterizam indefinições que estão relacionadas a valores numéricos (BATISTELA; SABBATINO; SIMÕES, 2020). Um SBRF (Sistema Baseado em Regras *Fuzzy*) é composto por quatro etapas: a *fuzzyficação*; uma bases de regras; um sistema de equações lógicas chamado de inferência *fuzzy*, responsável pela geração do conjunto *fuzzy* de saída; e a *defuzzyficação*, responsável por uma saída numérica normalmente utilizada para análises e decisões (SILVA *et al.*, 2017).

1.3 Covid-19

Definida como uma infecção respiratória aguda causada pelo vírus conhecido como SARS-CoV-2, a Covid-19 é considerada potencialmente grave e possui elevada transmissibilidade e, por esse motivo, a OMS determinou estado pandêmico. A transmissão é normalmente dá-se por três modos: o contato com objetos, superfícies e outras pessoas contaminadas; por gotículas respiratórias contaminadas expelidas por outra pessoa contaminada a curta distância; e também por aerossol, que são as gotículas respiratórias menores que podem ficar suspensas no ar (BRASIL, 2021).

1.4 Bibliometria

Segundo Guedes e Borschiver (2005), a bibliometria é, na verdade, um conjunto de regras e princípios que contribuem para o estabelecimento da fundamentação teórica da ciência da informação. O mesmo autor registra que o termo *statistical bibliography*, que hoje é conhecido como bibliometria, foi utilizado, pela primeira vez, em 1922, por E. Wyndham Hulme. Em resumo, pode-se dizer que se trata de um tipo de pesquisa que utiliza meios estatísticos para verificar o estado das produções científicas. Sua utilização como meio de análise quantitativa de pesquisas científicas mensura o tamanho das contribuições científicas e áreas publicadas (SOARES *et al.*, 2016). Normalmente, é reconhecida como ferramenta de indicação de tendência e identificação de lacunas de um determinado assunto. Pode-se dizer que a bibliometria contribui para a tomada de decisão, quando se trata de gestão do conhecimento, já que tem papel de auxiliar na sistematização e organização das informações relacionadas à produção científica (GUEDES; BORSCHIVER, 2005). A partir da bibliometria, é possível construir um panorama científico de assuntos específicos que se deseja conhecer ou explorar de maneira mais profunda.

2 METODOLOGIA

A base científica escolhida para extração dos dados foi a WoS, que possui abrangência de áreas de pesquisa, alta relevância, conta com periódicos nacionais e internacionais, possui visibilidade na comunidade acadêmica e possui ferramentas de extração e filtragem que facilitam a pesquisa (SUELA; MORETO; FREITAS, 2021). O período pesquisado é de 2019 a 14/11/2022 e o algoritmo booleano foi inserido no modo de pesquisa avançada da base de dados.

Foram definidas como palavras-chave os termos “Covid-19”, “*fuzzy*”, “*model*”, “*epidemi*” e “*Brasil*”. Por meio da combinação entre essas palavras-chaves e operadores booleanos, chegou-se a sintaxe/ algoritmo booleano (*string*) para a busca inicial à base de pesquisas: (TS = (“*covid-19*” AND “*fuzzy*” OR (*covid** AND *fuzzy**))), cujos termos entre aspas devem constar exatamente como escritos. O operador booleano AND implica a condição de os termos aparecem juntos enquanto OR sugere que possa ser um ou outro termo. O acréscimo do caractere ‘*’ ao final dos termos Covid e fuzzy possibilitou a inclusão de palavras no plural ou que possuíssem variações de sufixo, como, por exemplo: ‘*fuzzyfication*’, “*fuzzyficação*”, ‘*covid19*’, sem traço, e outras possíveis variações. O primeiro resultado retornado foi de 1060 documentos. Com a finalidade de refinar ainda mais a pesquisa e delimitar a área de interesse,

optou-se por acrescentar os termos "model" e "epidemi" acrescidos do caractere "*" ao final do termo, ficando com o seguinte formato "model*" e "epidemi*".

Com o uso da sintaxe (TS=((("covid-19" AND "fuzzy" OR (covid* AND fuzzy*)) AND (model* OR epidemi*))), a busca retornou 670 documentos. Foram utilizados como filtros adicionais, o tipo de documento "Article" e "Review Article" e categoria, com as seguintes seleções: *Biology, Business, Business Finance, Chemistry Multidisciplinary Computer Science Artificial Intelligence, Computer Science Information Systems, Computer Science Interdisciplinary Applications, Computer Science Software Engineering, Computer Science Theory Methods, Economics, Engineering Biomedical, Engineering Chemical, Engineering Industrial, Engineering Multidisciplinary, Management, Mathematical Computational Biology, Mathematics, Mathematics Applied, Mathematics Interdisciplinary Applications, Medical informatics e Public Administration*, que resultou em um total de 422 documentos.

Não foram aplicados outros filtros que não tenham sido mencionados, preservando-se, assim, nos resultados, características como: país de origem, idioma e outras várias que podem ser parametrizadas durante as buscas. Para validar a presença dos termos "Covid" e "fuzzy" nos campos *título* e ou *Abstract* do *dataset* extraído, foram aplicadas técnicas de filtragem em planilha eletrônica, que detectaram 2 artigos que não continham nenhum dos dois termos nos campos desejados e, portanto, estes foram excluídos da base de dados, totalizando 420 artigos. Além do *Microsoft Excel*, utilizou-se o *VosViewer* e o *Power BI desktop* para análise e geração de gráficos, gratuitos e que podem ser encontrados em: <https://www.vosviewer.com/> e <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/>, respectivamente.

3 RESULTADOS

Em bibliometria, podem ser feitas diversas análises sob vários pontos de vistas. Neste tópico, serão abordadas as análises de interesse da pesquisa. A primeira variável de interesse é o tipo de contagem, que pode ser cheia (*full counting*), que, na prática, atribui o número inteiro ao autor, ao país, etc., por exemplo, em caso de um artigo que possui 4 autores, o sistema entenderá que cada um deles possui um documento; já na contagem fracionada (*Fractional counting*), o sistema entende que cada autor tem 0,25 documentos publicados e, considerando o mesmo exemplo, a mesma lógica se aplica à análise por países, instituições e etc.

Foi escolhido, para continuidade na pesquisa, a primeira opção de algoritmo booleano, que retornou 422 documentos, por apresentar dados mais consonantes com os objetivos da pesquisa. Apenas com o intuito de se verificar quantos documentos possuíam alguma ligação com o Brasil, foram inclusos os termos "Brasil" e "Brazil" no algoritmo booleano, que ficou com a sintaxe (TS=((("covid-19" AND "fuzzy" OR (covid* AND fuzzy*)) AND (Brazil* OR Brasil*))), resultando em 16 documentos que foram reduzidos a 12, quando aplicados os mesmos filtros utilizados na primeira pesquisa.

3.1 Artigos mais citados

Em ordem decrescente por número de citações, lista-se no Quadro 1, os 4 documentos de acordo com a pesquisa bibliométrica realizada e seus critérios.

Quadro 1 – Os 4 artigos mais citados

ID	Título do artigo	Citações
1	<i>A decision support system for demand management in healthcare supply chains considering the epidemic outbreaks: A case study of coronavirus disease 2019 (COVID-19)</i>	229
2	<i>COVID-19 detection using deep learning models to exploit Social Mimic Optimization and structured chest X-ray images using fuzzy color and stacking approaches</i>	222
3	<i>COVID-19 Outbreak Prediction with Machine Learning</i>	127
4	<i>COVID-19 Pandemic Prediction for Hungary; A Hybrid Machine Learning Approach</i>	108

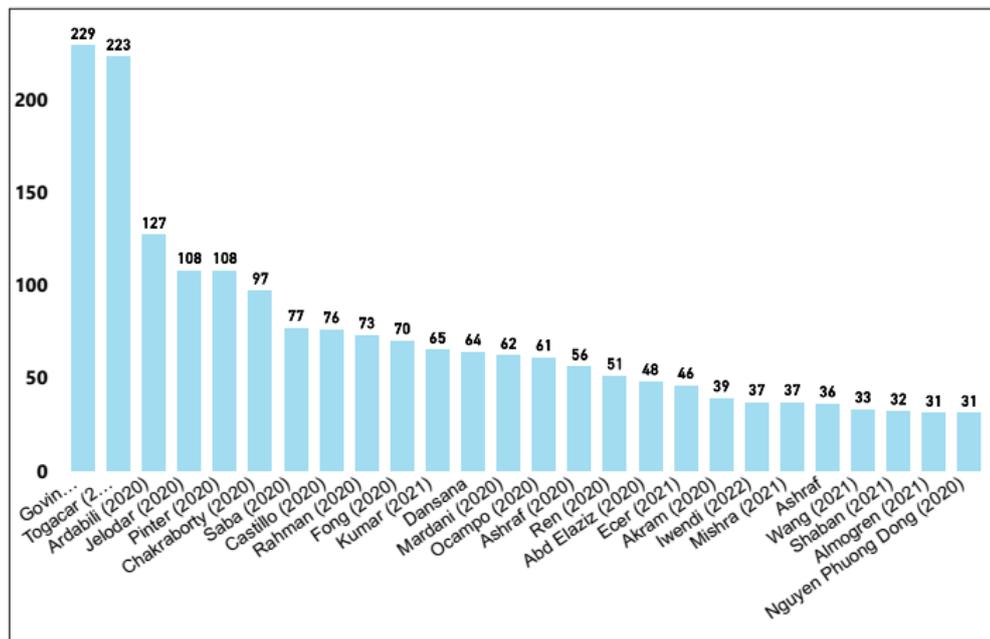
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

O artigo de ID 1, dos autores Govindan *et al.* (2020) thereby, irreparable losses will come into play. Coronavirus disease 2019 (COVID-19, utiliza a lógica fuzzy para o desenvolvimento de uma ferramenta de tomada de decisão, quanto ao gerenciamento da demanda dos suprimentos de saúde utilizados durante a pandemia da Covid-19. O artigo com o ID 2, dos autores Toğaçar *et al.* (2020), usa a lógica fuzzy no desenvolvimento de uma ferramenta de inteligência artificial que compara imagens de raio-x para diagnóstico da Covid-19. Outro artigo da lista de ID 3, dos autores Ardabili *et al.* (2020), analisa dois modelos de *machine learning* baseados em lógica fuzzy na predição do surto da Covid-19. Continuando o artigo de ID 4, de Pinter *et al.* (2020), propõe uma abordagem híbrida de aprendizado de máquina que utiliza a lógica fuzzy para prever a disseminação da Covid-19.

3.2 Análise por palavras-chave (Co-occurrence)

Através da contagem cheia, da presença de, pelo menos, 5 vezes e da exclusão das palavras: China, *classification, customer satisfaction, consensus, forecasting enrollments, green, health-care, identification, implementation, industry, information, logistics, network, numbers, operations, operators, quality, representation, selection, spread, supplier selection, supply chain, supply chain resiliense e trust* foi gerada uma *WordCloud*, que mostra a força dos termos (Figura 1). Com ela, é possível verificar que os termos Covid-19 e fuzzy estão em evidência. Outros termos relacionados à tomada de decisão, como, por exemplo, *TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), AHP (Analytic Hierarchy Process), Dematel (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), MCDM (Multi-Criteria Decision Making)* também aparecem e podem estar sendo usados juntamente com a lógica fuzzy.

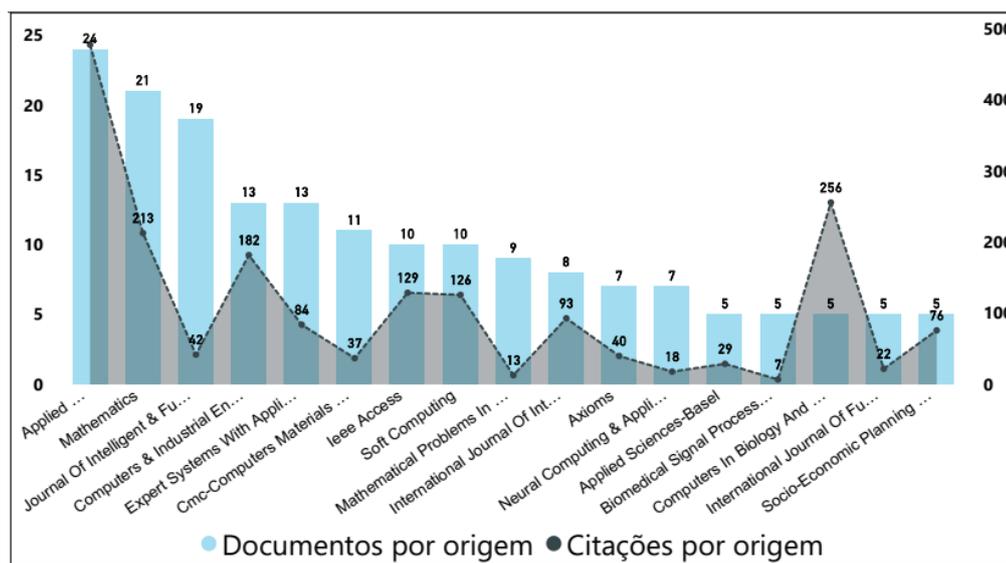
Figura 2 - Documentos por referências



Fonte: O autor (2022)

Na Figura 2, pode-se ver o gráfico gerado a partir dos dados finais. Duas referências se destacam das demais, Govindan *et al.* (2020) e Togacar *et al.* (2020), que juntas somam 452 presenças em documentos, podendo conter as duas referências em uma boa parte desses documentos. As outras 24 referências possuem 1465 presenças no total de documentos, sendo a maior 127 e a menor 31. Outra forma de análise por acoplamento bibliográfico é através da origem de campo de estudo das referências, que, através da contagem fracionada, mínimo de 5 documentos com 5 citações, trouxe o resultado que pode ser observado no gráfico da Figura 3.

Figura 3 - Acoplamento bibliográfico por origem



Fonte: O autor (2022)

4 CONCLUSÃO

Quando analisada a co-ocorrência de termos, observa-se uma forte ligação entre os termos Covid-19 e *fuzzy*, o que pode demonstrar que a lógica *fuzzy* é relevante na solução de problemas relacionados a Covid-19, inclusive em conjunto com outros métodos de tomada de decisão, como, por exemplo, *AHP*, *TOPSIS*, *MCDM* e *Dematel*. A maior parte das publicações são de origem asiática. Foram identificadas, através do experimento que incluiu as palavras Brasil e *Brazil* no algoritmo booleano durante a busca, apenas 12 publicações ligadas ao Brasil.

Os 4 artigos mais citados possuem juntos 686 citações, sendo 229 citações para o primeiro; 222, para o segundo; 127, para o terceiro; e 108, para o quarto. Os dois autores mais referenciados possuem juntos 452 citações. As áreas de campo de estudos mais referenciadas são *Applied Soft Computing*, *computers in Biology and Medicine*, *Mathematics*, *Computers & Industrial Engineering*, *IEEE Access* e *Soft Computing*, todas essas áreas possuem mais de 100 citações e juntas possuem 1384 citações. Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se verificar quais outras ferramentas estão sendo empregadas na solução de problemas relacionados a Covid-19 ou mesmo reproduzir a mesma pesquisa em outras bases não contempladas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARDABILI, S. F.; MOSAVI, A.; GHAMISI, P.; FERDINAND, F.; VARKONYI-KOCZY, A. R.; REUTER, U.; RABCZUK, T.; ATKINSON, P. M. COVID-19 Outbreak Prediction with Machine Learning. **Algorithms**, v. 13, n. 10, p. 249, 1 out. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1999-4893/13/10/249>>.

BATISTELA, G. C.; SABBATINO, L. A.; SIMÕES, D. Avaliação econômica de projeto: uma abordagem da lógica fuzzy para tomada de decisão. **C.Q.D. Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, v. 17, p. 255–266, fev. 2020. Disponível em: <<https://www.fc.unesp.br/Home/Departamentos/Matematica/revistacqd2228/v17a20-avaliacaoeconomica-de-projeto-uma-abordagem.pdf>>.

BELLUCI, D. P. **Sistemas Baseados em Regras Fuzzy e Aplicações**. 2009. Universidade Federal do ABC, 2009. Disponível em: <<http://posmat.ufabc.edu.br/teses/MAT-2010 - Danilo Peixoto Bellucci.pdf>>.

BRASIL. **Coronavírus**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/o-que-e-o-coronavirus>>. Acesso em: 28 set. 2022.

GOVINDAN, K.; MINA, H.; ALAVI, B. A decision support system for demand management in healthcare supply chains considering the epidemic outbreaks: A case study of coronavirus disease 2019 (COVID-19). **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 138, n. April, p. 101967, jun. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101967>>.

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*. **CINFORM - Encontro Nacional de Ciência da Informação**, p. 1–18, 2005. Disponível em: <<http://dici.ibict.br/archive/00000508/01/VaniaLSGuedes.pdf>>.

MARINS, L. R. de. **Diagnóstico Médico por meio de Relações Fuzzy: Dengue, Chikungunya ou Zika**. 2016. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba/SP, Brasil, 2016.

MORRIS, S. A.; GOLDSTEIN, M. L. Manifestation of research teams in journal literature: A growth model of papers, authors, collaboration, coauthorship, weak ties, and Lotka's law. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n. 12, p. 1764–1782, out. 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.22883/abstract>>.

PINTER, G.; FELDE, I.; MOSAVI, A.; GHAMISI, P.; GLOAGUEN, R. COVID-19 Pandemic Prediction for Hungary; A Hybrid Machine Learning Approach. **SSRN Electronic Journal**, 2020. Disponível em: <<https://www.ssrn.com/abstract=3590821>>.

SHIA, C. Sen; COSTA, I. Sistema fuzzy para análise de riscos em projetos de software através dos atributos da norma de qualidade ISO 25000. **Revista Produção Online**, v. 14, n. 1, p. 321, 15 fev. 2014. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1620>>.

SILVA, N. F. de C. da; VIANNA, C. M. de M.; OLIVEIRA, F. S. G. de; MOSEGUI, G. B. G.; RODRIGUES, M. P. da S. Fuzzy Visa: um modelo de lógica fuzzy para a avaliação de risco da Vigilância Sanitária para inspeção de resíduos de serviços de saúde. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 27, n. 1, p. 127–146, jan. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-73312017000100127&lng=pt&tlng=pt>.

SOARES, P. B.; CARNEIRO, T. C. J.; CALMON, J. L.; CASTRO, L. O. da C. de O. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 175–185, jan. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000100175&lng=pt&tlng=pt>.

SUELA, S. C.; MORETO, E. R.; FREITAS, R. R. de. Bibliometria e seus Métodos de Pesquisa: Um Estudo nas Bases de Dados Scopus e Web of Science. **Revista FSA**, v. 18, n. 6, p. 151–168, 1 jun. 2021. Disponível em: <<http://www4.unifsa.com.br/revista/index.php/fsa/article/view/2302/491492842>>.

TOĞAÇAR, M.; ERGEN, B.; CÖMERT, Z. COVID-19 detection using deep learning models to exploit Social Mimic Optimization and structured chest X-ray images using fuzzy color and stacking approaches. **Computers in Biology and Medicine**, v. 121, n. March, p. 103805, jun. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010482520301736>>.