

ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE A HEURÍSTICA SIMULATED ANNEALING

Lucas Tayrone Moreira Ribeiro (Universidade Estácio de Sá) lucas.tayrone@hotmail.com
Marcos dos Santos (Instituto Militar de Engenharia) marcosdossantos@ime.eb.br

Resumo

Este trabalho busca compreender a evolução das publicações sobre a heurística *Simulated Annealing* através de um estudo bibliométrico, bem como sua relação com as demais heurísticas e métodos para resolução de problemas de otimização. Para isso, foram analisando cerca de 1390 metadados extraído das bases *Web of Science* e *Scopus*, publicados entre o ano de 1985 até dezembro de 2021, data no qual os metadados foram extraídos. Os resultados demonstram o crescimento exponencial das publicações nos últimos 6 anos, bem como possibilita entender os padrões de interação com as demais heurísticas, podendo contribuir para futuras pesquisas

Palavras-Chaves: Bibliometria; Heurística; Simulated Annealing

1. Introdução

A Bibliometria é uma técnica que visa medir os índices de produção e propagação do conhecimento científico (ARAÚJO, 2006). A bibliometria está sendo utilizada principalmente para identificar autores de desempenho significativo, buscando encontrar padrões nas publicações científicas e tentando quantificar o processo de comunicação de forma eficiente. Essas variáveis influenciam no nível de competências, os recursos, tempo disponível, motivação e reputação do indivíduo, que são a base do seu rendimento. Desta maneira, o objetivo deste trabalho é apresentar um estudo bibliométrico das publicações referentes a utilização da heurística *Simulated Annealing*, com finalidade de reconhecer as publicações de maior relevância, as principais aplicações para resolução de problemas reais, em adição busca apresentar a contribuição da utilização desta técnica para resolução de problemas reais da sociedade (XAVIER; SILVA; COSTA, 2014). Proposta por Metropolis (1993), a metaheurística *Simulated Annealing* (SA) é um algoritmo oriundo de processos de recozimento sólidos (Youssef, 2001), o mesmo é utilizado para problemas de otimizações difíceis. Em 1983, KIRKPATRICK *et al.* e mais adiante CERNY (1985) apresentaram à similaridade entre a pratica dos problemas de otimização combinatória e dos grandes sistemas físicos (ARAUJO, 2001). Uma forma de explicar o algoritmo *Simulated Annealing* é o

associando a uma extensão do método de busca local (*Tabu Search*), o que difere as duas é que a SA possui capacidade de reiniciar a busca local de várias soluções iniciais possibilitando assim comparar encontrar a melhor solução entre as encontradas (ARAÚJO, 2001).

2. Métodos

Para a realização deste estudo, as bases de dados escolhidas para a seleção das publicações que integraram a amostra foram *Web of Science* e *Scopus*, as escolhas das mesmas se dá pelo fato de que estas são vastamente utilizadas por estudantes e pesquisadores, para elaboração de pesquisas e trabalhos acadêmicos, além do mais, essas bases são suportadas pelo pacote *Bibliometrix* do *software R*, ferramenta utilizada durante a etapa de análise. A escolha do pacote para realizar a análise bibliométrica, justifica-se pelo fato propiciar a recuperação de uma maior variedade de metadados de interesse da pesquisa, tais como: *abstract*, *cited references*, *times cited*, *authors*, *institutions e countries*, dentre outros, o que tornou viável as análises realizadas. É importante destacar que as buscas nessas bases de dados, também localizam artigos publicados em outras bases, desde que seus abstracts, estejam indexados na *Web Of Science* ou *Scopus*. Isso é particularmente interessante para os periódicos indexados, cujo fator de impacto é apurado pelo *Journal Citation Report*. Para o processo de busca na *Web Of Science* e na base *Scopus*, utilizou-se o campo denominado tópico e *Article title*, *Abstract*, *Keywords* e *keywords plus*, respectivamente, que compreende as ocorrências de determinado(s) termo(s) nos campos título, resumo, palavras-chaves dos autores e índices gerados automaticamente com base nos títulos, estas criadas pela *Web of Science* e *Scopus* a partir dos dados originais da obra. Foram utilizados os termos de busca: ("*Simulated Annealing*") AND ("**heuristic*") AND ("*real**"), com objetivo de limitar o retorno para apenas publicações que citassem as expressões acima. A busca dos temas citados acima retornaram 1.984 publicações, considerando-se o período compreendido entre 1985 e 2021, desse número, 647 publicações são de origem do *Web Of Science* e 1.337 da base *Scopus*. Entretanto, para viabilizar a análise das informações, foi necessário realizar a junção das bases, para isso utilizou-se o *software R-tool* junto a *library Bibliometrix* (Aria, M., & Cuccurullo, C. 2017), a primeira etapa necessária foi realizar o carregamento e a transformação dos arquivos em variáveis separadas, sendo uma para os arquivos extraídos do *Web Of Science* e outra para os dados extraídos do *Scopus*, ao termino da etapa anterior iniciou-se o processo de transformação dos os vetores (formato padrão de carregamento) em dataframes, em seguida foi realizado o *marge* das bases e a remoção das duplicatas e pôr fim

a exportação no formato de planilha eletrônica. É importante citar que devido a característica dos dados, e por existir diferenças entre as publicações em cada uma das bases, uma etapa extra mostrou-se necessária, para isso foi realizado uma conferência no *MS-Excel*, utilizando a formatação condicional, para coluna DOI e *Article title*, após identificar os arquivos duplicados, foi realizado uma comparação entre as linhas e foi mantida à que possuía mais informações, ao final do processo restaram 1.390 publicações. Do universo de publicações no total, os artigos referenciaram 38.178 trabalhos (sem autocitações), com uma média de citação por documento de 20,74, além do mais à amostra conta com aproximadamente 765 fontes variadas, tais como *Journals*, *Books* e etc. Uma informação interessante é sobre o (CI) *Collaboration Index*, em português Índice de Colaboração, representação do Total de Autores de Artigos de Autoria Múltipla/Total de Artigos de Autoria Múltipla (Elango and Rajendran, Koseoglu, 2012; 2016) com um valor de 2,52. Á análise da base demonstra a existência de 3.323 autores, considerando o número de publicações, chegamos ao coeficiente de documentos por autor de aproximadamente 0,42 com isso é possível reforçar a baixa concentração de publicações por autores em específico. Definida a amostra, inicialmente, foi realizado o estudo bibliométrico das publicações, dessa forma, classificaram-se os artigos segundo o ano de publicação, país, área de pesquisa, periódico, autor e número de citações, utilizando-se, para isso, o pacote *Bibliometrix do R-tool*, conforme recomendado por Gontijo, Alves (2018 apud Domingues *et al.*, 2019). Também, criou-se uma nuvem de palavras partir dos termos mais frequentes observados nos títulos dos artigos e nos abstracts. Estes resultados foram analisados à luz das três principais leis da Bibliometria: i) a Lei de Bradford, segundo a qual poucos periódicos concentram a maior parte dos artigos de determinada área do conhecimento; ii) a Lei de Lotka, que propõe que um número restrito de pesquisadores produz muito em determinada área do conhecimento, enquanto uma grande quantidade de pesquisadores produz pouco; e iii) a Lei de Zipf, que, baseada no princípio do mínimo esforço, pondera que uma mesma palavra é utilizada diversas vezes em um documento, indicando, assim, o assunto dele (Friedman, 2015). Esse tipo de estudo é objetivado por realizar análises relacionais das citações, mapear a proximidade, vizinhança, associação e a interlocução temática e/ou teórica estabelecida entre autores, artigos, periódicos e ou países, como reconhecidos pela comunidade científica (Grácio, 2016). Nesta etapa foram empregados dois métodos de análise relacional das citações: *Collaboration Network* e a *Collaboration WorldMap*, os quais foram implementados por meio do pacote do *r-tools Bibliometrix*, que possibilita a construção e a visualização de redes bibliométricas e nuvem de palavras. Proposto por WANG (2016), as redes de colaboração ou em inglês *Collaboration Network*

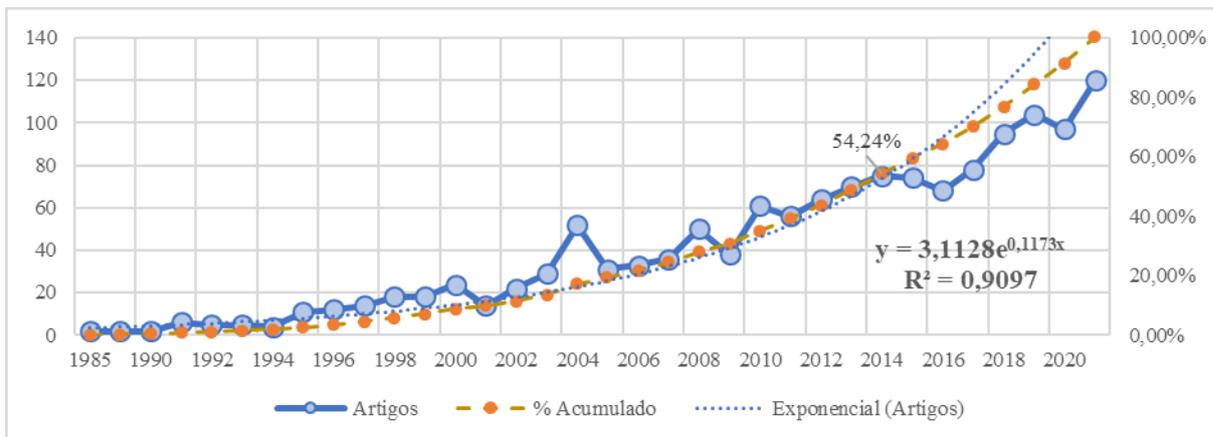
são a “venue” onde é produzido o conteúdo científico. Conforme Sobral *et al.* (2020) o *locus* tem origem pela associação de indivíduos ligados em torno de temas comuns, tendo conhecimento dos fundamentos da produção científica, aumentando assim, à obtenção dos objetivos dos autores e o conhecimento produzido se torna completo. Logo, quanto maior a quantidade de referências em comum, mais intensa será a linha de relação e maior será o *cluster* formado. É interessante demonstrar esse tipo de análise, pois a mesma permite categorizar e visualizar padrões de colaboração nas áreas da ciência, seja por autores e ou países (MARTINS, 2012). A análise de cocitação mede a proximidade temática, teórica e/ou metodológica de dois artigos de acordo com o número de publicações citadas simultaneamente. (Smiraglia, 2011). Logo, para que sejam fortemente co-citados, ao longo tempo, muitos autores precisam citar os dois artigos simultaneamente, reconhecendo, desse modo, a importância deles (Hjørland, 2013). Tais características fazem com que a análise de citações seja classificada como um método prospectivo, sendo adequada para evidenciar a estrutura do conhecimento científico, segundo a ótica da comunidade citante (Grácio, 2016).

3. Resultados e discussão

3.1. Análise bibliométrica dos artigos sobre: *Simulated Annealing*

Ao analisar os dados, primeiramente procurou-se identificar as tendências de queda ou aumento do interesse no avanço da pesquisa na seguinte área: *Simulated Annealing*. Nesse sentido, a figura 1 mostra a evolução ao longo do tempo da produção científica sobre o assunto. Observa-se que, embora o número de publicações em 2005, 2009, 2011 e 2016 tenha caído em relação aos anos anteriores, no período analisado houve um crescimento exponencial da produção científica. O *Simulated Annealing* saltou de 12 artigos, publicados 1996 a 104 em 2019. Além disso, nota-se que 54,24% dos artigos sobre *Simulated Annealing* foram publicados até 2014. Isso valida que as pesquisas sobre *Simulated Annealing* são um tanto quanto recentes, já que, aproximadamente, metade dos artigos sobre este tema foi publicada nos últimos seis anos.

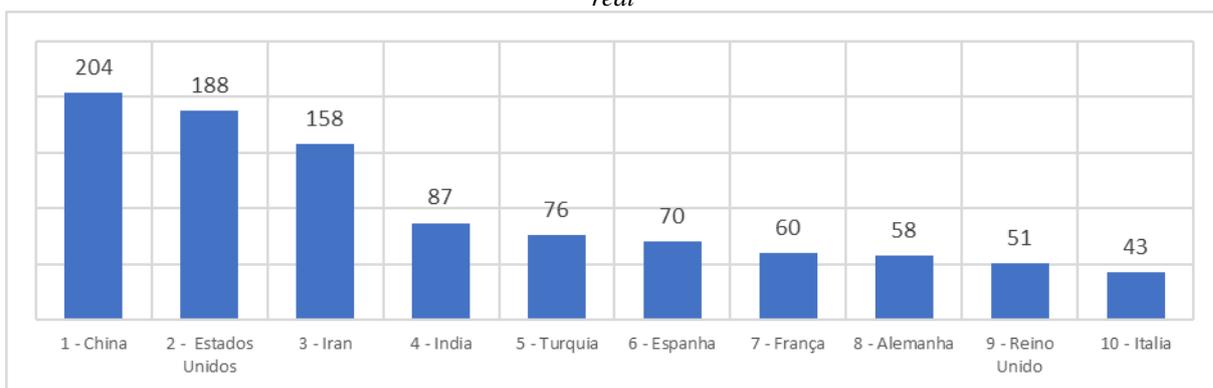
Figura 1: Evolução temporal do número de artigos publicados sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*



Fonte: Autores (2021)

Conclui-se também que as pesquisas sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real* foram oriundas de diversos países, 65, objetivamente. Conforme ilustrado na Figura 2, os pesquisadores da China lideraram o ranking de publicações por países. Ao ter publicado 204 dos 1.390 artigos sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*, o país superou a soma do número de artigos publicados pela Alemanha, Reino Unido e Itália, que, respectivamente, ocuparam a oitava, nona e décima colocações naquele ranking.

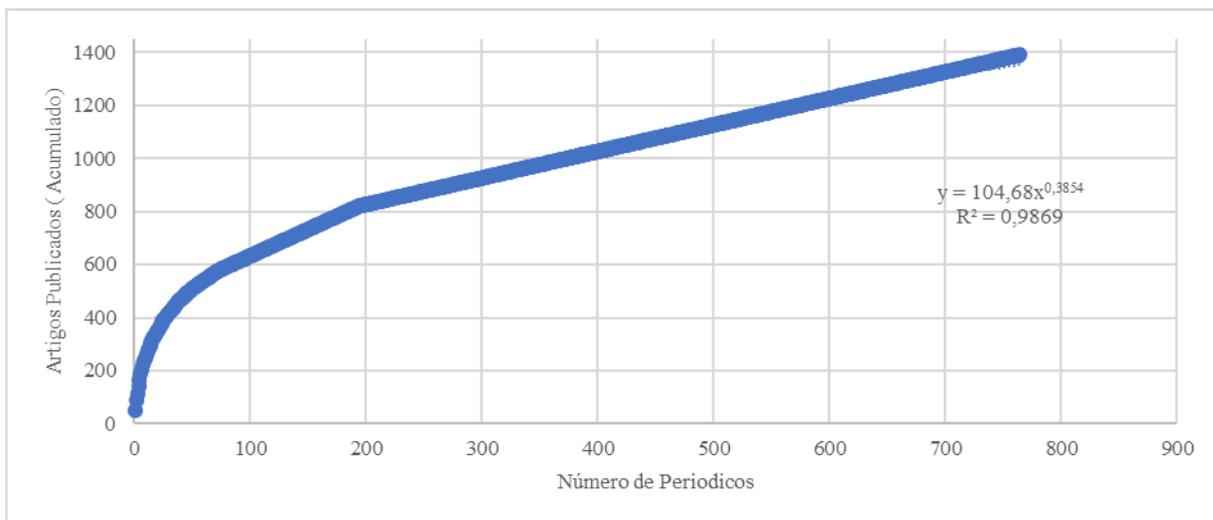
Figura 2: Os dez principais países sede de pesquisas sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*



Fonte: Autores (2021)

Verificou-se que os 1.390 artigos sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real* foram publicados em 765 periódicos diferentes, o que corresponde a uma média de 1,82 artigos por periódico. No entanto, conforme sugerido pela Figura 3, poucos periódicos concentraram um grande número de artigos sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*, enquanto que muitos periódicos publicaram poucos artigos sobre este tema, resultado é coerente com a clássica Lei de Bradford.

Figura 3: Dispersão dos artigos sobre Simulated Annealing contendo os termos heuristic e real na amostra



Fonte: Autores (2021)

Os 10 periódicos que mais publicaram artigos sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real* estão expostos na Tabela 1. Juntos, estes periódicos publicaram 250 artigos, o equivalente a cerca de um sexto do total das publicações. Isso demonstra que o tema também tem sido abordado nos principais periódicos das categorias da *Web of Science e Scopus* que mais se sobressaíram em termos do número de artigos publicados.

Tabela 1: Os doze principais periódicos que publicaram sobre *Simulated Annealing* e os temas citados acima

N	Periódico	Artigos
1	<i>Lecture Notes In Computer Science</i>	50
2	<i>European Journal Of Operational Research</i>	37
3	<i>International Journal Of Advanced Manufacturing Technology</i>	28
4	<i>International Journal Of Production Research</i>	28
5	<i>Computers And Operations Research</i>	24
6	<i>Expert Systems With Applications</i>	21
7	<i>Computers And Industrial Engineering</i>	18
8	<i>Applied Soft Computing Journal</i>	17
9	<i>Annals Of Operations Research</i>	14
10	<i>Advances In Intelligent Systems And Computing</i>	13

Fonte: Autores (2021)

A Tabela 2 mostra os dez artigos sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real* mais citados pela literatura.

Tabela 2: Dez artigos sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real* mais citados na literatura

N	Paper	Total Citations	TC per Year
1	<i>YANG XS, 2010, ENG OPTIM : AN INTROD WITH METAHEURISTIC APPL</i>	1165	97,08
2	<i>MCMINN P, 2004, SOFTW TEST VERIF RELIAB</i>	631	35,06
3	<i>GAMBARDELLA LM, 1999, J OPER RES SOC</i>	503	21,87

4	ALBA E, 2005, <i>PARALLEL METAHEURISTICS: A NEW CLASS OF ALGORITHMS</i>	433	25,47
5	RUTENBAR RA, 1989, <i>IEEE CIRCUITS DEVICES MAG</i>	422	12,79
6	SHELOKAR PS, 2004, <i>ANAL CHIM ACTA</i>	408	22,67
7	LOIOLA EM, 2007, <i>EUR J OPER RES</i>	357	23,80
8	EKREN O, 2010, <i>APPL ENERGY</i>	349	29,08
9	DOERNER K, 2004, <i>ANN OPER RES</i>	308	17,11
10	STANIFORD S, 2002, <i>J COMPUTER SECUR</i>	295	14,75

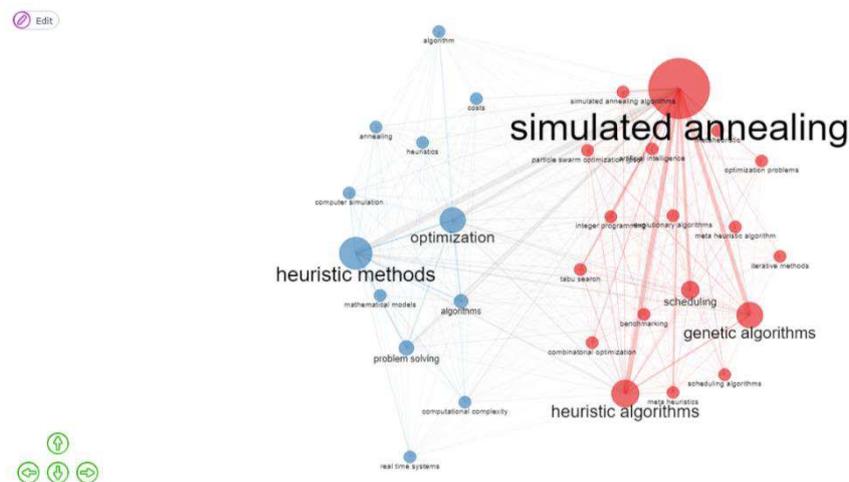
Fonte: Autores (2021)

O artigo mais citado, de YANG XS (2010, p.181-188), descreve o algoritmo *Simulated Annealing* contando sobre sua origem e aplicação em problemas de otimização, suas variações e sua aplicação com Matlab e Octave. O segundo artigo, de MCMINN P (2004), é apresentado a análise de alguns artigos e aplicações do algoritmo SA e são sugeridas novas direções para pesquisas em cada uma de suas áreas de aplicação, no terceiro artigo de GAMBARDILLA LM (1993), apresenta que o *HAS – QAP* e o algoritmo genético híbrido têm melhor desempenho em problemas do mundo real. No quarto artigo, ALBA E (2005) discute sobre a meta-heurística *Simulated Annealing*, apresenta sua utilização em um estudo de caso e demonstra sua variação chamada de *Parallel Simulated Annealing*, no quinto artigo, apresentam complexidades e compensações envolvidas em um problema de projeto complexo. São ilustradas pela dissecação de dois algoritmos de *Simulated Annealing* muito diferentes para o planejamento de piso do chip *VLSI*. Já no sexto artigo, o desempenho do algoritmo colônia de formigas comparado com outros métodos estocásticos/heurísticos populares: algoritmo genético, *simulated annealing* e *tabu search*. No sétimo artigo de LOIOLA EM (2007) são discutidos algumas das formulações de *QAP* mais importantes e suas classificações conforme suas fontes matemáticas. Também é apresentada uma discussão sobre os recursos teóricos usados para definir limites inferiores para algoritmos exatos e heurísticos, no oitavo de EKREN O (2010) é utilizado o algoritmo *Simulated Annealing* para otimizar o tamanho de um sistema de energia híbrido integrado PV/eólico com armazenamento em bateria. Ao final desse trabalho conclui-se que o algoritmo SA dá um resultado melhor do que a Metodologia de Superfície de Resposta (RSM). O nono artigo de DOERNER K (2004), apresenta o algoritmo de Colônia de Formigas de Pareto como uma meta-heurística eficaz para resolver o problema de seleção de portfólio e realiza a comparação de seu desempenho com outras abordagens heurísticas (*Pareto Simulated Annealing* e o Algoritmo Genético de Ordenação Não Dominada). Por fim, no décimo artigo, Slater & Narver (1994), utilizam *Simulated Annealing* para agrupar pacotes irregulares em *portscans*

usando heurísticas desenvolvidas a partir de *scans* reais, também são discutidos a detecção de outras atividades, como *worms* furtivos e redes de controle *DDOS*.

Para encerrar o estudo bibliométrico, foi estabelecida uma relação das *keyword Plus* presentes na base de artigos. Com o intuito de proporcionar uma visão mais nítida dos relacionamentos, restringiu-se o número de nódulos máximo para 30, sendo que esses foram utilizados para construir a rede mostrada na Figura 4.

Figura 4: Rede de palavras-chaves dos *keyword plus* da amostra



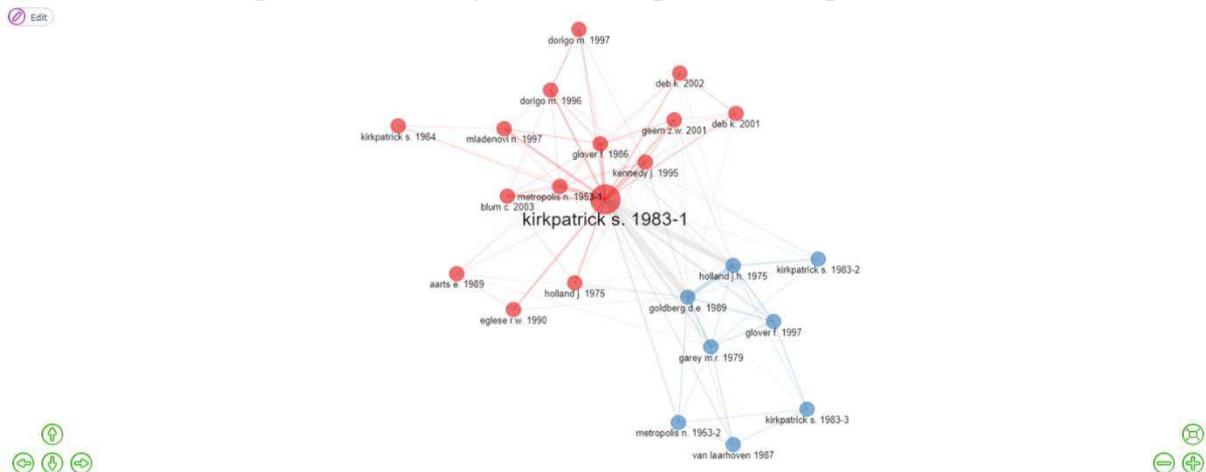
Fonte: Autores (2021)

Na Figura 4, o tamanho dos círculos é diretamente proporcional à frequência de ocorrência das palavras-chaves no *Keywords plus*. As cores azuis e vermelho indicam a separação dos *clusters*, é possível perceber o que o termo *simulated annealing* tem uma alta coocorrência com os outros algoritmos tais como: *evolutionary algorithms*, *tabu search*, *genetic algorithms* dentre outros, também é possível perceber através desse cluster a associação do SA com programação inteira, problemas de otimização, *scheduling*, *métodos* interativos dentre outros. O cluster azul traz consigo um agrupamento mais genérico, fazendo o link dos principais termos sendo eles: *heuristic methods* e *optimization*, com palavras chaves genéricas tais como: *cost*, *problem solving*, *computer simulation*, *mathematical models* e outros, por fim é possível ver a associação entre os dois clusters, faz sentido tendo em vista que tantos os algoritmos citados no cluster vermelho quantos as aplicações, conforme a literatura, fazem parte dos métodos e técnicas citados no cluster azul

3.2. Análise bibliométrica dos artigos sobre: *Simulated Annealing*

Concluída a etapa anterior, foi realizada uma análise da rede de co-citação dos artigos sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*, visando entender o padrão de relacionamento destas publicações. Inicialmente, relacionaram-se os artigos da amostra utilizando o campo *paper*, com objetivo de facilitar a visualização os números de nódulos foram limitados a 30 e optou-se por manter visível nódulos isolados caso existam. Como o acoplamento bibliográfico, a co-citação também é uma medida de similaridade semântica, Small, H. (1973), sendo assim a análise dever ser realizada avaliando que quanto mais citações dois documentos tiverem, maior será sua força de co-citação e maior é a chance de eles estarem semanticamente relacionados. Através da Figura 4, podemos perceber que KIRKPATRICK S (1983-1) tem uma forte interação com vários trabalhos, isso faz sentido tendo em vista que a data de publicação do trabalho. Tendo em vista tudo isso, podem haver mudanças nos resultados, esse fator é explicado pelo fato de que as citações que os artigos recebem se baseiam na evolução dos estudos no campo acadêmicos, sendo assim o mesmo pode crescer ou se manter Garfield (2001).

Figura 5: Rede de acoplamentos bibliográficos dos artigos da amostra



Fonte: Autores (2021)

Na Figura 5, cada círculo representa um trabalho compartilhado pelos artigos co-citados, sendo que o tamanho dele é diretamente proporcional ao número de compartilhamentos. Outro ponto quanto menor é a distância entre os artigos, maior é a proximidade entre eles e quanto maior (menor) é a frequência de artigos vizinhos. Logo, percebe-se que há um claro agrupamento em torno de Kirkpatrick s (1983-1).

4. Considerações finais

Neste artigo foi apresentado um estudo bibliométrico sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*, desenvolvido a partir da análise dos metadados de 1390 artigos sobre o tema, os quais foram publicados entre 1985 e 2021 em periódicos indexados à base de dados *Wef of Science* e *Scopus*. Os resultados obtidos mostraram que a produção científica sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*, tem crescido exponencialmente e é relativamente recente, pois cerca de metade dos artigos foram publicados nos últimos seis anos. Averiguou-se, ainda, que, aproximadamente, um sexto dos foram produzidos por pesquisadores chineses. Apurou-se também que poucos periódicos concentraram um grande número de artigos, enquanto que muitos periódicos publicaram poucos artigos. Com 50 artigos publicados, o *Lecture Notes In Computer Science* liderou o *ranking* de publicações, enquanto que o professor Reza Tavakkoli-Moghaddam foi o autor mais produtivo.

As palavras mais frequentes nos *author's Keywords* mais recentes foram *metaheuristic*, *optimization*, *scheduling*, *genetic algorithm* e *particle swarm optimization*. Desse modo, entende-se que investigar a relação entre *simulated annealing* e esses construtos pode ser um interessante caminho para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Cabe destacar que os resultados obtidos nesta pesquisa não podem ser generalizados, já que foram obtidos a partir de uma amostra de artigos da *Web of Science e Scopus*, a qual pode não conter todos os artigos publicados sobre *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*. Mesmo assim, entende-se que o objetivo de compreender a evolução da produção científica em *Simulated Annealing* contendo os termos *heuristic* e *real*, foi identificado e suas tendências e deficiências são compreendidas. Por fim, espera-se que este trabalho possa encorajar o desenvolvimento de novas pesquisas sobre *Simulated Annealing*, de tal forma a contribuir para o avanço do conhecimento da disciplina de *Pesquisa Operacional*.

REFERÊNCIAS

ALBA, E.; LUQUE, G.; NESMACHNOW, S. Parallel metaheuristics: Recent advances and new trends.

International Transactions in Operational Research, v. 20, n. 1, p. 1–48, 2013.

ARAÚJO, C. A. (2006). Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, 12(1), 11–32.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.



Doerner, K., Gutjahr, W.J., Hartl, R.F. et al. Pareto Ant Colony Optimization: A Metaheuristic Approach to Multiobjective Portfolio Selection. *Ann Oper Res* 131, 79–99, 2004

DOMINGUES, M. A. *et al.* Mapeamento da ciência com o pacote r bibliometrix: uma aplicação no estudo de empreendedorismo Acadêmico. v. 9, p. 287–294, 2018.

EKREN, O.; EKREN, B. Y. Size optimization of a PV/wind hybrid energy conversion system with battery storage using simulated annealing. **Applied Energy**, v. 87, n. 2, p. 592–598, 2010.

ELANGO, B.; RAJENDRAN, P. Authorship trends and collaboration pattern in the marine sciences literature: a scientometric study. **International Journal of Information Dissemination and Technology**, n. May 2014, 2012.

FRIEDMAN, S. D. Skills for Integrating Work and Life. **Leader to Leader**, v. 2015, n. 77, p. 48–54, 2015.

GAMBARDELLA, L. M.; TAILLARD, D.; DORIGO, M. Ant colonies for the quadratic assignment problem. **Journal of the Operational Research Society**, v. 50, n. 2, p. 167–176, 1999.

GARFIELD, E. From Bibliographic Coupling to Co-Citation Analysis via Algorithmic Historio-Bibliography: A Citationist’s Tribute to Bolver C. Griffith. **Paper presented at Drexel University, Philadelphia, PA on November 27, 2001**, p. 45, 2001.

GONTIJO, T. S. *et al.* 1 INTRODUCTION Compreender a evolução da produção científica de determinada área do conhecimento é facilitar a sua disseminação, Chen et . al (2017), e , temas , como por exemplo : (i) Business & systems architecture (Lee , Bagheri e Kao , 2015). a. **International Journal of Professional Business Review**, v. 4, n. 2, p. 35–42, 2019.

GRÁCIO, M. C. C. Acoplamento bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 21, n. 47, p. 82, 2016.

HATAMI, S. *et al.* Two meta-heuristics for three-stage assembly flowshop scheduling with sequence-dependent setup times. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 50, n. 9–12, p. 1153–1164, 2010.

HJØRLAND, B. Theories of knowledge organization - Theories of knowledge. **Knowledge Organization**, v. 40, n. 3, p. 169–181, 2013.

HERRERA DAMAS, S.; CHRISTOFOLETTI, R. Fiscalizar e alfabetizar: dois papéis dos observatórios de meios latino-americanos. **Em Questão**, v. 12, n. 1, p. 131–148, 2006.



KIRKPATRICK, S.; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by simulated annealing. **Science**, v. 220, n. 4598, p. 671–680, 1983.

LIMA, S. H. DE O.; LEOCÁDIO, Á. L. Mapeando a Produção Científica Internacional Sobre Inovação Aberta. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, v. 5, n. 2, p. 181–208, 2018.

LIU, X. Full-Text Citation Analysis : A New Method to Enhance. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 64, n. July, p. 1852–1863, 2013.

LOIOLA, E. M. *et al.* A survey for the quadratic assignment problem. **European Journal of Operational Research**, v. 176, n. 2, p. 657–690, 2007.

MARTINS, Dalton Lopes. Análise de redes sociais de colaboração científica no ambiente de uma federação de bibliotecas digitais. 2012. Tese (Doutorado em Cultura e Informação) - **Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2012.

MCMINN, P. Search-based software test data generation: A survey. **Software Testing Verification and Reliability**, v. 14, n. 2, p. 105–156, 2004.

REICHERT, T. A. *et al.* Redes de Colaboração Científica: Um Estudo de Coautoria Através da Análise de Redes Sociais. **Mostra de Iniciação Científica, Pós-graduação, Pesquisa e Extensão**, v. 5, n. 2016, p. 1–15, 2016.

RUTENBAR, R. A. Simulated annealing algorithms: An overview. **IEEE Circuits and Devices Magazine**, v. 5, n. 1, p. 19–26, 1989.

SHELOKAR, P. S.; JAYARAMAN, V. K.; KULKARNI, B. D. An ant colony approach for clustering. **Analytica Chimica Acta**, v. 509, n. 2, p. 187–195, 2004.

SMIRAGLIA, R. P. ISKO 11' s Diverse Bookshelf: **Knowl. Org**, v. 3, n. 2011, p. 179–186, 2011.

SMALL, H. Co-citation in the Scientific Literature: A New Measure of the Relationship Between Two Documents. **Journal of the American Society for information Science**, v. 24, n. 4, p. 265–269, 1973.

SOBRAL, N. V. *et al.* Redes de colaboração científica na produção de conhecimento em doenças tropicais negligenciadas no Brasil: estudo a partir da plataforma LATTES do CNPq. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 25, p. 01–22, 2020.

STANIFORD, S.; HOAGLAND, J. A.; MCALERNEY, J. M. Practical automated detection of stealthy portscans. **Journal of Computer Security**, v. 10, n. 1–2, p. 105–136, 2002.



WANG, J. Knowledge creation in collaboration networks: Effects of tie configuration. **Research Policy**, v. 45, n. 1, p. 68–80, 2016.

XAVIER, B. M.; SILVA, A. D.; COSTA, H. G. Horários Escolares Sob a Ótica Da Bibliometria. **Perspectivas Online**, v. 4, n. c, p. 1–14, 2014.

YANG, X.-S. 組合せ最適化問題に対するSimulated Annealing法. **Engineering Optimization: An Introduction with Metaheuristic Applications**, v. 31, n. 1, p. 181–188, 1986.

YOUSSEF, H.; M. SAIT, S.; ADICHE, H. Evolutionary algorithms, simulated annealing and tabu search: A comparative study. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 14, n. 2, p. 167–181, 2001