

**EVOLUTION AND CHALLENGES OF MODELING AND SIMULATION AS A SERVICE
(MSAAS) IN CLOUD COMPUTING ENVIRONMENTS: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS****EVOLUÇÃO E DESAFIOS DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMO SERVIÇO
(MSAAS) EM AMBIENTES DE COMPUTAÇÃO EM NUVEM: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA****CARLOS FELIPE DA ROSA**

<https://orcid.org/0000-0003-1711-3274> / rosa.cf@outlook.com
Exército Brasileiro, Brasília, Distrito Federal

EDUARDO AMADEU DUTRA MORESI

<https://orcid.org/0000-0001-6058-3883> / moresi@p.ucb.br
Universidade Católica de Brasília - ECI/UFMG, Brasília, Distrito Federal.

MATHEUS SILVA DE PAIVA

<https://orcid.org/0000-0001-9882-1496> / matheus.paiva@p.ucb.br
Universidade Católica de Brasília - ECI/UFMG, Brasília, Distrito Federal

FABRICIO ZIVIANI

<https://orcid.org/0000-0002-2705-846X> / zivianifabricio@gmail.com
Universidade Católica de Brasília - ECI/UFMG, Brasília, Distrito Federal



Recebido em: 18/10/2024
Aprovado em: 26/03/2025
Publicado em: 02/05/2025

RESUMO

Este artigo realiza uma análise bibliométrica sobre a aplicação da Modelagem e Simulação como Serviço (MSaaS) em ambientes de computação em nuvem. Utilizando ferramentas como VOSviewer e Gephi, o estudo identifica as tendências de pesquisa, as palavras-chave mais relevantes e os artigos mais citados na área. A pesquisa destaca a importância da interoperabilidade, proteção de dados, disponibilidade, flexibilidade e escalabilidade oferecidas pelo MSaaS, além de discutir os principais avanços tecnológicos e os desafios enfrentados na implementação dessa abordagem. Os resultados evidenciam a evolução do campo e a crescente adoção do MSaaS em diversos contextos operacionais e de defesa, contribuindo para uma melhor compreensão do impacto dessa tecnologia na área de simulação. A análise bibliométrica revelou uma predominância de publicações na área de Ciência da Computação, refletindo a natureza tecnológica do MSaaS e sua relevância para o desenvolvimento de algoritmos sofisticados e metodologias de simulação.

Palavras-chave: Análise Bibliométrica; Computação em Nuvem; Interoperabilidade; Modelagem e Simulação como Serviço (MSaaS); Tendências de Pesquisa.

ABSTRACT

This article conducts a bibliometric analysis on the application of Modeling and Simulation as a Service (MSaaS) in cloud computing environments. Utilizing tools such as VOSviewer and Gephi, the study identifies research trends, significant keywords, and the most cited articles in the field. The research underscores the importance of interoperability, data protection, availability, flexibility, and scalability offered by MSaaS. It also discusses major technological advancements and the challenges encountered in its implementation. The findings highlight the evolution of the field and the increasing adoption of MSaaS across operational and defense contexts, enhancing understanding of its impact on simulation technology. The bibliometric analysis reveals a predominance of publications in Computer Science, reflecting the technological nature of MSaaS and its significance in the development of advanced algorithms and simulation methodologies.

Keywords: Bibliometric Analysis; Cloud Computing; Interoperability; Modeling and Simulation as a Service (MSaaS); Research Trends.

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem e Simulação como Serviço (MSaaS) emergiu como uma abordagem inovadora no campo das simulações computacionais, alavancando a computação em nuvem para oferecer acesso flexível e escalável a recursos de modelagem e simulação. Esta metodologia diminui a necessidade de investimentos significativos em hardware, software e infraestrutura, facilitando a adoção de tecnologias avançadas por diversas organizações.

O campo das tecnologias emergentes, especialmente a computação em nuvem, tem revolucionado a maneira como as simulações são conduzidas. A computação em nuvem permite o uso de recursos de simulação de forma *on demand*, proporcionando uma infraestrutura sólida que pode ser rapidamente escalada conforme necessário. Neste contexto, o MSaaS se apresenta como uma solução promissora para superar as limitações tradicionais de custo e complexidade na implementação de simulações.

Apesar dos avanços significativos, a implementação do MSaaS ainda enfrenta desafios, como a interoperabilidade entre diferentes sistemas e a necessidade de garantir a segurança e privacidade dos dados. Além disso, a complexidade e os custos elevados associados à implantação e manutenção de recursos de simulação continuam sendo barreiras importantes. Estes desafios destacam a necessidade de mais pesquisas focadas em soluções práticas e eficientes para a adoção ampla do MSaaS.

A literatura tem explorado diversas facetas do MSaaS. Buyya, Ranjan e Calheiros (2009) destacaram a importância da simulação para a avaliação de algoritmos de provisionamento de recursos. Cayirci (2013a) e Cayirci (2013b) discutiram esquemas de configuração e desafios na implementação de MSaaS em ambientes de nuvem. Abrishami, Naghibzadeh e Epema (2013)

focaram em algoritmos de agendamento de workflows em nuvens IaaS, essenciais para a eficiência e cumprimento de prazos. Gong e Zhu (2014) discutiram a alocação eficiente de recursos de rede em redes ópticas elásticas. Siegfried et al. (2014) e Wainer e Wang (2017) focaram em arquiteturas que aumentam a flexibilidade e a escalabilidade do MSaaS. Calheiros et al. (2015) exploraram a previsão de cargas de trabalho usando o modelo ARIMA, crucial para manter a qualidade de serviço (QoS) das aplicações em nuvem. Karapinar e Ozcakir (2015) propuseram uma analogia entre o funcionamento do cerebelo humano e a gestão de simulações complexas. Morse et al. (2016) abordaram a criação e gestão de metadados para facilitar a descoberta e integração de serviços de simulação.

Gütlein e Djanatliev (2020) exploraram o uso do Apache Kafka para suportar operações de simulação em tempo real. Kasim et al. (2021) discutiram ferramentas de simulação para operações militares espaciais conjuntas. Hannay et al. (2021) investigaram as capacidades de infraestrutura necessárias para a execução de serviços de simulação. Zhou et al. (2022) enfatizaram que a MSaaS é uma abordagem promissora para solucionar problemas de normalização, interoperabilidade e composabilidade em modelação e simulação.

Mais recentemente, no campo da computação em nuvem e simulação como serviço (SaaS), foram revelados avanços significativos e novos desafios. Hanczewski, Stasiak e Weissenberg (2024) propuseram um modelo analítico para otimizar a alocação de recursos em IaaS. Häusler, Staegemann e Turowski (2024) exploraram jogos de simulação empresarial para educação adaptativa de ERP. Lin et al. (2024) apresentaram um simulador 3D imersivo para drones. Nardelli e Russo (2024) discutiram políticas de *offloading* para computação *serverless* em *edge*. Valdez et al. (2024) propuseram uma plataforma de simulação para o continuum Cloud-to-Things. Esses estudos evidenciaram a diversidade e a profundidade das pesquisas recentes na área.

O objetivo deste artigo é realizar uma análise bibliométrica sobre a aplicação da MSaaS, utilizando ferramentas como VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010), Gephi (Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009) e Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) para analisar as estruturas conceitual e intelectual do tema.

Embora exista uma vasta literatura sobre computação em nuvem e simulações distribuídas, ainda são escassas as análises bibliométricas atualizadas que empregam de forma integrada as ferramentas VOSviewer, Gephi e Bibliometrix com a finalidade de mapear o ecossistema da Modelagem e Simulação como Serviço (MSaaS). Este estudo propõe-se a preencher essa lacuna

ao oferecer uma perspectiva consolidada sobre as tendências emergentes, os autores mais influentes e as aplicações práticas da MSaaS, evidenciando suas implicações tanto para a pesquisa acadêmica quanto para o setor produtivo.

2 METODOLOGIA

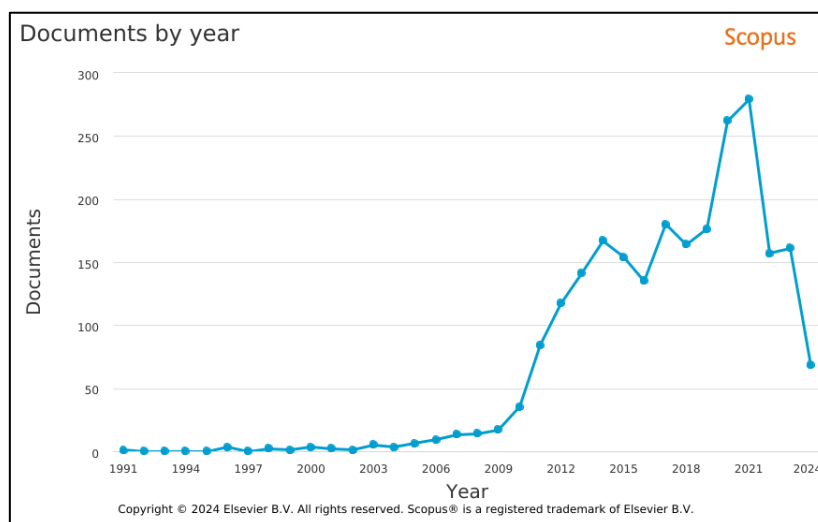
A metodologia adotada neste estudo envolve um conjunto de processos sistemáticos destinados a coletar, examinar e interpretar informações relevantes para a análise bibliométrica da Modelagem e Simulação como Serviço (MSaaS). Segundo Creswell e Creswell (2017), este rigor metodológico é fundamental para assegurar a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Os critérios de inclusão adotados nesta pesquisa abrangeram documentos para os quais estavam disponíveis todos os metadados relevantes, publicados entre 1991 e 2024, redigidos em língua inglesa e classificados como artigos de periódicos, trabalhos de conferências ou revisões sistemáticas. Foram excluídos documentos com menos de cinco citações, capítulos de livros e publicações que não passaram por revisão por pares. O recorte temporal foi definido com base na primeira ocorrência registrada do termo *Modeling and Simulation as a Service* (MSaaS) na literatura indexada, de modo a assegurar uma perspectiva longitudinal sobre a evolução do tema.

A coleta de dados foi conduzida na base Elsevier Scopus, utilizando a expressão de busca: (TITLE-ABS-KEY (simulation) AND TITLE-ABS-KEY (as a service)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , re) OR LIMIT-TO (DOCTYPE , ar) OR LIMIT-TO (DOCTYPE , cp)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , English)).

Foram recuperadas 2360 referências no período de abril a junho de 2024, focando em documentos publicados em periódicos ou conferências. A Figura 1 apresenta a evolução do tema pesquisado. Observa-se que o pico de publicações ocorreu em 2021, com 279 documentos.

Figura 1 – Documentos publicados por ano na base Elsevier Scopus



Fonte: Scopus

A análise bibliométrica dos documentos disponíveis revela uma predominância significativa de artigos de conferências e artigos científicos no campo estudado. Com um total de 1343 documentos, os artigos de conferências representam a maior parte dos trabalhos publicados, indicando uma forte tendência para a apresentação de pesquisas e resultados preliminares em eventos acadêmicos e técnicos. Os artigos científicos, com 1003 documentos, também têm uma presença substancial, refletindo a importância da disseminação de estudos completos e revisados por pares nas revistas acadêmicas. Em contraste, o número de revisões é consideravelmente menor, com apenas 14 documentos, o que sugere que a produção de revisões sistemáticas ou narrativas é menos frequente neste campo específico. Esses dados evidenciam as preferências e práticas de publicação na área de estudo, destacando a relevância das conferências como um fórum principal para a divulgação de novas descobertas e avanços tecnológicos.

A Tabela 1 apresenta fornece uma visão geral dos indicadores do corpus, gerada por recurso do Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017). Foram utilizadas 1278 fontes diferentes, como periódicos, livros e outros tipos de publicações. A taxa de crescimento anual dos documentos analisados foi de 13,64%, indicando um aumento significativo na produção de publicações ao longo do tempo. A idade média dos documentos citados é de 6,62 anos, sugerindo uma relativa atualidade nas fontes utilizadas. Cada documento recebeu em média 14,87 citações. Um total de 59.736 referências foram citadas nos documentos analisados. Foram identificadas 12.080 palavras-chave associadas aos

documentos, representando os principais temas abordados. Os autores forneceram um total de 5620 palavras-chave, destacando tópicos específicos em suas publicações.

Tabela 1 – Visão geral dos indicadores de desempenho do corpus

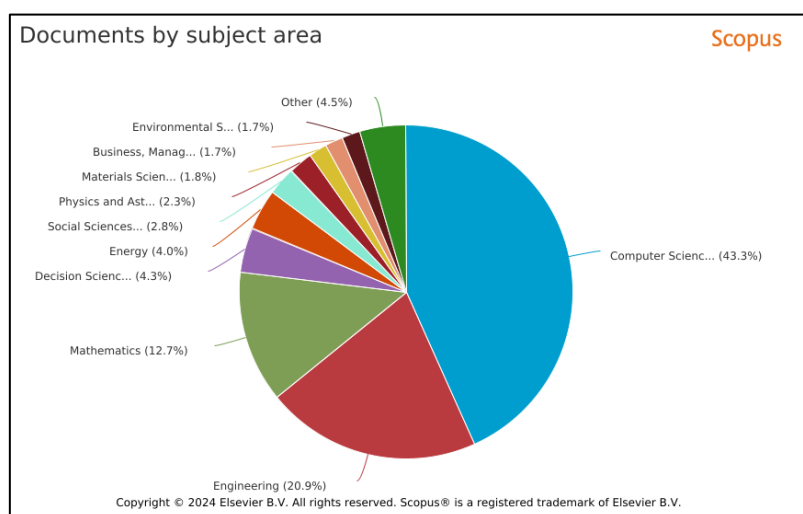
Descrição	Resultados
PRINCIPAIS INFORMAÇÕES SOBRE OS DADOS	
Período de tempo	1991:2024
Fontes (Periódicos, Livros, etc)	1278
Documentos	2360
Taxa anual de crescimento %	13,64
Idade média do documento	6,62
Citações médias por documento	14,87
Referências citadas	59736
CONTEÚDO DO DOCUMENTO	
Palavras-chave Plus (ID)	12080
Palavras-chave dos Autores (DE)	5620
AUTORES	
Autores	6395
Autores de documentos de autoria única	99
COLABORAÇÃO DE AUTORES	
Documentos de autoria única	105
Coautores por Documento	3,9
Coautorias internacionais %	25,47
TIPOS DE DOCUMENTOS	
Artigo	1003
Artigo de conferências	1343
Artigo de revisão	14

Fonte: gerada pelo pacote R-Bibliometrix.

Um total de 6395 autores contribuiu para os documentos analisados. Entre esses autores, 99 publicaram documentos sem coautores, o que é uma pequena parcela. Foram publicados 105 documentos de autoria única, o que representa uma minoria, sugerindo que a maioria dos trabalhos foi realizada em colaboração. A média de coautores por documento foi de 3,9, indicando uma tendência de trabalho colaborativo entre os autores. Aproximadamente 25,47% dos documentos foram produzidos em colaboração internacional, ressaltando a relevância da cooperação global na pesquisa. Esses resultados fornecem uma visão abrangente corpus, destacando um crescimento contínuo no número de publicações e uma tendência significativa de colaboração entre os autores, tanto local quanto internacionalmente.

A Figura 2 apresenta a distribuição por área temática, revelando o destaque para a Ciência da Computação com 43% das publicações. Esta predominância pode ser atribuída à natureza intrinsecamente tecnológica do MSaaS, que requer infraestrutura de computação avançada, algoritmos sofisticados e metodologias rigorosas de simulação e modelagem. Áreas correlatas como engenharia, matemática, ciências de apoio a decisão e ciências sociais também foram indexadas, refletindo a versatilidade e aplicabilidade das soluções de MSaaS em resolver problemas complexos e multidisciplinares.

Figura 2 – Distribuição por área temática



Fonte: Scopus

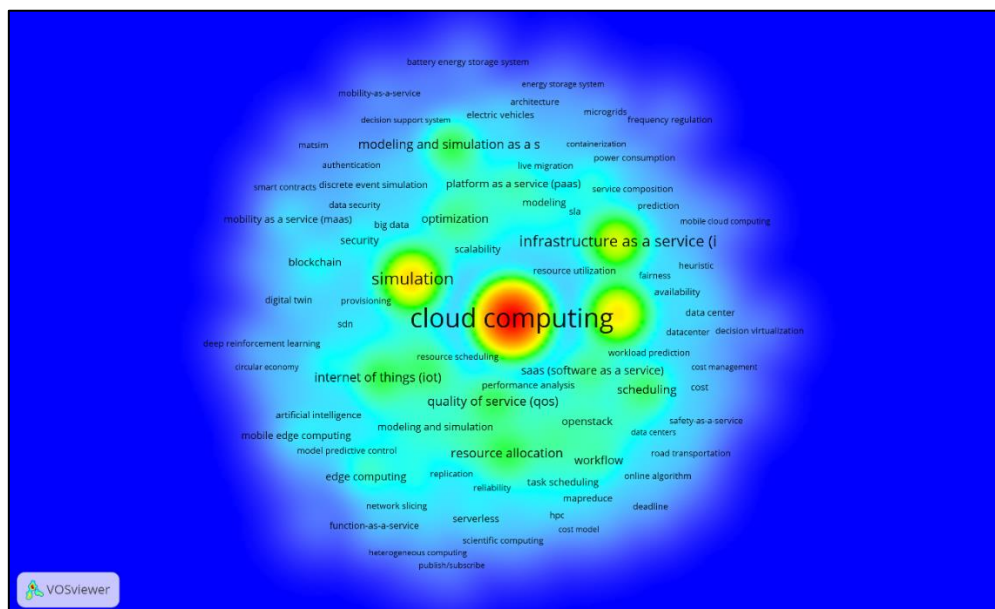
Para a análise de dados, os metadados foram importados para o software VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010), que permite a construção e visualização de redes bibliométricas. As análises de coautoria, coocorrência de palavras-chave, citação, cocitação e acoplamento bibliográfico foram realizadas conforme as abordagens descritas por Moresi, Pinho e Costa (2021). A rede de coocorrência foi parametrizada por palavras-chave dos autores com contagem fracionada e um limiar de valor 5 para o mínimo de ocorrências.

Moresi, Pinho e Costa (2021) detalharam o funcionamento do VOSviewer, podendo ser usado para construir e visualizar mapas bibliométricos de dados de coautoria (autores, organizações e países), coocorrência de palavras-chave (autor e palavras-chave), citação (documentos, fontes, autores, organizações e países), cocitação (referências, fontes e autores) e acoplamento bibliográfico (documentos, fontes, autores, organizações e países). Além disso, o VOSviewer detecta comunidades usando técnica de *clustering*, permitindo três tipos de visualizações: rede, sobreposição e densidade; onde foi produzido um mapa de calor que destaca as palavras-chave mais frequentes).

A normalização das palavras-chave foi elaborada por meio do arquivo VOSviewer thesaurus, que unifica termos diferentes que representam o mesmo conceito, corrigindo variações e erros comuns. Após a remoção de termos não relacionados e a unificação de termos similares, a lista foi reduzida de 1270 para 1014 entradas.

Para uma melhor visualização, foram definidos que cada cluster teria um conjunto com no mínimo de 10 nós, correspondendo a aproximadamente 10% do total de nós, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Rede de coocorrência de palavras-chave dos autores



Fonte: Dos autores (2023)

O quadro 1 apresenta as ferramentas utilizadas para a realização da análise. A aplicação destas ferramentas e metodologias proporcionou uma análise robusta e detalhada, permitindo identificar as principais tendências, desafios e oportunidades no campo da Modelagem e Simulação como Serviço.

Quadro 1 – Ferramentas

Ferramenta	Finalidade
VOSViewer	Construir e visualizar redes bibliométricas
Gephi	Analisar redes e gerar grafos de interconexões entre tecnologias e conceitos
Mendeley	Organizar e elaborar notas dos documentos analisados
LogLet Lab	Analisar o ciclo de vida e evolução do tema de MSaaS
Bibliometrix	Realizar análises bibliométricas completas, incluindo cocitação, acoplamento bibliográfico e análise de palavras-chave

Fonte: Dos autores (2023)

3 RESULTADOS DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são apresentados os resultados da pesquisa bibliográfica sobre MSaaS em nuvem. A análise bibliométrica, feita com VOSviewer, Gephi e Bibliometrix, mapeou tendências,

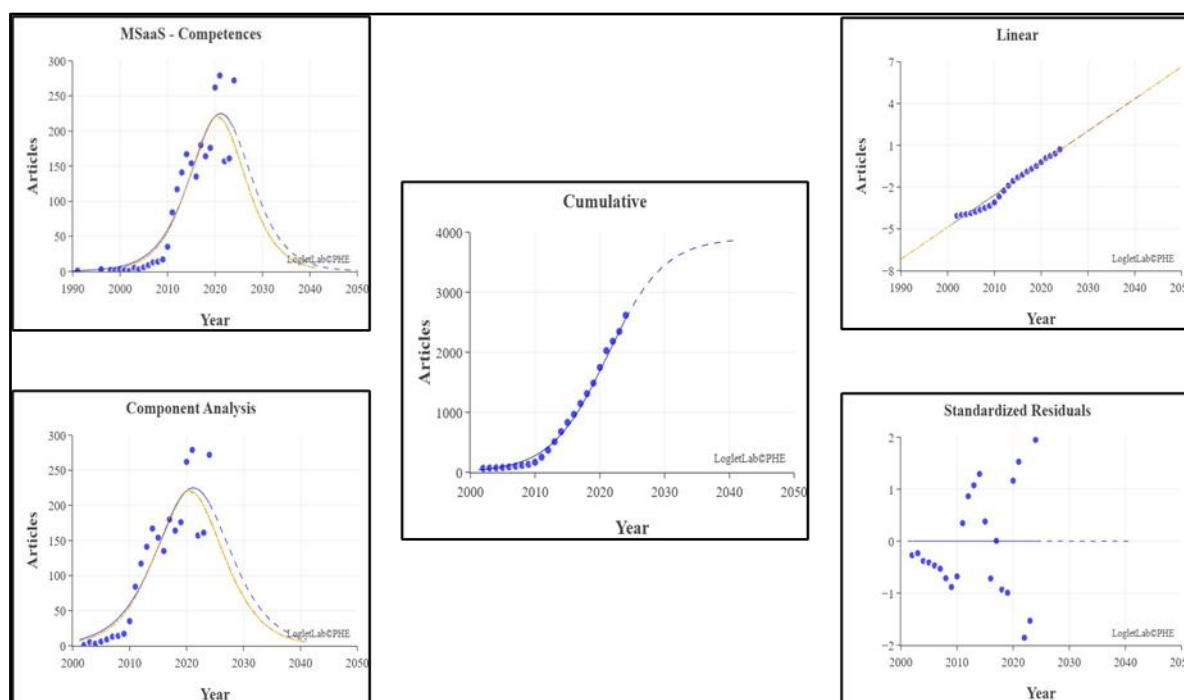
redes de coautoria, palavras-chave relevantes e artigos influentes. Os resultados mostram o estado atual das pesquisas, destacando o crescimento do MSaaS em defesa e operações militares e sua viabilidade para reduzir custos e aumentar eficiência. Também foram analisadas as estruturas conceitual e intelectual do campo, revelando conceitos, autores e fontes que moldam o desenvolvimento do MSaaS.

3.1 Análise do ciclo de vida do tema

Para analisar o crescimento do tema, a Curva S foi utilizada. A lei do crescimento natural ao longo de um período específico pode ser explicada por fases de nascimento, crescimento, maturidade, declínio e extinção de qualquer sistema, denominado ciclo de vida do sistema (Chen, Chen & Lee, 2010; Ernst, 1997). A Curva S, símbolo do crescimento cumulativo, representa o número cumulativo de unidades ao longo do tempo. A função matemática mais simples que gera esse tipo de curva é a função logística. O princípio fundamental dessa função é que a taxa de crescimento é proporcional ao crescimento já realizado e ao que falta realizar (KUCHARAVY, DE GUIO, 2011). Para prever o restante da Curva S, uma simulação foi realizada no Loglet Lab (BURG et al., 2017), com os diagramas da Figura 5.

A análise dos dados coletados sobre MSaaS revela uma trajetória de crescimento e evolução das competências relacionadas ao tema ao longo dos anos. Os dados indicam um aumento consistente no número de artigos publicados, com um crescimento refletido na curva logística ajustada. O parâmetro K de 3905.35 sugere uma capacidade de saturação elevada, enquanto a taxa de crescimento r de 0.23034 e o ponto médio tm de 2021.19 indicam uma aceleração recente no interesse e desenvolvimento na área. Este crescimento significativo destaca a importância crescente do MSaaS como uma competência chave na área de simulação e modelagem, refletindo sua adoção e integração progressiva nas práticas de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos.

Figura 5 – Análise Gráfica de Ciclo de Vida



Fonte: Dos autores (2023)

3.2 Análise de desempenho

A análise de desempenho avalia as contribuições dos elementos da pesquisa dentro de um campo específico (Cobo et al., 2011). É uma prática comum relatar o desempenho de diferentes componentes da pesquisa, como autores, instituições, países e periódicos (Donthu et al., 2021). Há diversas métricas disponíveis para a análise de desempenho, sendo as mais importantes o número de publicações e citações, considerando-as por ano ou por elemento de pesquisa. As publicações indicam produtividade, enquanto as citações servem como uma medida de impacto e influência.

Outras métricas, como a média de citações por publicação e o índice h, combinam esses dois aspectos para avaliar o desempenho dos elementos analisados. Embora seja de caráter descritivo, essa análise destaca a relevância de diferentes componentes em um campo de estudo. Para a análise de desempenho do Corpus, foram utilizadas algumas métricas, calculadas pelo Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017), sobre fontes e autores.

A análise das fontes mais relevantes na área estudada revela uma concentração significativa de publicações em periódicos e séries de conferências de alto impacto, como mostrado na Tabela 2. Em destaque, a série Lecture Notes in Computer Science (incluindo sub-séries como Lecture Notes in Artificial Intelligence e Lecture Notes in Bioinformatics) é a mais prolífica, com um total de 76 artigos publicados. Em seguida, o periódico Future Generation Computer Systems se destaca com 42 artigos, refletindo sua importância na disseminação de pesquisas avançadas em sistemas de computação de próxima geração. IEEE Access também tem uma presença considerável com 36 artigos, indicando sua relevância como um repositório de acesso aberto para uma ampla gama de pesquisas tecnológicas. Outras fontes notáveis incluem a ACM International Conference Proceeding Series e os IEEE Transactions em diversas áreas, como Cloud Computing e Internet of Things, cada uma contribuindo significativamente para a literatura com 24 e 23 artigos, respectivamente. Este panorama de fontes evidencia a diversificação e especialização das publicações, sublinhando a importância das conferências e periódicos IEEE e ACM na divulgação de avanços em computação e tecnologia.

Tabela 2 – Fontes mais relevantes

NR	FONTES	ARTIGOS
1	LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE (INCLUDING SUBSERIES LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LECTURE NOTES IN BIOINFORMATICS)	76
2	FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS	42
3	IEEE ACCESS	36
4	ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES	25
5	IEEE TRANSACTIONS ON CLOUD COMPUTING	24
6	IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL	23
7	ADVANCES IN INTELLIGENT SYSTEMS AND COMPUTING	22
8	SIMULATION SERIES	21
9	CLUSTER COMPUTING	20
10	IEEE TRANSACTIONS ON SERVICES COMPUTING	19

Fonte: Bibliometrix

A aplicação da Lei de Bradford aos dados bibliométricos revela a distribuição desigual das publicações em diferentes fontes dentro do campo de estudo. De acordo com essa Lei, um pequeno número de periódicos concentra a maioria dos artigos publicados, enquanto um número maior de

periódicos contém menos artigos cada um (Bradford, 1934). Isso é evidente nos dados apresentados na Tabela 3, onde as fontes mais prolíficas incluem Lecture Notes in Computer Science, com 76 artigos, seguida por Future Generation Computer Systems com 42 artigos, e IEEE Access com 36 artigos. Esses três periódicos juntos constituem uma proporção significativa da produção total de artigos. Em contrapartida, fontes como IEEE Transactions on Cloud Computing e Cluster Computing apresentam frequências menores, com 24 e 20 artigos, respectivamente. Essa distribuição reflete a estrutura típica prevista pela Lei de Bradford, onde a informação é concentrada em um número reduzido de fontes altamente produtivas, enquanto a maioria das fontes contribui com um número menor de publicações.

Tabela 3 – Lei de Bradford

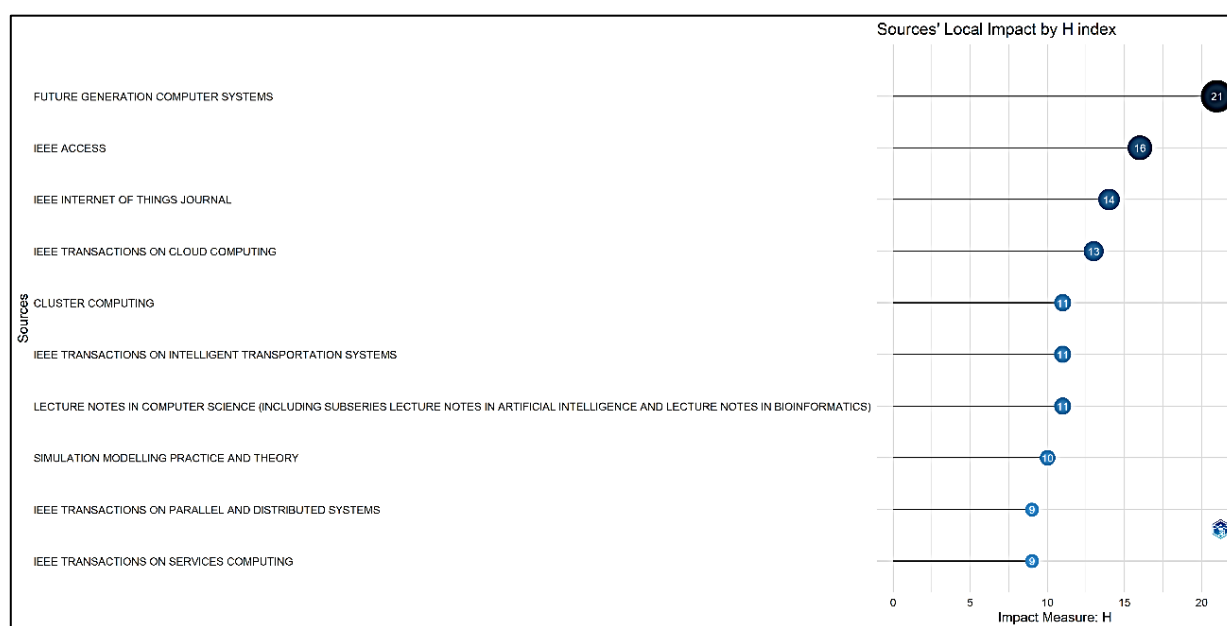
NR	FONTE	RANK	FREQUÊNCIA
1	LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE (INCLUDING SUBSERIES LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LECTURE NOTES IN BIOINFORMATICS)	1	76
2	FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS	2	42
3	IEEE ACCESS	3	36
4	ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES	4	25
5	IEEE TRANSACTIONS ON CLOUD COMPUTING	5	24
6	IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL	6	23
7	ADVANCES IN INTELLIGENT SYSTEMS AND COMPUTING	7	22
8	SIMULATION SERIES	8	21
9	CLUSTER COMPUTING	9	20
10	IEEE TRANSACTIONS ON SERVICES COMPUTING	10	19

Fonte: Bibliometrix

A análise das fontes de maior impacto pelo índice H, mostrada na Figura 6, revela as publicações mais influentes no campo estudado. O índice H é uma métrica amplamente utilizada para avaliar o impacto e a produtividade de publicações acadêmicas (Hirsch, 2005). Entre as fontes destacadas, Future Generation Computer Systems lidera com um índice H de 21, indicando sua proeminência na área de pesquisa. IEEE Access segue com um índice H de 16, refletindo sua ampla aceitação e relevância. Outras fontes notáveis incluem o IEEE Internet of Things Journal com um índice H de 14 e o IEEE Transactions on Cloud Computing com 13. Cluster Computing e IEEE

Transactions on Intelligent Transportation Systems ambos apresentam um índice H de 11, assim como Lecture Notes in Computer Science e Simulation Modelling Practice and Theory. Finalmente, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems e IEEE Transactions on Services Computing possuem índices H de 9. Esses dados evidenciam a influência e o reconhecimento dessas publicações na comunidade científica, consolidando-as como fontes essenciais para pesquisadores e profissionais na área de tecnologia e computação.

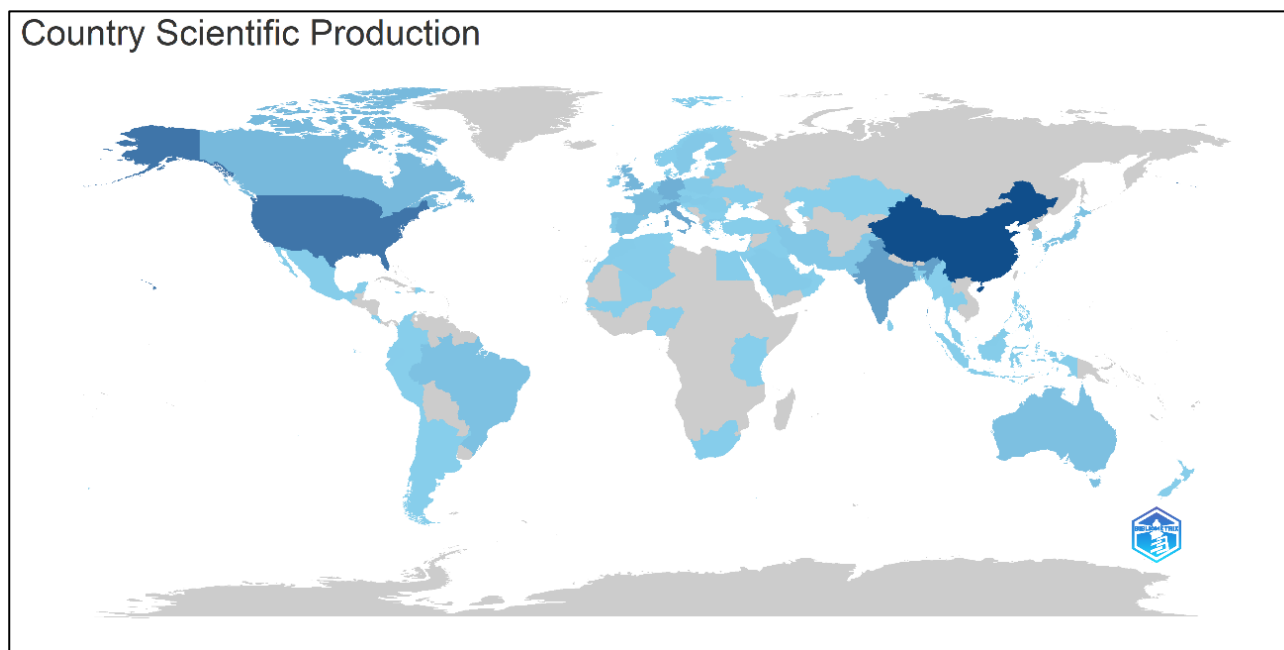
Figura 6 - 10 fontes de maior impacto pelo H-Index



Fonte: Bibliometrix

A Figura 7 ilustra a produção científica por países. Este mapa destaca as contribuições científicas globais, com uma concentração significativa de produção na China, seguida pelos Estados Unidos e Índia. Esses dados evidenciam a liderança da China na produção científica, com 2057 publicações, enquanto os Estados Unidos contribuem com 1390 e a Índia com 704 publicações. Essa visualização é crucial para compreender a distribuição geográfica da produção científica e identificar áreas de colaboração e desenvolvimento tecnológico. A figura a seguir mostra detalhadamente a produção científica por país, destacando a contribuição significativa de cada nação para o avanço do conhecimento global.

Figura 7 – Produção científica por país sobre o tema



Fonte: Bibliometrix

3.3 Análise da estrutura conceitual

A Análise da Estrutura Conceitual é uma metodologia fundamental em pesquisas acadêmicas que visa identificar, definir e interrelacionar os conceitos chave de um campo de estudo (Jabareen, 2009). Esta análise facilita a construção de uma estrutura teórica clara e coesa, orientando a coleta de dados, a interpretação de resultados e a formulação de hipóteses. Além de clarificar conceitos e identificar suas relações, essa abordagem guia a pesquisa, integra conhecimentos e informa práticas e políticas, assegurando rigor científico e validade nas investigações.

A centralidade dos termos é uma métrica crucial para identificar os conceitos mais influentes e interconectados. Utilizando a ferramenta Gephi (Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009), foi possível calcular a centralidade de autovetor, que mede a influência de um nó dentro da rede, considerando também a importância dos seus vizinhos. A Tabela 4 apresenta os 20 termos mais importantes, ordenados pela centralidade de autovetor, destacando aqueles que desempenham papéis centrais nas discussões e desenvolvimento de MSaaS.

Tabela 4 – Palavras-chave mais influentes

NR	PALAVRA-CHAVE	GRAU	CENTRALIDADE DE AUTOVETOR	NÚMERO DE TRIANGULOS
1	<i>cloud computing</i>	252	1,0000	1370
2	<i>simulation</i>	128	0,6392	714
3	<i>virtualization</i>	119	0,6389	725
4	<i>resource management</i>	104	0,5599	578
5	<i>infrastructure as a service</i>	83	0,5115	509
6	<i>software as a service</i>	87	0,5016	486
7	<i>internet of things</i>	66	0,4427	429
8	<i>quality of service</i>	68	0,4273	364
9	<i>scheduling</i>	55	0,3906	326
10	<i>modeling and simulation</i>	57	0,3774	310
11	<i>workflows</i>	43	0,3275	227
12	<i>modeling and simulation as a service</i>	53	0,3142	240
13	<i>optimisation</i>	50	0,3096	205
14	<i>platform as a service</i>	40	0,3020	202
15	<i>distributed computing</i>	37	0,2836	164
16	<i>task</i>	32	0,2804	169
17	<i>performance</i>	35	0,2794	179
18	<i>security</i>	38	0,2658	157
19	<i>service</i>	32	0,2634	148
20	<i>service oriented architecture</i>	33	0,2625	168

Fonte: Gephi

A Figura 8 apresenta a nuvem de palavras-chave dos autores, em que se destacam *cloud computing*, *computer simulation*, *software as a service*, *storage as a service* e *quality of service*. Esses termos refletem as áreas críticas de interesse e pesquisa no campo do MSaaS. A computação em nuvem (*cloud computing*) é fundamental para a viabilização do MSaaS, fornecendo a infraestrutura necessária para executar simulações complexas de forma eficiente. A palavra-chave *computer simulation* destaca o núcleo técnico do MSaaS, enquanto *software as a service* e *storage as a service* evidenciam os modelos de distribuição e armazenamento que suportam essa tecnologia. Finalmente, *quality of service* sublinha a importância de manter altos padrões de

desempenho e confiabilidade nas implementações de MSaaS, assegurando que os serviços prestados atendam às expectativas e necessidades dos usuários. Esses conceitos são essenciais para direcionar futuras pesquisas e desenvolver estratégias eficazes para a implementação e aprimoramento do MSaaS.

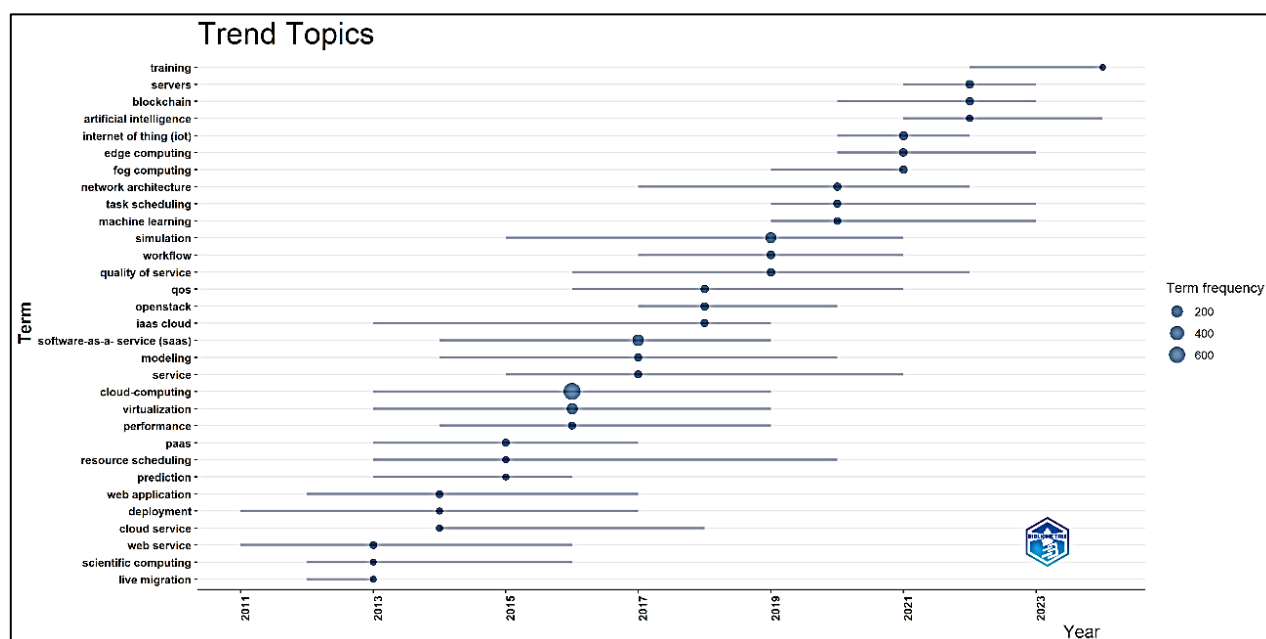
Figura 8 – Nuvem de palavras-chave dos autores



Fonte: Bibliometrix

Outra funcionalidade interessante do Bibliometrix é a identificação dos tópicos de tendências (*trend topics*). Entre as principais tendências, estão os termos *training*, *servers*, *blockchain* e *artificial intelligence*, como apresentado na Figura 9. Esse recurso do Bibliometrix é muito interessante para identificar e monitorar as tendências emergentes e os focos de pesquisa predominantes em um campo específico ao longo do tempo. A identificação de tópicos como *training* e *blockchain* revela a expansão da aplicação de MSaaS em novas áreas, enquanto *servers* e *edge computing* sublinham a importância contínua de aprimorar as bases técnicas e as infraestruturas para suportar simulações complexas. Esses achados são fundamentais para o planejamento estratégico e para a otimização de recursos em pesquisas e projetos tecnológicos.

Figura 9 – Bibliometrix: Trend Topics



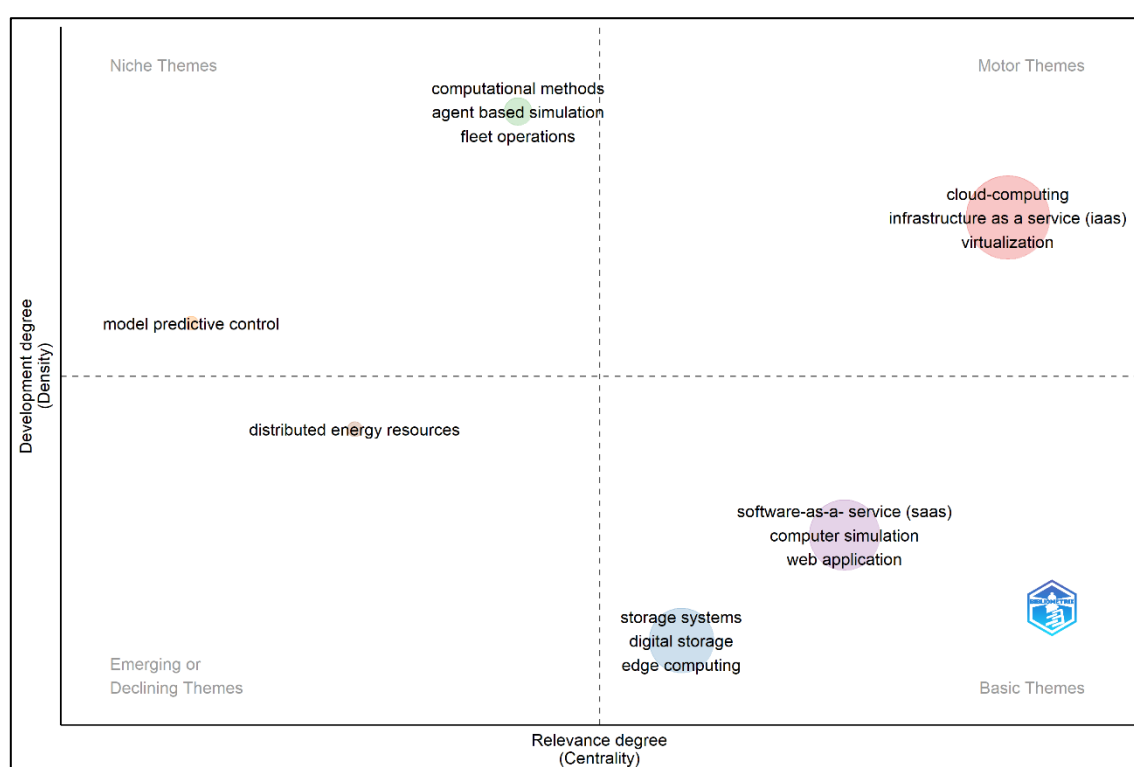
Fonte: Bibliometrix

Para fornecer uma visão detalhada das áreas de pesquisa mais influentes e emergentes sobre MSaaS, foi gerado um mapa temático, que divide os temas em quatro quadrantes: motores, básicos, emergentes ou em declínio e de nicho (Cobo et al, 2011). A Figura 10 apresenta o mapa temático gerado com as palavras-chave dos autores. Os temas motores representam as áreas mais centrais e desenvolvidas na pesquisa de MSaaS. Neste contexto, temas como *cloud computing*, *infrastructure as a service* e *virtualization* emergem como influentes e críticos, destacando-se com uma alta centralidade e densidade, refletindo sua importância e maturidade no campo, com 5979 ocorrências. Eles são fundamentais para o avanço da tecnologia MSaaS, impulsionando inovações na disponibilidade e segurança. A alta frequência de palavras-chave relacionadas a esses tópicos indica que são amplamente pesquisados e têm um impacto significativo no campo.

Os temas básicos são áreas bem desenvolvidas e fundamentais, mas com menor centralidade em comparação aos temas motores. Nesse quadrante, encontram-se temas como *software as a service*, *computer simulation*, *web application*, *digital storage* e *edge computing*. Esses tópicos são essenciais para a implementação de MSaaS, fornecendo a base teórica e prática necessária para o desenvolvimento soluções eficientes. Embora sejam menos centrais, esses

temas desempenham um papel crucial na fundamentação do conhecimento no campo da simulação.

Figura 10 – Mapa Temático das palavras-chave dos autores



Fonte: Bibliometrix

Os temas emergentes ou em declínio destacam áreas que estão emergindo ou perdendo relevância na pesquisa de MSaaS, como é o caso do tema *distributed energy resources*, indicando possíveis novas tendências ou áreas de interesse em declínio. Os temas de nicho são áreas bem desenvolvidas, mas com menor centralidade, indicando uma especialização mais específica dentro do campo do MSaaS. Temas como *computational methods*, *agent based simulation* e *fleet operation* caem nesse quadrante. Esses tópicos atraem atenção especializada, sugerindo que, embora não sejam centrais, possuem um grupo dedicado de pesquisadores interessados em explorar suas aplicações e benefícios específicos.

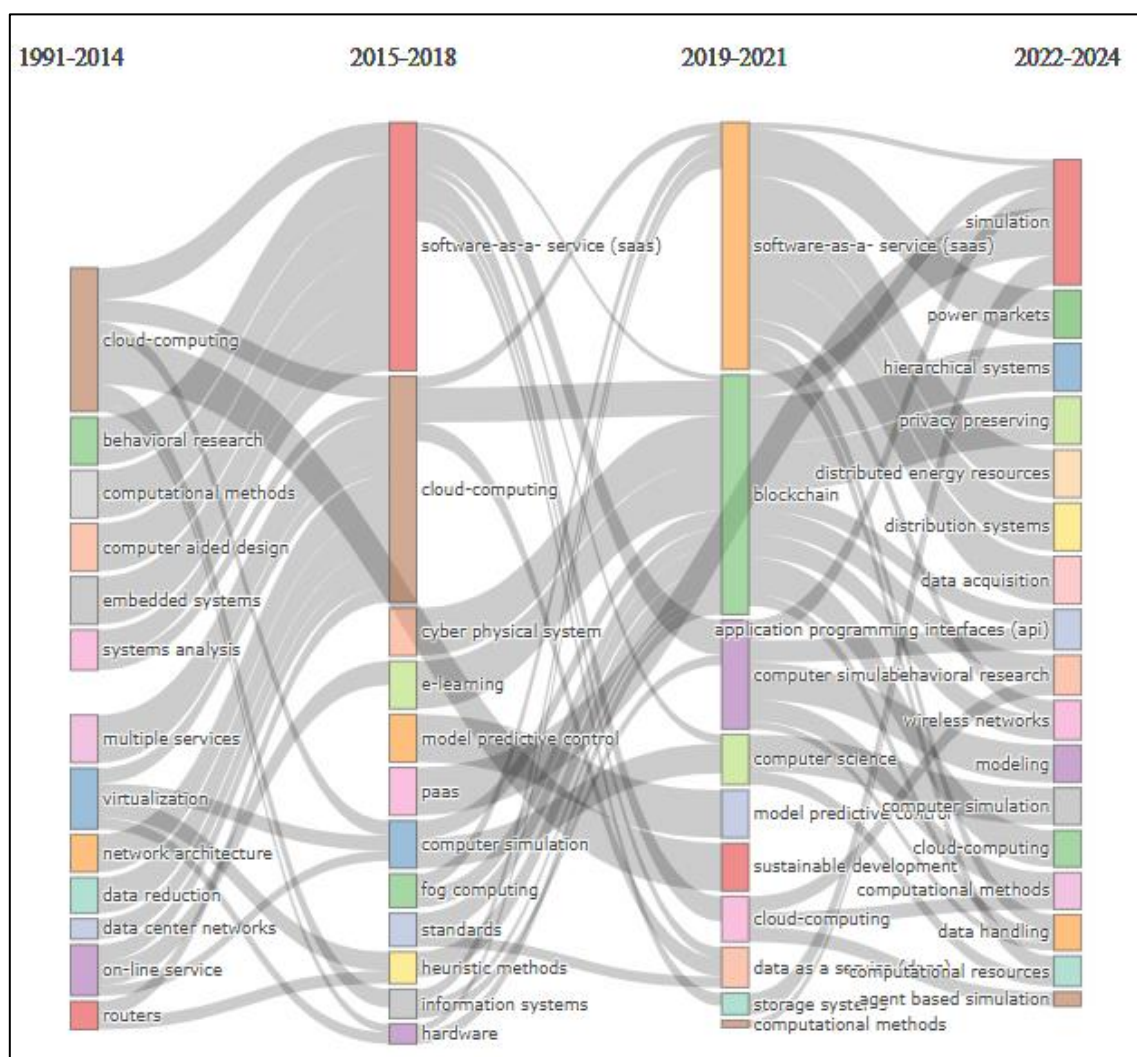
A análise da evolução temática na pesquisa sobre MSaaS permite uma compreensão das tendências e transformações que ocorreram ao longo do tempo. Para mapear essa evolução, o

corpus foi dividido em quatro intervalos distintos: 1991-2014, 2015-2018, 2019-2021 e 2022-2024. Cada um desses períodos representa uma fase distinta no desenvolvimento do MSaaS, refletindo mudanças nas prioridades de pesquisa, avanços tecnológicos e a crescente complexidade das tecnologias de suporte ao MSaaS. A Figura 11 apresenta o diagrama da evolução temática das palavras-chave dos autores. Cada coluna representa um intervalo de tempo e as conexões entre as colunas mostram a transição ou continuidade de tópicos entre os períodos. Aqui estão alguns pontos-chave:

- 1991-2014: nesse período inicial, os tópicos dominantes incluem *cloud computing*, *computational methods*, *systems analysis* e *network architecture*. Essas áreas refletem uma ênfase em métodos fundamentais e infraestrutura básica de computação;
- 2015-2018: observa-se uma diversificação dos tópicos, com a introdução de áreas como *software-as-a-service (SaaS)*, *cyber physical system* e *e-learning*. Isso indica uma transição para a computação em nuvem mais sofisticada e aplicações específicas, além de um aumento no interesse por sistemas físicos integrados e educação digital;
- 2019-2021: a continuidade de tópicos como *cloud computing* e SaaS é visível, enquanto novas áreas emergem, incluindo *blockchain* e *distributed energy resources*. Isso sugere um foco crescente em segurança de dados, descentralização e soluções energéticas inteligentes;
- 2022-2024: nesse período mais recente, os tópicos se tornam ainda mais diversificados. Novas áreas como *privacy preserving*, *hierarchical systems* e *data acquisition* ganham destaque, refletindo preocupações contemporâneas com segurança de dados, complexidade de sistemas e coleta de dados. Além disso, há uma presença contínua de *computational methods* e *cloud computing*, indicando sua importância persistente na evolução tecnológica.

O diagrama mostra a evolução dos interesses tecnológicos, com uma tendência clara de especialização e diversificação ao longo do tempo, à medida que novas tecnologias e necessidades surgem.

Figura 11 – Evolução Temática das palavras-chave dos autores



Fonte: Bibliometrix

3.4 Análise da Estrutura Intelectual

A Análise da Estrutura Intelectual visa mapear, identificar e compreender as relações entre os principais autores, obras e conceitos em um determinado campo de estudo. Essa análise utiliza técnicas bibliométricas para revelar padrões de colaboração, redes de coautoria e citações, proporcionando uma visão abrangente da dinâmica intelectual e do desenvolvimento do conhecimento dentro da área analisada (Cobo et al, 2011). Essa abordagem é essencial para

entender a evolução teórica e prática de um campo, além de identificar influências e tendências emergentes.

A análise dos dez documentos mais citados localmente, ou seja, pelos documentos do corpus, conforme mostrado na Tabela 5. O documento mais citado localmente é de Cayirci et al. (2013) no Winter Simulation Conference, com 24 citações locais e 83 citações globais, resultando em uma relação LC/GC de 28,92%. Outro documento notável é de Abrishami et al. (2013) publicado na Future Generation Computer Systems, com 22 citações locais e 574 citações globais, indicando uma relação LC/GC de 3,83%. O trabalho de Buyya et al. (2009) também se destaca, com 15 citações locais e 857 citações globais, mas com uma relação LC/GC de apenas 1,75%, evidenciando seu reconhecimento predominante no cenário global. Li et al. (2016) e Wang et al. (2015) apresentam altos índices LC/GC de 73,33% e 33,33%, respectivamente, indicando uma relevância considerável tanto local quanto global. Outros documentos, como os de Malawski et al. (2015) e Piraghaj et al. (2017), também figuram entre os mais citados, demonstrando a diversidade e o alcance dos temas abordados nas pesquisas. Esses dados sublinham a importância de alguns trabalhos-chave que moldam o conhecimento e as práticas na área de estudo.

Tabela 5 – Dez documentos mais citados

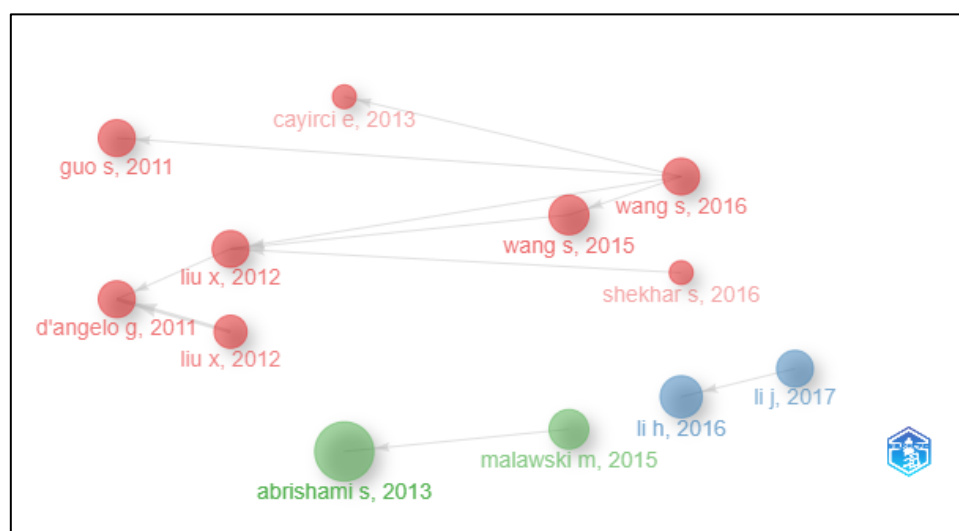
NR	DOCUMENT	LOCAL CITATIONS	GLOBAL CITATIONS	LC/GC RATIO (%)
1	CAYIRCI E, 2013, PROC WINTER SIMUL CONF - SIMUL: MAK DECIS COMPLEX WORLD, WSC	24	83	28,92
2	ABRISHAMI S, 2013, FUTURE GENER COMPUT SYST	22	574	3,83
3	BUYYA R, 2009, PROC - INTCONF HIGH PERFORM COMPUT SIMUL, HPCS	15	857	1,75
4	LI H, 2016, MOB INF SYS	11	15	73,33
5	WANG S, 2015, SIMULATION	10	30	33,33
6	MALAWSKI M, 2015, FUTURE GENER COMPUT SYST	10	199	5,03
7	LIU X, 2012, SIMUL MODEL PRACT THEORY	9	38	23,68
8	PIRAGHAJ SF, 2017, SOFTWARE PRACT EXPER	9	130	6,92
9	GUO S, 2011, PROC IEEE INT CONF INF REUSE INTEGR, IRI	9	27	33,33

10	WANG S, 2016, INTL J MODEL SIMUL SCI COMPUT	9	14	64,29
----	--	---	----	-------

Fonte: Bibliometrix

O historiográfico, apresentado na Figura 16, destaca documentos fundamentais que moldam a compreensão e o desenvolvimento de simulações baseadas em nuvem e computação distribuída. Entre os trabalhos destacados, Guo et al. (2011) discutiram a reutilização de software de simulação orientado a serviços, focando em experimentos de simulação orientada a serviços. D'Angelo (2011) exploraram a simulação paralela e distribuída em ambientes de nuvem pública, enfatizando a adaptabilidade e a middleware necessária para tais sistemas. Liu (2012a) apresentou o estado da arte da simulação baseada em nuvem, abordando o paradigma computacional e a consolidação de recursos. Outro trabalho de Liu (2012b) propôs o plantio de software de simulação existente na nuvem, destacando a simulação como um serviço. Cayirci (2013) investigou esquemas de configuração para a modelagem e simulação como um serviço, abordando computação em nuvem e virtualização. Wang (2015) apresentou uma metodologia de simulação como serviço para modelagem e visualização de multidões, integrando engenharia orientada a modelos e computação em nuvem. Wang (2016) discutiu a arquitetura de modelagem e simulação como serviço para a implantação de recursos na nuvem, enfatizando serviços RESTful e middleware de simulação. Shekhar (2016) introduziu um middleware de simulação como serviço baseado em contêineres Linux e computação em nuvem. Abrishami (2013) propôs algoritmos de escalonamento de fluxo de trabalho com restrição de prazo para infraestruturas de nuvem como serviço, focando na qualidade do serviço e custos. Malawski (2015) desenvolveu algoritmos para provisão de recursos com restrição de custo e prazo para fluxos de trabalho científicos em nuvens IAAS, abordando a eficiência de gerenciamento e controle de orçamento. Esses trabalhos foram importantes para o avanço das tecnologias de simulação e computação em nuvem, refletindo a diversidade e a profundidade das pesquisas na área.

Figura 16 – Bibliometrix: Historiográfico



Fonte: Dos autores (2023)

As tendências identificadas, como o crescimento de tópicos relacionados a *blockchain*, *edge computing* e técnicas de preservação da privacidade, apontam direções promissoras para organizações que buscam soluções seguras, escaláveis e eficientes em simulação distribuída. Do ponto de vista prático, essas tecnologias viabilizam a criação de ambientes simulados com menor latência, maior proteção de dados sensíveis e capacidade de funcionamento em arquiteturas descentralizadas, características especialmente relevantes em contextos críticos. Na esfera acadêmica, tais temas oferecem oportunidades para o aprofundamento teórico e o desenvolvimento de *frameworks* adaptativos, voltados às exigências operacionais de setores como saúde, logística e defesa, nos quais a precisão, a segurança e a capacidade de resposta dos sistemas de simulação são determinantes.

4 CONCLUSÃO

A análise bibliométrica realizada sobre a Modelagem e Simulação como Serviço (MSaaS) revelou insights importantes sobre a evolução e o impacto dessa tecnologia em ambientes de computação em nuvem. Os resultados destacam a crescente adoção do MSaaS em diversos contextos operacionais e de defesa, evidenciando sua capacidade de fornecer soluções flexíveis, escaláveis e interoperáveis para desafios complexos de simulação. A pesquisa identificou que a

área de Ciência da Computação é a principal beneficiária do MSaaS, refletindo sua natureza tecnológica e a relevância para o desenvolvimento de algoritmos sofisticados e metodologias de simulação.

Os principais achados da análise destacam a importância da interoperabilidade, flexibilidade e escalabilidade oferecidas pelo MSaaS. A interoperabilidade permite a integração de diferentes sistemas e serviços de simulação, enquanto a flexibilidade e a escalabilidade oferecem soluções adaptáveis para diversas necessidades operacionais. No entanto, os desafios relacionados à segurança e privacidade dos dados, aos custos elevados de implementação e manutenção e à complexidade técnica continuam a ser barreiras significativas para a adoção ampla do MSaaS.

A pesquisa contribui significativamente para o campo da modelagem e simulação, fornecendo uma análise detalhada das tendências de pesquisa, palavras-chave relevantes e artigos mais citados. Os avanços tecnológicos discutidos, como a adoção de contêineres e arquiteturas de microsserviços, oferecem novas oportunidades para melhorar a eficiência e a flexibilidade do MSaaS.

A rápida evolução da computação em nuvem e das tecnologias de virtualização oferece oportunidades para aprimorar o MSaaS. Os avanços contínuos em infraestrutura de nuvem, como a adoção de contêineres e arquiteturas de microsserviços, podem melhorar a eficiência e a flexibilidade do MSaaS.

O MSaaS tem potencial para ser aplicado em uma ampla variedade de contextos além dos tradicionais ambientes de defesa e militares. Áreas como saúde, educação e pesquisa científica podem se beneficiar significativamente da flexibilidade e escalabilidade oferecidas pelo MSaaS. A pesquisa de Kasim et al. (2021) demonstra a aplicação bem-sucedida do MSaaS em operações militares espaciais, indicando seu potencial para outros setores.

A criação e a adoção de padrões comuns para a interoperabilidade podem simplificar a integração de diferentes sistemas de simulação, facilitando a adoção do MSaaS. Iniciativas colaborativas entre pesquisadores e a indústria podem acelerar o desenvolvimento desses padrões, conforme sugerido por Cayirci (2013b).

Investir em programas de educação e capacitação pode reduzir a barreira técnica associada à implementação do MSaaS. Treinamentos específicos e recursos educacionais podem ajudar organizações a desenvolver as habilidades necessárias para operar sistemas de MSaaS de forma eficiente.

A exploração de novos modelos de negócio baseados no MSaaS, como serviços de assinatura e pay-per-use, pode tornar a tecnologia mais acessível. Esses modelos podem reduzir o custo inicial de implementação e oferecer uma opção mais flexível para organizações de diferentes tamanhos.

Para o futuro, é essencial focar em desenvolver padrões comuns para a interoperabilidade, explorar novos modelos de negócio baseados no MSaaS e investir em programas de educação e capacitação para reduzir as barreiras técnicas. A contínua evolução da computação em nuvem e das tecnologias de virtualização promete ampliar ainda mais as aplicações do MSaaS, oferecendo soluções mais eficientes e acessíveis para uma ampla gama de setores.

Esta pesquisa apresenta limitações decorrentes da utilização exclusiva da base de dados Scopus, o que pode ter restringido o alcance das publicações analisadas. Investigações futuras poderão ampliar essa abordagem por meio da inclusão de outras bases relevantes, como Web of Science e IEEE Xplore, além de incorporar métodos de análise qualitativa de conteúdo que complementem os achados obtidos por meio de técnicas quantitativas. Ademais, estudos de caso aplicados a setores específicos poderiam contribuir para a validação empírica dos padrões e tendências identificados na análise bibliométrica.

REFERÊNCIAS

Abrishami, S., Naghibzadeh, M., & Epema, D. H. J. (2013). Deadline-constrained workflow scheduling algorithms for Infrastructure as a Service Clouds. *Future Generation Computer Systems*, 29(1), 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.future.2012.05.003>

Abrishami, S., Naghibzadeh, M., Epema, D. H. J., & Van Den Berghe, S. (2013). Deadline-constrained workflow scheduling algorithms for infrastructure as a service cloud. *Future Generation Computer Systems*, 29(1), 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.future.2012.05.004>

Anwar, A. (2018). *Future Internet*. <https://doi.org/10.3390/fi10010005>

Anwar, N., & Deng, H. (2018). Elastic scheduling of scientific workflows under deadline constraints in cloud computing environments. *Journal of Grid Computing*, 16(4), 571-595. <https://doi.org/10.1007/s10723-018-9453-8>

Aral, A., & Ovatman, T. (2017). Network-aware embedding of virtual machine clusters onto federated cloud infrastructure. *Future Generation Computer Systems*, 74, 225-238. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.03.030>

Aral, S. (2016). Journal of Systems and Software. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.07.007>

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of Informetrics, 11 (4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2010). A view of cloud computing. Communications of the ACM, 53(4), 50-58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>

Ataie, A. (2019). IEEE Transactions on Cloud Computing. <https://doi.org/10.1109/tcc.2017.2760836>

Ataie, E., Entezari-Maleki, R., Rashidi, L., Trivedi, K. S., Ardagna, D., & Movaghar, A. (2015). Hierarchical stochastic models for performance availability and power consumption analysis of IaaS clouds. Future Generation Computer Systems, 51, 67-80. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.02.009>

Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media.

Beloglazov, A., & Buyya, R. (2013). Optimal online deterministic algorithms and adaptive heuristics for energy and performance efficient dynamic consolidation of virtual machines in cloud data centers. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 24(13), 1397-1420. <https://doi.org/10.1002/cpe.1867>

Beloglazov, A., Abawajy, J., & Buyya, R. (2012). Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for cloud computing. Future Generation Computer Systems, 28(5), 755-768. <https://doi.org/10.1016/j.future.2011.04.017>

Bonacich, P. (2007). Some unique properties of eigenvector centrality. Social Networks, 29(4), 555-564.

Boru, D., Kliazovich, D., Granelli, F., Bouvry, P., & Zomaya, A. Y. (2015). Energy-efficient data replication in cloud computing datacenters. Cluster Computing, 18(1), 385-402. <https://doi.org/10.1007/s10586-014-0418-8>

Boyd, S., & Vandenberghe, L. (2004). Convex Optimization. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804441>

Bradford, S. C. (1934). Sources of information on specific subjects. Engineering, 137, 85-86.

Burg, D., Schachter, E., Meyer, P., Yung, J., Wernick, I., & Curry, A. (2017). Loglet Lab. Versão 4.0. Disponível em: <http://logletlab.com>. Acesso em: 14 out. 2024.

Buyya, R., Ranjan, R., & Calheiros, R. N. (2009). Modeling and simulation of scalable Cloud computing environments and the CloudSim toolkit: Challenges and opportunities. In 2009

International Conference on High Performance Computing & Simulation, Leipzig, Germany, 1-11.
[https://doi.org/ 10.1109/HPCSIM.2009.5192685](https://doi.org/10.1109/HPCSIM.2009.5192685).

Buyya, R., Yeo, C. S., Venugopal, S., Broberg, J., & Brandic, I. (2009). Cloud computing and emerging IT platforms: Vision hype and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems*, 25(6), 599-616. <https://doi.org/10.1016/j.future.2008.12.001>

Calheiros, R. N., Masoumi, E., Ranjan, R., & Buyya, R. (2015). Workload prediction using ARIMA model and its impact on cloud applications' QoS. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 3(4), 449-458. <https://doi.org/10.1109/TCC.2014.2350475>

Calheiros, R. N., Ranjan, R., Beloglazov, A., De Rose, C. A. F., & Buyya, R. (2015). CloudSim: A toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms. *Software: Practice and Experience*, 41(1), 23-50. <https://doi.org/10.1002/spe.995>

Cayirci, E. (2013). Configuration schemes for modeling and simulation as a service federation. *Simulation*, 89(11), 1316-1330. <https://doi.org/10.1177/0037549713501574>

Cayirci, E. (2013a). Configuration schemes for modeling and simulation as a service federation. *Journal of Defense Modeling and Simulation*, 10(2), 145-157.

Cayirci, E. (2013b). Modeling and simulation as a cloud service: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 29(5), 1018-1034.

Cayirci, E., & Marincic, D. (2013). Discrete event simulation. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 2875-2886. <https://doi.org/10.1109/WSC.2013.6721436>

Cayirci, E., Karapinar, H., & Ozcakir, L. (2015). Cerebellum function for msaas. *Simulation*, 91(2), 133-148. <https://doi.org/10.1177/0037549714556981>

Chen, C. (2006). CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(3), 359-377.

Chen, Y., Chen, C., & Lee, S. (2010). Technology forecasting of new clean energy: The example of hydrogen energy and fuel cell. *African Journal of Business Management*, 4 (7), 1372-1380.

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1), 146-166.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.

D'Angelo, G. (2011). Parallel and distributed simulation from many cores to the public cloud. Proceedings of the International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS). <https://doi.org/10.1109/HPCSim.2011.5999802>

Dean, J., & Ghemawat, S. (2008). MapReduce: Simplified data processing on large clusters. Communications of the ACM, 51(1), 107-113. <https://doi.org/10.1145/1327452.1327492>

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>

Eitel, D. R., Rudkin, S. E., Malvey, M. A., Killeen, J. P., & Pines, J. M. (2010). Improving service quality by understanding emergency department flow: A review of existing process improvement strategies. Journal of Emergency Medicine, 38(1), 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2008.04.034>

Ellison, N. B. (2018). Journal of Cloud Computing. <https://doi.org/10.1186/s13677-018-0108-5>

Ernst, H. (1997). The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC - technology in the machine tool industry. Small Business Economics, 9 (4), 361-381.

Gold, N., Mohan, A., Knight, C., & Munro, M. (2004). Understanding service-oriented software. IEEE Software, 21(2), 71-77. <https://doi.org/10.1109/MS.2004.1270766>

Gong, L., & Zhu, Z. (2014). Virtual Optical Network Embedding (VONE) Over Elastic Optical Networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 22(6), 1681-1694. <https://doi.org/10.1109/TNET.2013.2281793>

Gong, L., & Zhu, Z. (2014). Virtual optical network embedding (VONE) over elastic optical networks. Journal of Lightwave Technology, 32(3), 450-460. <https://doi.org/10.1109/JLT.2013.2294389>

Guo, S. (2011). Simulation software as a service and service-oriented simulation experiment. Proceedings of the IEEE International Conference on Information Reuse and Integration (IRI). <https://doi.org/10.1109/IRI.2011.6009531>

Gütlein, M., & Djanatliev, A. (2020). Modeling and simulation as a service using apache Kafka. Procedia Computer Science, 170, 1103-1110. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.058>

Haeberlen, A., Phan, L. T. X., & McGuire, M. (2023). Metaverse as a Service: Megascale Social 3D on the Cloud. IEEE Transactions on Services Computing, 15(3), 456-467. <https://doi.org/10.1109/TSC.2022.3177895>

Hanczewski, S., Stasiak, M., & Weissenberg, M. (2024). An Analytical Model of IaaS Architecture for Determining Resource Utilization. IEEE Transactions on Network and Service Management, 19(1), 23-36. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2023.3117624>

Hannay, J. E., McLeod, S., Sjøberg, D. I. K., & Langtangen, H. P. (2021). Infrastructure for discovering, composing, and executing simulation services in a defense context. *Journal of Simulation*, 15(3), 157-173.

Herodotou, H., Dong, F., & Babu, S. (2011). No one (cluster) size fits all: Automatic cluster sizing for data-intensive analytics. *Proceedings of the 2nd ACM Symposium on Cloud Computing*, 1-14. <https://doi.org/10.1145/2038916.2038934>

Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569-16572.

Häusler, R., Staegemann, D., & Turowski, K. (2024). Individual Business Simulation Games as a Service: Towards a Concept for Adaptive ERP Education. *Journal of Computer Information Systems*. <https://doi.org/10.1080/08874417.2024.1110695>

Jabareen, Y. (2009). Building a conceptual framework: Philosophy, definitions, and procedure. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(4), 49-62.

Jokhio, F. (2013). *Proceedings of the Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing (PDP)*. <https://doi.org/10.1109/pdp.2013.44>

Kasim, A., Baş, M., & Aydın, M. N. (2021). Application of MSaaS in joint military space operations. *Journal of Defense Resources Management*, 12(1), 45-59.

Kasim, B., Çavdar, A. B., Nacar, M. A., & Çayırıcı, E. (2021). Modeling and Simulation as a Service for joint military space operations simulation. *Journal of Defense Modeling and Simulation*, 18(3), 279-298. <https://doi.org/10.1177/1548512921992457>

Kecskemeti, G. (2015). *Simulation Modelling Practice and Theory*. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2015.05.009>

Kertesz, A., Dombi, J. D., & Benyi, A. (2017). A pliant-based virtual machine scheduling solution to improve the energy efficiency of IaaS clouds. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 107, 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2017.02.008>

Kim, K. H., Buyya, R., & Assuncao, M. D. (2009). Resource provisioning in hybrid cloud environments. *Proceedings of the International Workshop on Middleware for Grids, Clouds and e-Science (MGC)*. <https://doi.org/10.1145/1651263.1651269>

Koraki, D., & Roumeliotis, A. (2018). Enhancing security and trust in cloud computing: A survey. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(4), 4476-4483. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2018.2819663>

Koraki, D., & Strunz, K. (2018). Wind and Solar Power Integration in Electricity Markets and Distribution Networks Through Service-Centric Virtual Power Plants. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 9(1), 35-44. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2017.2720039>

Kucharavy, D., & De Guio, R. (2011). Application of S-shaped curves. *Procedia Engineering*, 9, 559-572. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.142>

Li, H., Wang, S., & Xu, X. (2015). Energy-efficient resource allocation for cloud computing environments. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 3(1), 3-14. <https://doi.org/10.1109/TETC.2014.2359456>

Lin, J., Alkouz, B., Bouguettaya, A., & Abusafia, A. (2024). Immersive 3D Simulator for Drone-as-a-Service. *Journal of Cloud Computing*, 13(1), 99-112. <https://doi.org/10.1186/s13677-023-00244-3>

Lipitakis, A.-D., Kousiouris, G., Nikolaidou, M., Bardaki, C., & Anagnostopoulos, D. (2023). Empirical investigation of factors influencing function as a service performance in different cloud/edge system setups. *Journal of Systems and Software*, 192, 110-125. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.110967>

Liu, X. (2012a). Cloud-based simulation: The state-of-the-art computer simulation paradigm. *Proceedings of the ACM/IEEE/SCS Workshop on Principles of Advanced and Distributed Simulation (PADS)*. <https://doi.org/10.1109/PADS.2012.11>

Liu, X. (2012b). Cloud-based computer simulation: Towards planting existing simulation software into the cloud. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 26, 128-139. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2012.05.001>

Majithia, S., Walker, D. W., & Keane, J. A. (2004). Predictive and dynamic load balancing for parallel iterative solvers. *Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS)*. <https://doi.org/10.1109/ICWS.2004.1314785>

Malawski, M. (2015). Algorithms for cost-and deadline-constrained provisioning for scientific workflow ensembles in IAAS clouds. *Future Generation Computer Systems*, 48, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.01.004>

Malawski, M., Figiela, K., Zomaya, A. Y., & Bubak, M. (2015). Cost optimization for dynamic workflows in cloud environments. *Future Generation Computer Systems*, 51, 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.01.004>

Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. *National Institute of Standards and Technology*. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>

Moresi, E. A. D., Pierozzi Júnior, I., de Oliveira, L. H. M., & Brandão, A. M. (2019). Organização e representação de conhecimento de temas de pesquisa. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2019(33), 63–77. <https://doi.org/10.17013/risti.33.63–77>

Moresi, E. A. D., & Pinho, I. (2021a). Proposta de abordagem para refinamento de pesquisa bibliográfica. *New Trends in Qualitative Research*, 9, 11–20. <https://doi.org/10.36367/ntqr.9.2021.11-20>

Moresi, E. A. D., & Pinho, I. (2021b). Como identificar os tópicos emergentes de um tema de investigação? *New Trends in Qualitative Research*, 9, 46–55. <https://doi.org/10.36367/ntqr.9.2021.46-55>

Moresi, E. A. D., Pinho, I., & Costa, A. (2022). How to Operate Literature Review Through Qualitative and Quantitative Analysis Integration? Vol. 466 LNNS (pp. 194–210). https://doi.org/10.1007/978-3-031-04680-3_13

Moresi, E. A. D., Pinho, I., & Costa, A. P. (2021). Análise bibliométrica: uma abordagem quantitativa e qualitativa. *18th CONTECSI 2021 - Proceedings*. <https://doi.org/10.5748/18CONTECSI/PSE/LIS/6736>

Morse, K. L., Bowers, A., Bertschik, M., & Picollo, M. (2016). Developing service discovery metadata to support modeling and simulation as a service. *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference, 1931-1942*. <https://doi.org/10.1109/WSC.2016.7822234>

Nardelli, M., & Russo, G. R. (2024). Function Offloading and Data Migration for Stateful Serverless Edge Computing. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 12(1), 57-70. <https://doi.org/10.1109/TCC.2023.3135410>

Piraghaj, S. F., Taheri, J., & Zomaya, A. Y. (2017). Scheduling workflows in cloud environments under uncertain task durations. *Software: Practice and Experience*, 47(11), 1573-1590. <https://doi.org/10.1002/spe.2422>

Pothu, S. N., & Kailasam, S. (2023). Comparative Analysis Of Predictive Models For Workload Scaling In IaaS Clouds: A Study On Model Effectiveness And Adaptability. *International Journal of Cloud Computing and Services Science*, 12(2), 121-136. <https://doi.org/10.11591/ijacsa.v12i2.pp121-136>

Raith, P., Rausch, T., Furutanpey, A., & Dustdar, S. (2023). faas-sim: A trace-driven simulation framework for serverless edge computing platforms. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 120, 102378.

Russo, G. R., Ferrarelli, D., Pasquali, D., & lo Presti, F. (2024). QoS-aware offloading policies for serverless functions in the Cloud-to-Edge continuum. *Future Internet*, 16(1), 44-56. <https://doi.org/10.3390/fi16010004>

Schuh, H., & Behrend, D. (2012). VLBI: A fascinating technique for geodesy and astrometry. *Journal of Geodynamics*, 61, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.07.007>

Siegfried, R., Lammers, T., & Döllner, J. (2014). Challenges and expectations of modeling and simulation as a service. *Simulation*, 90(8), 921-939.

Siegfried, R., van den Berg, T., Cramp, A., & Huiskamp, W. (2014). M&S as a service: Expectations and challenges. *Journal of Simulation*, 8(1), 58-66. <https://doi.org/10.1057/jos.2013.24>

Song, X., Li, F., & Zhang, L. (2015). A survey and preliminary research on service federation based modeling and simulation. *Simulation*, 91(1), 59-76.

Sotomayor, B., Montero, R. S., Llorente, I. M., & Foster, I. (2009). Virtual infrastructure management in private and hybrid clouds. *IEEE Internet Computing*, 13(5), 14-22.

Sun, B., Huang, X., Li, Z., Shen, L., & Zhao, Y. (2021). Research on the simulation of cloud computing resource allocation. *Materials Today: Proceedings*, 37, 156-161. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.123>

Thaman, K. (2017). *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*. <https://doi.org/10.1504/ijcnds.2017.085434>

Thamilarasu, G., & Chawla, S. (2019). Towards deep-learning-driven intrusion detection for the Internet of Things. *Sensors*, 19(9), 1977. <https://doi.org/10.3390/s19091977>

Thanasias, P. (2016). *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160456>

Thanasias, V., Lee, C., Hanif, M., Kim, E., & Helal, S. (2018). VM capacity-aware scheduling within budget constraints in IaaS clouds. *Future Generation Computer Systems*, 79, 604-615. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.06.018>

Tian, W. (2015). *Simulation Modelling Practice and Theory*. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2015.06.002>

Tian, W., Xu, M., Chen, A., Li, G., Wang, X., & Chen, Y. (2015). Open-source simulators for cloud computing: comparative study and challenging issues. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 58, 239-254. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2015.06.001>

Toosi, A. N. (2016). *Proceedings of the International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing*. <https://doi.org/10.1145/2843945>

Toosi, A. N., & Buyya, R. (2011). A fuzzy logic-based controller for cost and energy efficient load balancing in geo-distributed data centers. *Proceedings of the International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC)*. <https://doi.org/10.1109/HPCC.2011.44>

Toosi, A. N., Calheiros, R. N., Thulasiram, R. K., & Buyya, R. (2011). Resource provisioning policies to increase IaaS provider's profit in a federated cloud environment. *Proceedings of the 2011 IEEE*

4th International Conference on Cloud Computing, 155-162.
<https://doi.org/10.1109/CLOUD.2011.58>

Turner, C. J., Turner, P. T., & Golubski, A. (2016). Using simulation to understand the impact of work practice changes on construction safety. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(4), 521-532. <https://doi.org/10.1109/THMS.2015.2492925>

Valdez, W., Baniata, H., Markus, A., & Kertesz, A. (2024). Towards a Simulation as a Service Platform for the Cloud-to-Things Continuum. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 151, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2024.01.008>

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

Verma, A., & Kaushal, S. (2017). A hybrid multi-objective Particle Swarm Optimization for scientific workflow scheduling. *Procedia Computer Science*, 98, 472-477. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.083>

Verma, A., & Kaushal, S. (2017). Deadline and budget distribution-based cost-time optimization workflow scheduling algorithm for cloud. *Parallel Computing*, 62, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.parco.2017.01.002>

Wainer, G., & Wang, S. (2017). A mashup architecture for modeling and simulation as a service. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 73, 30-45.

Wang, S., & Li, J. (2016). A review of cloud computing: Concepts, services, and applications. *International Journal of Modelling, Simulation, and Scientific Computing*, 7(2), 1650014. <https://doi.org/10.1142/S1793962316410026>

Wang, S., & Wainer, G. (2015). A mashup architecture with modeling and simulation as a service. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 53, 35-54. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2014.10.006>

Wang, S., & Wainer, G. (2016). Modeling and simulation as a service architecture for deploying resources in the Cloud. *Future Generation Computer Systems*, 56, 451-465. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.05.015>

Wang, S., Ren, Y., & Yang, L. T. (2015). Optimizing Big Data processing performance in the cloud. *Simulation*, 91(2), 120-137. <https://doi.org/10.1177/0037549714562994>

Wu, L., Garg, S. K., & Buyya, R. (2012). SLA-based resource allocation for software as a service provider (SaaS) in cloud computing environments. *Journal of Computer Systems Science*, 78(5), 1280-1299. <https://doi.org/10.1016/j.jcss.2011.12.021>

Wu, L., Garg, S. K., Versteeg, S., & Buyya, R. (2013). SLA-based resource provisioning for hosted software-as-a-service applications in cloud computing environments. *IEEE Transactions on Services Computing*, 7(3), 465-485. <https://doi.org/10.1109/TSC.2013.55>

Yang, C., Goodchild, M., Huang, Q., Nebert, D., Raskin, R., Xu, Y., ... & Fay, D. (2011). Spatial cloud computing: How can the geospatial sciences use and help shape cloud computing? *International Journal of Digital Earth*, 4(4), 305-329. <https://doi.org/10.1080/17538947.2011.587547>

Yu, S., He, Q., Bu, K., & Wei, H. (2021). Efficient deep-learning-driven detection for distributed denial of service attacks in cloud computing. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(1), 421-434. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2996766>

Zhang, Q., Cheng, L., & Boutaba, R. (2011). Cloud computing: State-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*, 1(1), 7-18. <https://doi.org/10.1109/UCC.2010.17>

Zhou, Y., Cheng, H., Zhang, Z., Lu, L., Wang, F., & Ye, L. (2022). Discussion on MSaaS Architecture and Enabling Technology. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 18(8), 5335-5347. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8155-7_100

Zhou, Y., Li, X., & Zhang, M. (2022). Architecture and enabling technologies of MSaaS. *IEEE Access*, 10, 76859-76870.