

Como a Comunidade que Publica na SBC tem Utilizado Simulação? Uma Revisão Rápida e de Escopo na Biblioteca SBC-OpenLib

Maurício R. Lima¹, Valdemar Vicente Graciano Neto¹, Deller James¹, Elisângela Dias¹, Ana Luísa de Bastos Chagas¹, João Pedro de Brito Tomé¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)

{valdemarneto, deller, elisangela}@inf.ufg.br

mauricio.rodriques, analuisa23@discente.ufg.br

jbtome2@gmail.com

Abstract. *Simulation is a technique used in various fields of knowledge. It is important for reducing costs by allowing conditions and properties to be instantiated and tested during the project phase. In this context, it is important to understand how the community publishing in Brazilian computing outlets has been utilizing simulation. This article presents the results of a rapid and scoping review that analyzed 398 studies from SBC-OpenLib to investigate how simulation is applied in Brazilian academic research. The results show that the main application areas identified include software engineering, Industry 4.0, smart cities, and biology, and that there are varied motivations for its use, such as the need to test systems in controlled environments and the physical infeasibility of real tests.*

Resumo. *Simulação é uma técnica utilizada em várias áreas de conhecimento. Ela é importante para reduzir custos ao permitir instanciar e testar condições e propriedades ainda em tempo de projeto. Neste sentido, é importante entender como a comunidade que publica na SBC (Sociedade Brasileira da Computação) tem utilizado simulação. Este artigo apresenta resultados de uma revisão rápida e de escopo que analisou 398 estudos da SBC-OpenLib para averiguar como a simulação é aplicada nas pesquisas acadêmicas brasileiras. Os resultados mostram que as principais áreas de aplicação identificadas incluem engenharia de software, indústria 4.0, cidades inteligentes e biologia e que há motivações variadas para seu uso, tais como a necessidade de testar sistemas em ambientes controlados e a inviabilidade física de testes reais.*

1. Introdução

Com a evolução das tecnologias e o aumento da complexidade dos sistemas estudados, as simulações emergem como alternativas viáveis para explorar novas teorias e modelos, minimizando custos e riscos associados a protótipos físicos. A simulação, por imitar processos do mundo real em um ambiente controlado, serve como uma ferramenta crucial para testar e analisar cenários sem os riscos dos testes físicos.

Utilizando um método de revisão rápida e de escopo, este estudo analisou 398 estudos da SBC-OpenLib que mencionavam “simulação” nos resumos. A pesquisa visou compreender as capacidades e aplicabilidades das simulações e caracterizar o uso dessas técnicas no Brasil. Resultados mostram a predominância do uso de simulação em estudos

relacionados a redes de computadores e engenharia de software, além de Indústria 4.0 e cidades inteligentes.

Este estudo está organizado da seguinte forma: fundamentação teórica e trabalhos relacionados são apresentados na Seção 2; planejamento e execução da revisão de literatura sobre simulações no Brasil na Seção 3; resultados e análise de dados na Seção 4; discussões e considerações sobre as ameaças à validade da pesquisa na Seção 5; e conclusões na Seção 6.

2. Fundamentação Teórica

Uma simulação é uma imitação aproximada da operação de um processo ou sistema do mundo real [Banks 1999]. O ato de simular primeiro requer o desenvolvimento de um modelo. Este modelo é uma descrição bem definida do objeto de estudo simulado e representa suas principais características, como comportamento, funções, estrutura e propriedades abstratas ou físicas. O modelo representa o próprio sistema, enquanto a simulação representa o exercício de sua operação ao longo do tempo [Ören et al. 2023].

Simulações são úteis de várias formas para um número vasto de domínios. Seu uso pode ter uma diversidade de motivações, incluindo antecipar propriedades do sistema investigado ainda em tempo de projeto. Tais motivações podem incluir [França and Graciano-Neto 2021, Silva and Horita 2021] (i) Motivação financeira (falhas poderiam ser muito caras), (ii) Motivação ambiental (falhas poderiam causar desastres ambientais), (iii) Preservação de patrimônio público (falhas poderiam depredar patrimônio, como acidentes derrubando postes, etc.), (iv) Preservação de integridade física dos usuários (falhas poderiam causar ferimentos ou acidentes graves aos usuários, como no caso de carros autônomos ou semáforos inteligentes), (v) Inviabilidade física (não é possível fazer testes em protótipos reais em produção, pois ainda não foram adquiridos ou não estão disponíveis), (vi) Intangibilidade (não é possível fazer modelos físicos fidedignos, como no caso de software), (vii) Fins de teste (com massa de dados, estudar o comportamento e/ou estrutura de um sistema), (viii) Fins de viabilidade do sistema (checar se aquela estrutura ou sistema é viável naquelas condições), ou mesmo (ix) Questões éticas (não é possível testar em sistemas reais porque fere princípios éticos da ciência, como envolver seres humanos em situações constrangedoras ou traumáticas) [Neto et al. 2018].

Há uma considerável diversidade de tipos de formalismos de simulação. Cada tipo de formalismo possui características que podem ser mais adequados para determinadas áreas de aplicação. Dentre os tipos de formalismos mais populares, pode-se mencionar [de França and Travassos 2013] a Simulação de Eventos Discretos (DEVS, do inglês *Discrete Event System Specification*), criado por Bernard Zeigler na década de 1960; a Dinâmica de Sistemas [Legasto et al. 1980], que deriva outra vertente de simulação e é inspirada na Teoria Geral de Sistemas de von Bertalanffy [Von Bertalanffy 1950] da Década de 1950. Diversas variantes surgiram depois, incluindo as simulações baseadas em agentes (SBA) [Abreu et al. 2012] e outros tipos de simulação. Pode-se citar ainda a Simulação de Monte Carlo, Simulação Orientada a Objetos, Cadeia de Markov, Teoria das Filas, dentre outros tipos.

Trabalhos Relacionados. Outros trabalhos anteriores também já se dedicaram a revisar conteúdos de um evento específico de simulação [Pedro et al. 2023] ou de veículos específicos do Brasil [de Araujo et al. 2017, de O. Neves et al. 2023, Lemos et al. 2024, Carvalho et al. 2024]. Alguns fizeram revisão sobre o uso de simulações em outras áreas. [Jaime and Leonel 2024] analisa o uso de simulações computacionais no ensino de Física, explorando suas potencialidades e desafios com base em uma revisão de

literatura de trabalhos publicados nas revistas Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF). A metodologia empregada é a análise de conteúdo dos estudos selecionados. O trabalho de [Ferreira et al. 2023] discute o uso de simulações na formação médica brasileira, destacando-se por oferecer uma perspectiva abrangente sobre as práticas atuais e seus benefícios. Foi realizada uma revisão bibliométrica em bases como Scielo e Google Acadêmico, abrangendo estudos dos últimos cinco anos. Os estudos foram categorizados com base em técnicas de simulação, perfil dos estudantes, local de treinamento, especialidades médicas e região das instituições de ensino. Diferentes tipos de simulação foram analisados, incluindo manequins para treinamento de procedimentos, simulação clínica com pacientes padronizados, telessimulação e Role-play.

Até onde a busca realizada alcançou, não temos ciência de outros trabalhos de revisão de literatura que tenham realizado um levantamento do estado da arte sobre modelagem e simulação nos estudos publicados na SBC.

3. Revisão de Literatura sobre Simulação no Brasil

Esta seção apresenta detalhes da revisão conduzida. Em particular, esta revisão é classificada como uma **revisão rápida e de escopo**. A primeira classificação refere-se ao fato de que utiliza-se apenas uma única base bibliográfica (a SOL/SBC), além do fato de ser uma revisão que foi conduzida com celeridade. Ressalta-se que a revisão não atende ao princípio de auxiliar em decisões sobre a concepção de algum produto, como é de praxe em *rapid reviews* [Cartaxo et al. 2020, Gomes et al. 2023]. Por outro lado, entendemos também esta revisão como uma revisão de escopo, visto que pesquisamos unicamente em conferências e periódicos indexados pela SOL/SBC¹, em sua maioria (ou totalidade) veículos brasileiros. O protocolo, de todo forma, foi planejado à luz das boas práticas de condução de revisões de literatura [Kitchenham and Charters 2007], estruturado em três etapas bem definidas: (i) planejamento, (ii) condução e (iii) comunicação de resultados, como segue. A comunicação dos resultados é apresentada na Seção 5.

3.1. Planejamento

Objetivo: Analisar as publicações sobre simulação publicadas e indexados na SOL/SBC. Deste objetivo, derivou-se as seguintes **questões de pesquisa (QP)**:

QP1: *Quais os formalismos utilizados nas pesquisas de simulação no Brasil?*

QP2: *Quais os principais domínios de pesquisas em simulação no Brasil?*

QP3: *Quais as principais motivações para pesquisa em simulação no Brasil?*

QP4: *Quais são os veículos de publicação que mais publicaram pesquisas em simulação na SBC?*

Estratégia de Pesquisa e Fontes de Busca. Este processo de seleção de estudos foi realizado por meio de uma string de busca. Utilizou-se a string *simulação*². A busca foi realizada considerando estudos que continham em seu resumo a palavra "simulação". A base de dados utilizada foi a SBC-OpenLib (SOL), uma biblioteca digital mantida

¹<https://sol.sbc.org.br/index.php/indice>

²Ressalta-se que houve calibração da string. O uso de "modelagem" juntamente com 'simulação' trazia muito ruído. E optou-se por não usar o equivalente em inglês (*simulation*), que será realizado em trabalhos futuros.

pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Seu acervo é composto por anais de eventos, journals e livros de visibilidade internacional que concentram a produção científica resultante de pesquisas e discussões na área da Computação e afins [SBC 2024].

Crítérios de Seleção de Estudos. Os critérios de inclusão (CI) definidos foram os seguintes: [CI1:] O estudo aborda explicitamente a simulação; [CI2:] O resumo ou título do estudo possui relação com o objetivo da pesquisa. Por outro lado, os critérios de exclusão de estudos definidos foram [CE1:] O estudo é uma versão anterior de um estudo previamente selecionado; [CE2:] O estudo é duplicado; [CE3:] O estudo não é um estudo primário; [CE4:] O estudo possui menos de 4 páginas; [CE5:] O estudo não está disponibilizado integralmente; [CE6:] O estudo não foi escrito em português ou em inglês; [CE7:] O estudo é literatura cinza (como prefácio de evento).

3.2. Condução

O processo de seleção de estudos para esta revisão foi realizada conforme a Figura 1.

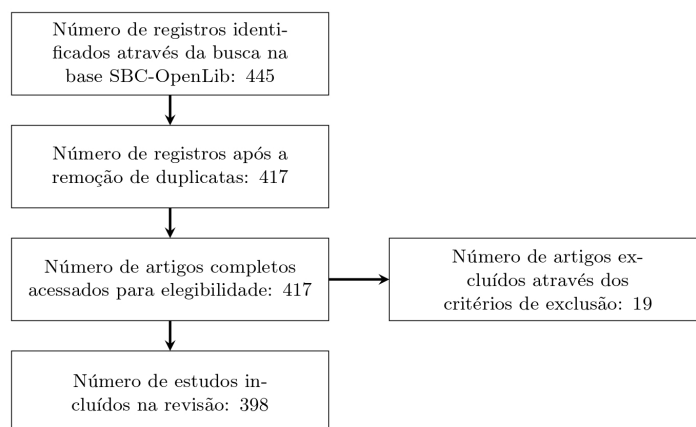


Figura 1. Processo de seleção de estudos.

A busca foi realizada entre os dias 01 e 20 de Junho de 2024, utilizando um script em Python para extração dos estudos em formato pdf, assim como a referência em formato bib [Foundation 2024]. Para a extração dos dados, foi utilizado um formulário para registro de dados relacionados à cada artigo. O campos do formulário foram título, ano, autores, domínio de aplicação em que se utiliza simulação, motivação dos autores em usar simulação, nome do grupo de pesquisa ou instituição, ferramentas de simulação, formalismos de simulação e unidade federativa. As informações extraídas foram inseridas em uma planilha do Google Sheets [LLC 2024]. A próxima seção apresenta os resultados.

4. Resultados

O material complementar encontra-se no Dropbox³. Tal decisão foi tomada para não infringir a política de revisão cega. A Figura 2 apresenta a quantidade de publicações por ano, conforme resultados obtidos através da extração de dados.

³O material complementar se encontra em:
<https://drive.google.com/drive/folders/1dx6iCuSgUwL0leCQe5JSAqnt3D6MEB4m?usp=sharing>

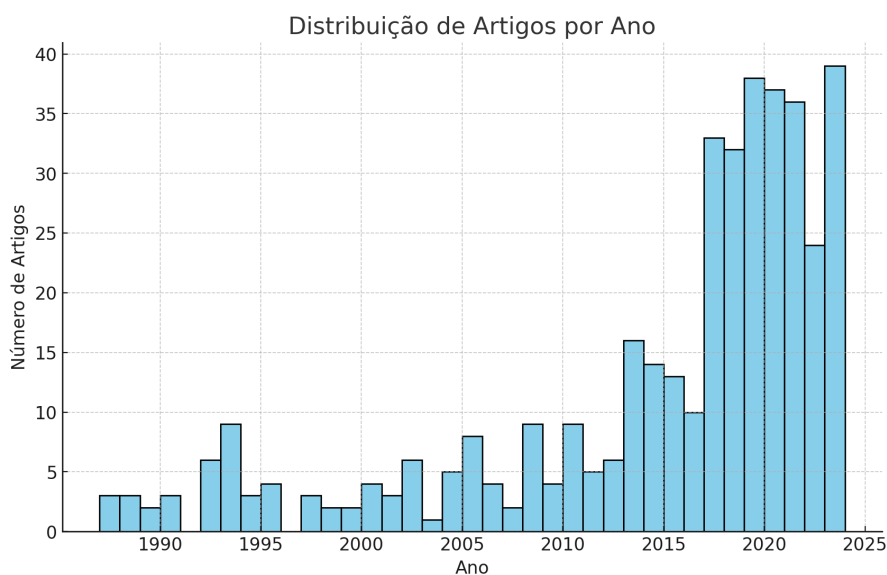


Figura 2. Publicações por ano.

QP1: Quais os formalismos utilizados nas pesquisas de simulação no Brasil? A análise revelou uma diversidade de abordagens utilizadas nos estudos analisados, com alguns formalismos emergindo como particularmente prevalentes. Em 87 estudos não foram identificados o formalismo utilizado, o que pode indicar uma variação nos níveis de detalhamento dos dados ou uma escolha por omitir essa informação. 56 estudos utilizam dinâmica de sistemas, que é amplamente aplicado para modelar processos que variam ao longo do tempo e que são caracterizados por *feedbacks* e *stocks*. 41 estudos empregam Simulação Orientada da Objetos, que integra conceitos de orientação a objetos para modelar sistemas complexos com múltiplas interações entre entidades. 35 estudos discutem o uso de simulações baseadas em agentes, uma abordagem que modela sistemas como coleções de agentes autônomos que interagem de acordo com regras definidas. Além disso, há uma combinação de técnicas mencionadas, como a junção de "Agentes" e "Dinâmica de Sistemas" em 23 estudos, o que reflete uma tendência de integrar múltiplos formalismos para abordar problemas complexos de forma mais holística. As combinações mais frequentes são Agentes e Dinâmica de Sistemas, com 23 artigos; Agentes, Simulação Orientada a Objetos, com 9 estudos; Dinâmica de Sistemas, Simulação Orientada a Objetos, com 8 estudos; DEVS, Agentes, com 4 estudos; DEVS, Dinâmica de Sistemas com 3 estudos; DEVS, Agentes, Dinâmica de Sistemas, com 2 estudos; Agentes, Teoria das Filas, com 2 estudos; Dinâmica de Sistemas, Teoria das Filas, com 2 estudos.

QP2. Quais os principais domínios de pesquisas em simulação no Brasil? A análise realizada dos domínios de pesquisa revela um claro predomínio do campo de Engenharia de Software, que compreende um total de 177 estudos. Esta área demonstra uma robustez em termos de contribuições acadêmicas, o que pode ser atribuído à crescente demanda por soluções de software inovadoras e à sua aplicabilidade em diversas outras disciplinas e indústrias. O segundo domínio mais representado é o de Indústria 4.0, com 53 estudos, refletindo o interesse crescente nas tecnologias de automação, big data e Internet das Coisas (IoT) utilizadas para a modernização das práticas industriais. Segue-se o domínio de Cidades Inteligentes, com 46 estudos, que ressalta a integração de tecnologias de informação e comunicação na gestão urbana para tornar as cidades mais interativas e eficientes. O domínio de Biologia é destacado com 37 estudos, evidenciando a aplicação de técnicas

de modelagem e simulação em estudos biológicos, essenciais para o avanço de pesquisas em ecologia, evolução e outras áreas relacionadas. Por outro lado, a área de Defesa e Soberania, que inclui contribuições para Marinha, Exército e Aeronáutica, contabiliza 33 estudos, demonstrando o papel crítico da simulação e modelagem em operações de defesa e estratégias militares. Entre os menos representados estão os domínios de Agronegócio ou Agricultura (27 estudos) e Educação (8 estudos), que indicam a aplicação de tecnologias de simulação para otimizar práticas agrícolas e melhorar processos educacionais, respectivamente. Além disso, áreas como Avionica e Engenharia apresentam cada uma 7 contribuições, mostrando a diversidade e a aplicabilidade das técnicas de simulação. A imagem 3 apresenta a frequência de publicações por domínio de conhecimento.

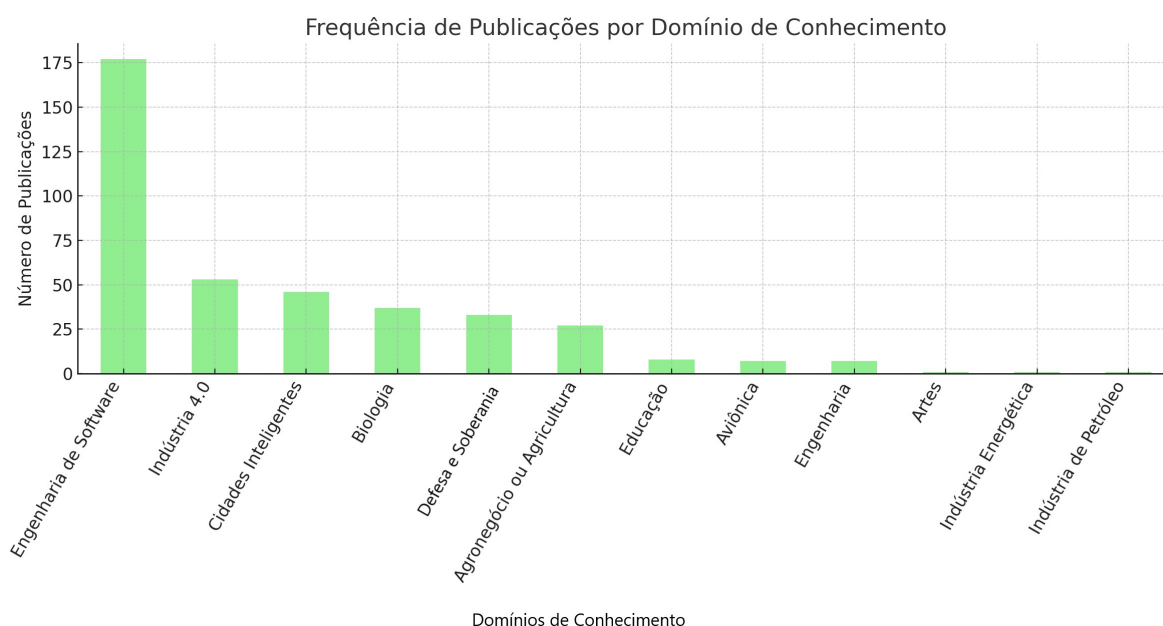


Figura 3. Domínios

QP3. Quais as principais motivações para pesquisa em simulação no Brasil? Dentre as motivações mais recorrentes, destaca-se a necessidade de testar sistemas e comportamentos em ambientes controlados, com 354 estudos mencionando este fator como preponderante para a escolha de simulações. A inviabilidade física de realizar testes em protótipos reais emergiu como a segunda motivação mais citada, justificada em 306 estudos pela falta de disponibilidade ou acessibilidade aos protótipos necessários. Isso reflete a relevância de simulações no estágio inicial de desenvolvimento, onde modelos físicos não estão disponíveis ou são economicamente inviáveis. Além disso, a viabilidade de sistemas foi verificada em 255 estudos, indicando uma preocupação significativa com a antecipação de resultados em condições operacionais hipotéticas. A intangibilidade, especialmente em contextos de software, onde modelos físicos não são aplicáveis, foi mencionada em 158 estudos, ressaltando a aplicabilidade de simulações em campos tecnológicos avançados. Questões financeiras também são críticas, pois falhas em testes reais podem acarretar custos proibitivos, conforme destacado em 149 estudos. Da mesma forma, a preservação da integridade física dos usuários e a prevenção de acidentes são fundamentais, especialmente em áreas como a automação veicular e controle de tráfego, mencionadas em 123 estudos. A preocupação com o impacto ambiental de falhas potenciais foi citada em 31 estudos, enquanto a preservação de patrimônio público foi destacada em 27

estudos, ambas refletindo a conscientização sobre as consequências sociais e ambientais das tecnologias implementadas. Por fim, a ética na pesquisa surge como um elemento crucial, mencionada em 13 estudos. A impossibilidade de realizar testes que comprometam princípios éticos reforça a simulação como uma ferramenta vital para estudos que de outra forma seriam impraticáveis. Essa diversidade de motivações demonstra não apenas a flexibilidade das simulações como método de pesquisa, mas também sua capacidade de atender a múltiplos requisitos práticos, éticos e econômicos, consolidando sua posição como uma abordagem valiosa na pesquisa científica e tecnológica.

A Figura 4 apresenta a quantidade de estudos por motivações.

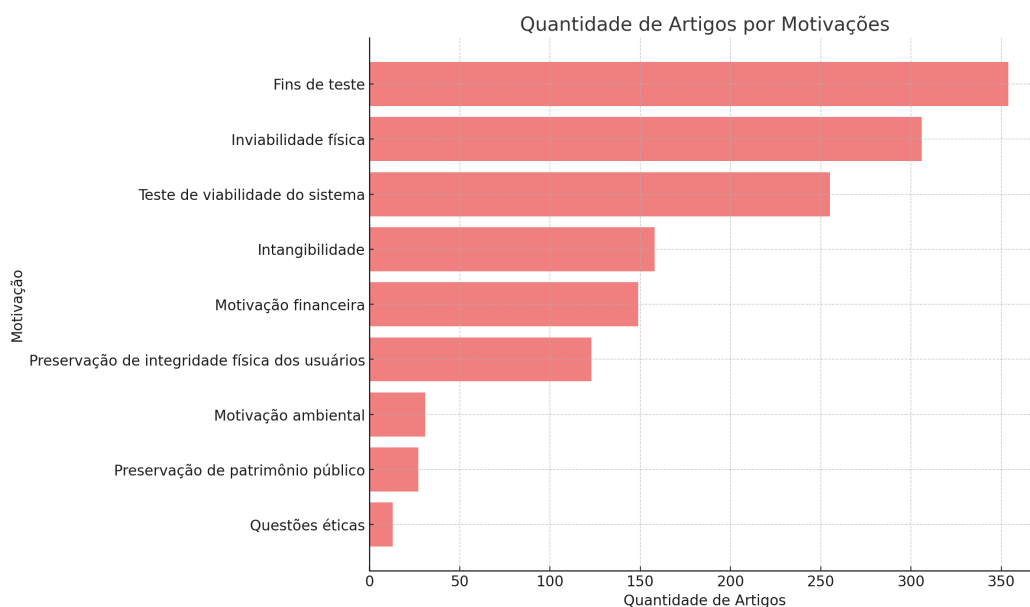


Figura 4. Quantidade de estudos por motivações.

QP4: Quais são os veículos de publicação que mais publicaram pesquisas em simulação na SBC? A distribuição dos locais de publicação dos estudos analisados reflete a diversidade de plataformas acadêmicas brasileiras que fomentam a disseminação de pesquisas no campo das simulações. Através da análise, foi identificado que os estudos estão predominantemente concentrados nos seguintes eventos: (i) SBRC (Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores), que lidera com 34 publicações. Este simpósio possui ênfase em redes de computadores e suas aplicações, atraindo um número significativo de estudos inovadores na área; (ii) SSCAD (Simpósio em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho), com 32 publicações, é outro fórum de destaque, com foco em avanços tecnológicos e desafios na computação de alto desempenho; (iii) SBAC-PAD (Simpósio Brasileiro de Arquiteturas de Computadores e Processamento de Alto Desempenho) conta com 30 estudos, ressaltando seu papel como uma plataforma crítica para discussões sobre arquitetura de computadores e processamento; e (iv) ERAD-RS (Escola Regional de Alto Desempenho do Rio Grande do Sul), com 23 estudos, e o WTF (Workshop de Trabalhos de Formatura), com 22 estudos, ambos contribuem significativamente para a formação e divulgação científica na região Sul do Brasil e entre recém-formados, respectivamente.

A tabela 1 contém a quantidade de publicações nos últimos 10 anos, destacando um aumento significativo de publicações sobre simulação no SBRC, ERAD-RS, SBCAS, ERADSP e COURB. Enquanto a Figura 5 apresenta a quantidade de estudos publicados

como tecnologia essencial para a eficiência e interatividade urbana. Em campos como biologia e defesa, as simulações mostram-se úteis para abordar problemas complexos e realizar testes inacessíveis ou eticamente questionáveis em cenários reais. As motivações para o uso de simulações variam desde questões de viabilidade física até preocupações ambientais e éticas, enfatizando sua importância como uma alternativa segura e viável para experimentação em áreas onde o risco de falhas é significativo, como operações de defesa e tecnologias emergentes, por exemplo, veículos autônomos.

Ameaças à Validade. A utilização de uma string de busca em português pode ter restringido o acesso a estudos relevantes publicados em outras línguas, o que pode ter impactado a abrangência dos estudos analisados. Além disso, a pesquisa foi limitada à base de dados SBC-OpenLib (SOL), o que pode não ter capturado toda a literatura relevante disponível em outras bases de dados mais abrangentes ou internacionais. Outrossim, a indisponibilidade de alguns estudos potencialmente relevantes pode ter introduzido um viés na seleção dos estudos, limitando a análise àqueles que estavam acessíveis.

6. Considerações Finais

Este estudo adotou uma metodologia de revisão rápida e de escopo para investigar a utilização de simulações na pesquisa acadêmica brasileira, analisando publicações da SBC-OpenLib que incluem o termo "simulação" em seus resumos. Os achados demonstram a ampla aplicabilidade das simulações em variados campos, como engenharia de software, biologia, indústria 4.0 e cidades inteligentes, destacando a versatilidade desta ferramenta. A motivação para o uso de simulações é diversificada, incluindo a necessidade de testar sistemas em ambientes seguros e a inviabilidade de experimentos com protótipos reais, ressaltando sua importância como alternativa econômica e segura para a experimentação. Além disso, o estudo também revela desafios, como a falta de clareza na documentação dos formalismos de simulação, comprometendo a replicabilidade dos estudos. Assim, enfatiza-se a necessidade de adotar melhores práticas na documentação para garantir a compreensibilidade e reprodutibilidade dos resultados. Conclui-se que as simulações são essenciais na pesquisa científica e tecnológica, facilitando a exploração de modelos teóricos sem os custos e riscos dos protótipos físicos, e destaca-se a necessidade de aprimoramento contínuo nas metodologias de simulação para otimizar sua eficácia e impacto.

Referências

- (2024). SOL - SBC Open Lib. <https://sol.sbc.org.br/>.
- Abreu, C. G., Coelho, C. G. C., Ralha, C. G., Zaghetto, A., and Macchiavello, B. (2012). Ferramenta de simulação com abordagem de sistema multiagente híbrida para gestão ambiental. *iSys - Brazilian Journal of Information Systems*, 4.
- Banks, J. (1999). Introduction to simulation. In *Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: Simulation—a bridge to the future-Volume 1*, pages 7–13.
- Cartaxo, B., Pinto, G., and Soares, S. (2020). *Rapid Reviews in Software Engineering*, pages 357–384. Springer International Publishing, Cham.
- Carvalho, L. P., Filho, S. P. L., Brandão, M. A., Marinho, É. C., da Silva, M. F., Oliveira, J., and Santoro, F. M. (2024). Celebrating two decades of SBSI (2004 to 2023): A comprehensive descriptive and meta-scientific analysis. In *20th SBSI*, pages 29:1–29:10, Juiz de Fora, Brazil. ACM.
- de Araujo, R. M., Fornazin, M., and Pimentel, M. G. (2017). Uma análise sobre a produção de conhecimento científico nas pesquisas publicadas nos primeiros 10 anos da isys (2008-2017). *Braz. J. Inf. Syst.*, 10(4):45–65.
- de França, B. B. N. and Travassos, G. H. (2013). Are we prepared for simulation based studies in software engineering yet? *CLEI Electron. J.*, 16(1).

- de O. Neves, V., Melo, S., and Garcés, L. (2023). 18+ years of brazilian symposium on information systems: Results of a scope review. In *XIX SBSI*, pages 419–426, Maceió, Brazil. ACM.
- Ferreira, A. S. C. G., Mazzafera, B. L., and Bianchini, L. G. B. (2023). O uso da simulação na formação do médico brasileiro: uma revisão da literatura. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 23(5):723–731.
- Foundation, P. S. (2024). Python programming language. <https://www.python.org/>.
- França, B. and Graciano-Neto, V. V. (2021). Opportunities for simulation in software engineering. In *III MSSiS*, pages 50–54, Joinville. SBC.
- Gomes, J., Neto, V. V., Barbosa, J., and de Lima, E. (2023). A rapid tertiary review at the fake news domain. In *Anais da XI ERI-GO*, Goiânia/GO. SBC.
- Jaime, D. M. and Leonel, A. A. (2024). Uso de simulações: Um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46:e20230309.
- Kitchenham, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.
- Legasto, A., Forrester, J. W., and Lyneis, J. M. (1980). *System dynamics*. North-Holland Amsterdam.
- Lemos, L. C., Ralha, C. G., Claro, D. B., Maciel, R. S. P., Argolo, A., and Linhares, C. D. G. (2024). A temporal network visualization and data analysis on two decades of SBSI. In *SBSI 2024*, pages 4:1–4:11, Juiz de Fora. ACM.
- LLC, G. (2024). Google sheets. <https://www.google.com/sheets/about/>.
- Neto, V. G., Horita, F. E. A., dos Santos, R., Viana, D., and Kassab, M. (2018). How much does it cost? a simulation-based method for cost prediction in systems-of-systems acquisition processes. In *III WASHES*, Natal. SBC.
- Pedro, R., Bulcão-Neto, R., Coutinho, E., and Graciano Neto, V. V. (2023). Uma análise do workshop de modelagem e simulação em sistemas intensivos de software. In *V MSSiS*, pages 1–10, Campo Grande/MS. SBC.
- Silva, K. and Horita, F. (2021). Compreendendo comportamentos emergentes em sistemas-de-sistemas por meio de simulação de software. In *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 88–92, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Von Bertalanffy, L. (1950). An outline of general system theory. *The British Journal for the Philosophy of science*, 1(2):134–165.
- Ören, T. I., Zeigler, B. P., and Tolk, A., editors (2023). *Body of Knowledge for Modeling and Simulation: A Handbook by the Society for Modeling and Simulation International*. Simulation Foundations, Methods and Applications. Springer.