

A Inclusão do Pensamento Sistêmico nos Eixos da Computação na Educação Básica

Antonio Alexandre Lima^{1,2}, Marcelo Tibau¹, Sean W. M. Siqueira¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) – Av. Pasteur, 458 – 22290-250 – Rio de Janeiro – Brazil

² Faculdade de Formação de Professores (FFP) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – R. Francisco Portela, 1470 – 24435-005 – São Gonçalo – RJ – Brazil

profaalima@gmail.com, marcelo.tibau@uniriotec.br, sean@uniriotec.br

Abstract. *In view of the complexity of the contemporary educational landscape, it becomes essential to integrate Systems Thinking (ST) into the axes of Computing — Digital World, Digital Culture, and Computational Thinking. Using the epistemic-methodological approach of Research-Design-Training, this doctoral research project proposes the development of a framework to support educators in including ST in their pedagogical practices. The artifact is expected to facilitate practices that promote a holistic understanding of technologies and pedagogical innovations that align ST with digital competencies, preparing students for contemporary challenges with ethical and sustainable digital citizenship.*

Resumo. *Diante da complexidade do cenário educacional contemporâneo, torna-se essencial integrar o Pensamento Sistêmico (PS) aos eixos da Computação — Mundo Digital, Cultura Digital e Pensamento Computacional. Utilizando a abordagem epistêmico-metodológica de Pesquisa-Design-Formação, este projeto de pesquisa de doutorado, propõe o desenvolvimento de um framework para apoiar educadores na inclusão do PS em suas práticas pedagógicas. Espera-se que o framework facilite práticas que promovam uma compreensão holística das tecnologias e inovações pedagógicas que alinhem o PS às competências digitais, preparando os estudantes para os desafios contemporâneos com uma cidadania digital ética e sustentável.*

1. Introdução

A era digital tem transformado profundamente a sociedade, demandando novas habilidades e competências dos indivíduos [Schwab and Davis 2019]. Estas transformações impactam não apenas na produção de conhecimento, mas também no comportamento humano e nas abordagens educacionais [Bauman 1999; Castro 2012]. Diante deste cenário de rápidas mudanças, surge a necessidade de preparar os indivíduos para atividades futuras ainda desconhecidas [Van Laar et al. 2017; UNESCO 2023].

Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que orienta a educação básica no Brasil, define diretrizes fundamentais para a inclusão da Computação no currículo escolar, articulando-se com as demandas contemporâneas. O documento complementar "Computação - Complemento à BNCC" [BRASIL 2022] estrutura em três eixos a Computação — Mundo Digital (MD), Cultura Digital (CD) e Pensamento Computacional (PC) — que são considerados essenciais para uma educação contemporânea [SBC 2018]. Estes eixos enfatizam a importância de desenvolver

competências digitais que vão além da mera operacionalização de tecnologias, promovendo uma compreensão crítica e ética do uso das ferramentas digitais no cotidiano.

O PC, em particular, é reconhecido como uma habilidade analítica fundamental que ultrapassa os limites da Computação [Wing 2006; Haines *et al.* 2019; França 2020]. No entanto, a abordagem fragmentada e tecnicista, frequentemente associada à Computação, pode limitar a capacidade de resolver problemas complexos [Capra 1996; Morin 2003; Weintrop *et al.* 2016; Hamidi *et al.* 2023]. A visão tradicional, que compartimenta o conhecimento, dificulta a compreensão do sistema na totalidade e suas interconexões [Bertalanffy 2010; Bohm and Peat 2010; Ray 2023].

O PS surge como uma abordagem complementar, capaz de superar essa fragmentação e enfrentar os desafios complexos atuais [Morin 2003]. O PS propõe uma visão holística, enfatizando a interdependência dos elementos de um sistema [Grzybowski 2010]. Essa abordagem é importante para formar cidadãos capazes de usar tecnologias de maneira responsável e ética [De Vasconcellos 2003].

A integração do PS nos eixos da Computação oferece uma oportunidade para enriquecer as estratégias educacionais, promovendo uma compreensão mais profunda dos sistemas interconectados [Shin *et al.* 2022; Eidin *et al.* 2023; Hamidi *et al.* 2023]. Essa integração pode desenvolver habilidades essenciais para resolver problemas complexos, preparando os indivíduos para os desafios da era digital e para um futuro sustentável [UNESCO 2017]. Contudo, essa inclusão não é simples e requer uma reavaliação das práticas pedagógicas, formação de educadores e criação de ambientes de aprendizagem dinâmicos [Fletcher *et al.* 2021; Hamidi *et al.* 2023; Montefusco and Angeli 2024; Eidin *et al.* 2023].

A originalidade desta pesquisa está em desenvolver um *framework* direcionado aos educadores, utilizando a abordagem epistêmico-metodológica de Pesquisa-Design-Formação, e considerando os três eixos da Computação delineados pela BNCC. O objetivo é promover uma formação docente que vá além do tecnicismo, adotando uma visão integrativa e holística do mundo tecnológico.

2. Motivação

Como docente universitário e doutorando em Sistemas de Informação e Informática na Educação, o primeiro autor tem observado em suas práticas a necessidade de abrangências holísticas e sistêmicas na abordagem dos eixos da Computação. A recente inclusão da Computação na educação brasileira, formalizada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reforça a importância de apoiar os educadores.

Paralelamente, a experiência do primeiro autor como pai de estudantes da educação básica oferece uma perspectiva valiosa sobre os desafios e oportunidades da educação na era digital. Essa vivência destaca a necessidade de desenvolver não apenas habilidades técnicas, mas também competências sistêmicas, permitindo que os estudantes sejam capazes de compreender e navegar pela complexidade do mundo contemporâneo.

O ambiente educacional atual revela uma lacuna entre as práticas pedagógicas tradicionais e as exigências da sociedade digital [Vachkova *et al.* 2022; Markelj and Sundvall 2023]. Os educadores reconhecem a importância dos eixos da Computação, mas encontram dificuldades para integrá-los de maneira eficaz em suas práticas de ensino

[Sentance and Csizmadia 2017; Kale *et al.* 2018]. Além disso, a abordagem frequentemente fragmentada desses eixos limita a capacidade de desenvolver nos estudantes uma compreensão ampla e integrada dos sistemas complexos que permeiam nossa realidade [Iorio *et al.* 2022; Schreiber *et al.* 2024].

A motivação para esta pesquisa surge da percepção de uma oportunidade de potencializar os eixos da Computação através do PS, promovendo uma visão integrativa. Criar um *framework* que apoie os educadores nessa tarefa representa, não apenas uma contribuição acadêmica, mas também um passo concreto em direção a uma educação mais alinhada com as necessidades do século XXI.

A recente ênfase no PC na formação básica dos estudantes brasileiros cria um cenário propício para a introdução de abordagens que transcendem a visão analítica e tecnicista [Sentance and Csizmadia 2017; Garvin *et al.* 2019]. Esta pesquisa busca preencher essa lacuna, oferecendo apoio aos educadores para incluir o PS nos eixos da Computação, potencializando o desenvolvimento de habilidades críticas, criativas e colaborativas nos estudantes.

Portanto, a motivação deste estudo está firmemente ancorada na interseção entre a experiência profissional e pessoal do pesquisador, as demandas do cenário educacional contemporâneo e a oportunidade de contribuir significativamente para a evolução das práticas pedagógicas na era digital.

3. Problema e Relevância

A busca histórica da humanidade por dominar e controlar o mundo natural e social através da tecnologia, como discutido por Capra (1996) e Feenberg (2003), destaca a necessidade de repensar a educação em um mundo cada vez mais complexo e interconectado. A educação tradicional, muitas vezes focada em abordagens fragmentadas e instrumentalistas, não consegue captar a interdependência intrínseca das formas de vida e dos sistemas [Capra and Luisi 2020]. Este projeto de pesquisa propõe integrar o PS com os eixos da Computação para promover uma visão holística e integrativa do mundo.

A tecnologia, quando utilizada de maneira ética e responsável, tem o potencial de ser uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento humano e para a construção de um futuro mais justo e sustentável [Latour 1993, 1999; Suchman 1999]. A OCDE (2021) enfatiza que o cenário educacional está em transição, impulsionado pelas oportunidades e desafios da era digital. Assim, surge a necessidade de intervenções educacionais que atualizem práticas pedagógicas e implementem inovações.

Integrar o PS nos eixos da Computação requer uma mudança fundamental na forma como a educação é percebida e abordada. Isso envolve a reavaliação das estratégias pedagógicas tradicionais e a formação de educadores para integrar e desenvolver essas novas perspectivas. Richmond (1993) aponta a importância do ensino e transferência eficaz de estruturas e tecnologias de PS para preencher a lacuna entre a natureza dos problemas e a capacidade de resolvê-los.

O problema central deste estudo reside na falta de apoio para educadores na inclusão do PS nos eixos da Computação. A pesquisa destaca-se por sua relevância ao propor estratégias para atender à crescente demanda por habilidades e competências no contexto do PS e ao contribuir para a construção de uma educação integrativa, possibilitada pela inserção transversal dos eixos da Computação [SBC 2018, 2023]. Este

estudo visa preencher lacunas na pesquisa existente, explorando estratégias que vão além de abordagens tecnicistas e analíticas, promovendo uma visão integrativa e abrangente.

4. Trabalhos Relacionados

Doze estudos apresentam relações com o presente projeto de pesquisa e foram selecionados numa expansão de busca a partir de Hamidi *et al.* (2023) na plataforma *Research Rabbit*¹. Os doze artigos apresentados no Quadro 4.1 apresentam em comum entre eles: (a) ênfase à necessidade de combinar o PC com o PS para abordar, de forma eficaz, questões complexas do mundo real; (b) crítica à recorrente redução de problemas a componentes computacionais; (c) destaque à relevância de ensinar alfabetização computacional, de maneira envolvente e contextualizada, para os estudantes; e (d) apontam para desafios significativos, incluindo a resistência à mudança e a necessidade de desenvolver novas competências tanto por parte dos educadores quanto dos estudantes.

Quadro 4.1 - Resumo dos Trabalhos Relacionados

Autor(es)	Foco do Estudo	Principais Contribuições/Achados
[Easterbrook 2014]	Do PC ao PS na sustentabilidade	Argumenta a favor da incorporação do PS no currículo de ciências da computação para abordar questões de sustentabilidade.
[Weintrop <i>et al.</i> 2016]	Taxonomia do PC para matemática e ciências	Desenvolve uma taxonomia de práticas de PC para salas de aula de matemática e ciências.
[Ria 2017]	Integração do PC com práticas de sustentabilidade	Discute as limitações do PC e a importância do PS para abordar desafios de sustentabilidade.
[Ho <i>et al.</i> 2019]	Realização do PC em aulas de matemática	Propõe princípios de <i>design</i> para implementar o PC em aulas de matemática.
[Haas <i>et al.</i> 2020]	Modelagem computacional e PS no ensino de ciências	Demonstra que a modelagem computacional promove o PS na ciência física para estudantes do ensino fundamental.
[Eidin <i>et al.</i> 2020]	Práticas de PS e PC na modelagem de sistemas	Investiga como os estudantes progridem na definição de limites do sistema, na construção e no uso de modelos.
[Xu and Zhang 2021]	Introdução ao PC na ciência da computação	Apresenta o PC como uma perspectiva para introduzir a ciência da computação no currículo de cursos de graduação.
[Shin <i>et al.</i> 2022]	Estrutura teórica integrando PS e PC	Propõe uma estrutura para orientar a integração de PS e PC em cursos STEM através da modelagem.
[Bowers <i>et al.</i> 2022]	Engajamento de estudantes em PS e PC através de modelagem	Demonstra como uma ferramenta de modelagem pode promover PS e PC em uma unidade de ensino de química.
[Hamidi <i>et al.</i> 2023]	Interação entre PC e PS	Propõe uma abordagem complementar para ver o PC através das lentes do PS em contexto educacional mais amplo.
[Eidin <i>et al.</i> 2023]	Uso de ferramentas computacionais para PS	Destaca a eficácia da modelagem dinâmica de sistemas na promoção de aspectos complexos do PS.

¹ <https://www.researchrabbit.ai/> - Research Rabbit é uma plataforma gratuita e *online* baseada em inteligência artificial que permite visualizar redes de artigos e coautorias.

Autor(es)	Foco do Estudo	Principais Contribuições/Achados
[Hamidi 2023]	Abordagem do PS ao PC na educação	Explora a relação entre PS e PC em ambientes educacionais, integrando perspectivas de sistemas de informação.

Em suma, o presente projeto de pesquisa se diferencia dos doze estudos listados nesta seção por: (1) oferecer um apoio prático e acessível aos educadores; (2) buscar dos educadores a colaboração pela abordagem epistêmico-metodológica da Pesquisa-Design-Formação, que promove a cocriação por parte dos educadores; (3) considerar os desafios e as limitações da implementação do PS em contextos educacionais reais e (4) propor uma completude ao abarcar os três eixos da Computação – MD, CD e PC. Ao fazê-lo, espera-se contribuir para uma mudança paradigmática na educação em Computação, promovendo uma visão holística e integrada do conhecimento.

5. Questão de Pesquisa

Como um *framework* pode apoiar educadores na inclusão do PS nos eixos da Computação e quais são os desafios e barreiras enfrentados nesse processo de implementação em práticas pedagógicas?

6. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é oferecer aos educadores um *framework* que os apoie na inclusão do PS em suas práticas pedagógicas, complementando os eixos da Computação. Essa abordagem busca não apenas melhorar a capacidade técnica dos estudantes, mas também desenvolver neles uma compreensão integrada e abrangente das inter-relações entre tecnologia e sociedade.

Os objetivos específicos desta pesquisa são: (1) desenvolver um *framework* abrangente e flexível que apoie os educadores; (2) capacitar educadores na utilização do *framework*; (3) analisar a efetividade do *framework* pela perspectiva dos educadores; e (4) identificar desafios e barreiras à inclusão das perspectivas do PS nos eixos da Computação.

7. Metodologia

A abordagem epistêmico-metodológica de Pesquisa-Design-Formação foi designada para esta pesquisa devido à sua capacidade de integrar a criação de artefatos educacionais com o desenvolvimento profissional de educadores. Esta metodologia híbrida combina elementos da Pesquisa em *Design* e da Pesquisa-Formação, proporcionando uma estrutura robusta para abordar problemas complexos no contexto educacional.

A Pesquisa em *Design* envolve um processo que se estende da criação de artefatos à geração de conhecimento, oferecendo uma abordagem prática e teórica [Godin and Zahedi 2014]. Paralelamente, a Pesquisa-Formação, como discutida por Cochran-Smith and Lytle (1993) e Longarezi and Silva (2013), enfatiza a reflexão crítica e a transformação das práticas educacionais por meio de processos colaborativos e participativos.

A integração dessas duas abordagens ocorrerá através de ciclos iterativos de *design*, implementação e reflexão. Cada ciclo consistirá em: (1) *co-design* de artefatos educacionais com educadores; (2) implementação desses artefatos em contextos reais de

ensino; (3) coleta de dados sobre a eficácia e usabilidade dos artefatos; (4) reflexão colaborativa sobre as práticas e resultados; e (5) refinamento dos artefatos e práticas com base nas reflexões e dados coletados.

Para avaliar o impacto dos artefatos e práticas desenvolvidos, será utilizada uma abordagem de avaliação qualitativa, através de entrevistas semiestruturadas, em profundidade, com os educadores. Adicionalmente, análises de conteúdo dos planos de aula. Esta abordagem metodológica não apenas desenvolve materiais e ambientes de aprendizagem inovadores, mas também reexamina e aprimora as estratégias de ensino existentes, incentivando os educadores a se tornarem agentes ativos na construção do conhecimento [Luckin *et al.* 2017]. Ao final de cada ciclo, os resultados serão analisados e utilizados para aprimorar o próximo ciclo de *design* e formação, garantindo uma evolução contínua e fundamentada do *framework* proposto.

8. Resultados Esperados

Esta pesquisa, em resposta às demandas por práticas integradas e holísticas no ensino da Computação, propõe um *framework* que utiliza conceitos de Sistemas de Informação e Informática na Educação para apoiar educadores na inclusão do PS nos eixos da Computação. Espera-se que o *framework* facilite práticas educacionais que promovam uma compreensão holística das tecnologias e suas interrelações. Além disso, *framework* visa incentivar inovações pedagógicas que alinhem o PS às competências digitais, preparando os estudantes para os desafios contemporâneos.

9. Períodos do desenvolvimento da pesquisa (ref: 2024-2)

Marco	Semestre Letivo (SL)	Tempo (em SL)	Ação
Início	2021-1	6 = 24m	Desenvolvido
Qualificação	2024-1	1 = 4m	Desenvolvido
Conclusão	2025-2	3 = 12m	a desenvolver

Referências

- Bauman, Z. (1999). *O mal-estar da pós-modernidade*. Editora Schwarcz-Companhia das Letras.
- Bertalanffy, L. Von (2010). *Teoria Geral dos Sistemas: Fundamentos, Desenvolvimento e Aplicações - General System Theory: Foundations, Development, Applications*. Vozes.
- Bohm, D. and Peat, F. D. (2010). *Science, order and creativity*. London: Routledge.
- Bowers, J., Shin, N., Brennan, L., et al. (2022). Developing the Systems Thinking and Computational Thinking Identification Tool. *International Society of the Learning Sciences*, p. 147–154.
- BRASIL, B. (2022). Computação - Complemento à BNCC. . BNCC. <http://portal.mec.gov.br/docman/fevereiro-2022-pdf/236791-anexo-ao-parecer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao/file>, [accessed on Mar 6].

Capra, F. (1996). *A Teia da Vida. Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos*. Tradução Newton Roberval Eicheberg. São Paulo - SP: Cultrix.

Capra, F. and Luisi, P. L. (2020). *Visão Sistêmica da Vida: Uma Concepção Unificada e suas Implicações Filosóficas, Políticas, Sociais e Econômicas*. Editora Cultrix.

Castro, E. V. De (2012). Transformação na antropologia, transformação da antropologia. *Mana*, v. 18, p. 151–171.

Cochran-Smith, M. and Lytle, S. (1 jan 1993). Inside/Outside: Teacher Research and Knowledge.

De Vasconcellos, M. J. E. (2003). *Pensamento Sistêmico: O Novo Paradigma da Ciência*. Papirus Editora.

Easterbrook, S. (aug 2014). From Computational Thinking to Systems Thinking: A conceptual toolkit for sustainability computing. In *Proceedings of the 2014 conference ICT for Sustainability*. . Atlantis Press. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/ict4s-14/13446>, [accessed on Oct 26].

Eidin, E., Bielik, T., Touitou, I., et al. (2020). Characterizing Advantages and Challenges for Students Engaging in Computational Thinking and Systems Thinking Through Model Construction. *ICLS*,

Eidin, E., Bielik, T., Touitou, I., et al. (2023). Thinking in Terms of Change over Time: Opportunities and Challenges of Using System Dynamics Models. *Journal of Science Education and Technology*, p. 1–28.

Eidin, E., Bowers, J., Damelin, D. and Krajcik, J. (2023). The Effect of Using Different Computational System Modeling Approaches on Applying Systems Thinking. In *Frontiers in Education*. . Frontiers.

Feenberg, A. (jun 2003). O Que é a Filosofia da Tecnologia?

Fletcher, C. L., Dunton, S. T., Torbey, R., et al. (3 mar 2021). Leveraging Collective Impact to Promote Systemic Change in CS Education. In *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. . ACM. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3408877.3432540>, [accessed on Sep 8].

França, R. S. D. (2020). Uma Abordagem Pedagógica Incorporada para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental. Universidade Federal de Pernambuco.

Garvin, M., Neary, M. and desJardins, M. (2019). State Case Study of Computing Education Governance. *ACM Transactions on Computing Education*, v. 19, n. 4, p. 35–.

Godin, D. and Zahedi, M. (2014). Aspects of Research through Design: A Literature Review. *Design's Big Debates - DRS International Conference 2014*,

Grzybowski, C. T. (jun 2010). Por uma Teoria Integradora Para a Compreensão Da Realidade. *Psicologia em Estudo*, v. 15, p. 373–379.

Haas, A., Grapin, S. E., Wendel, D., Llosa, L. and Lee, O. (dec 2020). How Fifth-Grade English Learners Engage in Systems Thinking Using Computational Models. *Systems MDPI*, v. 8, n. 4, p. 47.

Haines, S., Krach, M., Pustaka, A., Li, Q. and Richman, L. J. (2019). The Effects of Computational Thinking Professional Development on STEM Teachers' Perceptions and Pedagogical Practices. *American Journal of Sociology*,

Hamidi, A. (21 sep 2023). A Systems Thinking Approach to Computational Thinking in Education. Linnaeus University.

Hamidi, A., Mirijamdotter, A. and Milrad, M. (2023). A Complementary View to Computational Thinking and Its Interplay with Systems Thinking. *Education Sciences - MDPI*, v. 13, n. 2, p. 201.

Ho, W. K., Looi, C. K., Huang, W., Seow, P. and Wu, L. (15 aug 2019). Realizing Computational Thinking in Mathematics Classroom: Bridging the Theory-Practice Gap. In *Proceedings of the Twenty-fourth Asian Technology Conference in Mathematics, Mathematics and Technology, LLC*.. https://atcm.mathandtech.org/EP2019/invited/4382019_21712.pdf.

Iorio, M. C. Di, Risso, F., Palesandro, A., Camiciotti, L. and Manzalini, A. (2022). Computing Without Borders: The Way Towards Liquid Computing. *IEEE Transactions on Cloud Computing*,

Kale, U., Akcaoglu, M., Cullen, T., et al. (2018). Computational What? Relating Computational Thinking to Teaching. *Techtrends*,

Latour, B. (1993). *We Have Never Been Modern*. Harvard University Press.

Latour, B. (1999). *Ciência em Ação*. Editora Unesp.

Longarezi, A. M. and Silva, J. L. Da (2013). Pesquisa-Formação: Um Olhar para sua Constituição Conceitual e Política. *Revista Contrapontos*, v. 13, n. 3, p. 214–225.

Luckin, R., Clark, W., Avramides, K., Hunter, J. and Oliver, M. (2 jan 2017). Using teacher inquiry to support technology-enhanced formative assessment: a review of the literature to inform a new method. *Interactive Learning Environments*, v. 25, n. 1, p. 85–97.

Markelj, J. and Sundvall, S. (2023). Digital pedagogies post-COVID-19: The future of teaching with/in new technologies. *Convergence*, v. 29, n. 1, p. 3–10.

Montefusco, A. and Angeli, F. (26 jul 2024). Turning complexity into a Delight to the Mind: An integrative framework for teaching and learning complex reasoning. *Management Learning*, p. 28.

- Morin, E. (2003). *A Cabeça Bem Feita*. Tradução Eloá Jacobina. Bertrand Brasil.
- OCDE (2021). *21st-Century Readers: Developing Literacy Skills in a Digital World*. OECD.
- Ray, S. (1 jan 2023). Weaving the links: Traditional knowledge into modern science. *Futures*, v. 145, p. 103.
- Ria, D. (2017). Dal Computational Thinking Al Systemic Learning.
- Richmond, B. (1993). Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System Dynamics Review*,
- SBC (2018). Diretrizes para Ensino de Computação na Educação Básica. . SBC - Sociedade Brasileira de Computação. <https://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc?task=download.send&id=1220&catid=203&m=0>, [accessed on Dec 10].
- SBC (10 may 2023). Plano de Ação Biênio 2023-2025.. <https://www.sbc.org.br/institucional-3/eleicoes/plano-de-acao>, [accessed on Jun 8].
- Schreiber, C., Andaloussi, A. A. and Weber, B. (2024). On the cognitive and behavioral effects of abstraction and fragmentation in modularized process models. *Information Systems*,
- Schwab, K. and Davis, N. (2019). *Aplicando a quarta revolução industrial*. Edipro.
- Sentance, S. and Csizmadia, A. (2017). Computing in the curriculum: Challenges and strategies from a teacher's perspective. *Education and Information Technologies*,
- Shin, N., Bowers, J., Roderick, S., et al. (1 dec 2022). A Framework for Supporting Systems Thinking and Computational Thinking Through Constructing Models. *Instructional Science*, v. 50, n. 6, p. 933–960.
- Suchman, L. (9 nov 1999). Human/Machine Reconsidered. Department of Sociology, Lancaster University Lancaster, LA1 4YL UK.
- UNESCO, D. L. (2017). *Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem - UNESCO Digital Library*. UNESCO.
- UNESCO, D. L. (2023). Global Education Monitoring Report Summary 2023: Technology in education: A tool on whose terms? . UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386147_por, [accessed on May 16].
- Vachkova, S., Petryaeva, E. Y., Tsyrenova, M. G., et al. (2022). Competitive Higher Education Teacher for the Digital World. *Contemporary Educational Technology*, v. 14, n. 4, p. ep391–ep391.
- Van Laar, E., Van Deursen, A. J. A. M., Van Dijk, J. A. G. M. and De Haan, J. (1 jul 2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, v. 72, p. 577–588.

Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., et al. (1 feb 2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, v. 25, n. 1, p. 127–147.

Wing, J. M. (mar 2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33–35.

Xu, Z. and Zhang, J. (2021). *Computational Thinking: A Perspective on Computer Science*. Singapore: Springer.