O uso da Programação Competitiva como ferramenta didática no ensino de Computação: Um Mapeamento Sistemático

Gustavo Henrique Aragão Silva[1] **, João Pedro Cardoso Arruda**[1]

[1]Departamento de Computação (DCOMP) – Universidade Federal de Sergipe (UFS)

gustavo.aragao@dcomp.ufs.br, jpcarruda@gmail.com

Abstract. *This systematic mapping study examines the use of Competitive Programming (CP) in Computer Science education. Searches in five databases yielded nine primary studies. The results indicate that CP is mainly used to foster algorithmic reasoning, problem solving, motivation, and engagement, while evidence on academic performance remains mixed. Most studies focus on undergraduate students and face-to-face activities. Despite the limited number of publications, CP appears to be a promising pedagogical strategy that deserves broader and more rigorous evaluation.*
Keywords: *Competitive Programming, Computer Science Education, Systematic Mapping Study, Academic Performance, Student Engagement.*

Resumo. *Este estudo de mapeamento sistemático investiga o uso da Programação Competitiva (PC) no ensino de Computação. A busca em cinco bases resultou na seleção de nove estudos primários. Os resultados indicam que a PC tem sido empregada principalmente para desenvolver raciocínio algorítmico, resolução de problemas, motivação e engajamento, embora seus efeitos sobre o desempenho acadêmico ainda sejam inconclusivos. A maior parte dos trabalhos concentra-se na graduação e em atividades presenciais. Mesmo com a quantidade limitada de estudos, a PC se mostra uma estratégia pedagógica promissora e que demanda avaliações mais amplas e rigorosas.*
Palavras-chave: *Programação Competitiva, Ensino de Computação, Estudo de Mapeamento Sistemático, Desempenho Acadêmico, Engajamento dos Alunos.*

1. Introdução

O Conceito de Programação Competitiva (PC) pode ser entendido como um esporte, onde os torneios consistem em um conjunto de problemas ou questões para os quais os participantes devem criar uma solução em código, no menor tempo possível, individualmente ou em grupo, por meio da aplicação de conhecimentos de análise assintótica de algoritmos, estruturas de dados e matemática[Alarte et al. 2024, Bandeira et al. 2019].

A Programação Competitiva (PC) tem se consolidado como uma abordagem relevante no ensino de Computação, pois combina resolução de problemas, prática intensiva e competição saudável em um mesmo ambiente de aprendizagem. Essa característica faz com que a PC seja vista não apenas como uma atividade extracurricular, mas também como um possível recurso pedagógico para apoiar disciplinas formais de programação, algoritmos e estruturas de dados [Chang and Lin 2024].

Em contextos educacionais, a presença de desafios progressivos, *feedback* rápido e metas objetivas pode tornar o processo de aprendizagem mais ativo e envolvente. Além

disso, ambientes competitivos bem estruturados tendem a incentivar a persistência dos estudantes diante de problemas complexos, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades como raciocínio lógico, pensamento crítico e autonomia [Burguillo 2010].

Outro aspecto importante é que a PC aproxima o estudante de situações em que a construção de soluções corretas e eficientes se torna central. Ao lidar com problemas que exigem interpretação, modelagem e implementação, os alunos exercitam competências que são fundamentais tanto na formação acadêmica quanto na prática profissional em Computação. Por esse motivo, o uso de competições e maratonas de programação como apoio didático vem despertando interesse crescente na literatura recente.

Diante desse cenário, este trabalho apresenta um mapeamento sistemático da literatura com o objetivo de investigar como a Programação Competitiva tem sido utilizada no ensino de Computação. Em especial, busca-se identificar os tópicos abordados, o público-alvo, as modalidades de realização das atividades e as métricas empregadas para avaliar seus impactos.

2. Fundamentação Teórica

A gamificação pode ser definida como uma estratégia educacional que busca utilizar de jogos como atividades a serem realizadas pelos estudantes dentro do processo de ensino, de modo a consolidar o conhecimento e estimular uma participação mais ativa desses no processo de aprendizagem[Guerra et al. 2024]. Dito isso, a utilização da PC como ferramenta didática pode ser considerada uma estratégia de gameficação do ensino de computação, uma vez que os torneios podem ser considerados jogos que exigem participação ativa dos estudantes.

A literatura educacional aponta que elementos de competição e gamificação podem atuar como fatores de engajamento no processo de ensino-aprendizagem. Em vez de serem tratados apenas como mecanismos de disputa, esses elementos podem estruturar experiências de aprendizagem mais dinâmicas, nas quais os estudantes recebem desafios claros, acompanham seu progresso e se sentem motivados a melhorar seu desempenho [Burguillo 2010]. No ensino de Computação, esse aspecto é particularmente relevante, pois muitas habilidades dependem de prática constante e de ciclos de tentativa, erro e correção.

Nesse contexto, a Programação Competitiva pode ser interpretada como uma estratégia que favorece o aprendizado ativo. Ao resolver problemas com restrições de tempo, memória e correção automática, os estudantes precisam mobilizar conceitos teóricos e aplicá-los de forma prática, o que fortalece a consolidação do conhecimento. Além disso, jogos e desafios bem planejados tendem a aumentar a curiosidade e o senso de autonomia do aluno, características que são frequentemente associadas a processos de aprendizagem mais significativos [Kumar 2000].

A PC também apresenta afinidade com abordagens centradas na resolução de problemas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem-Based Learning* – PBL). Nessa perspectiva, o conhecimento não é trabalhado apenas de maneira expositiva, mas construído a partir da necessidade de compreender e solucionar situações concretas. Assim, ao propor problemas progressivos e exigir análise, abstração e implementação, a Programação Competitiva pode ser compreendida como uma forma de aproximar o ensino de Computação de práticas mais aplicadas e investigativas [Schmidt 1983].

Outro ponto recorrente na literatura é a possibilidade de a PC desenvolver não apenas competências técnicas, mas também habilidades complementares, como persistência, colaboração e confiança para lidar com problemas desafiadores. Mesmo quando as atividades são competitivas, elas frequentemente incluem trocas entre colegas, discussão de estratégias e comparação de soluções, o que pode enriquecer o processo de aprendizagem. Em ambientes bem mediados, esse formato tende a transformar a competição em um estímulo ao aperfeiçoamento contínuo, e não em uma simples disputa por desempenho.

Por fim, pesquisas anteriores sugerem que competições de programação podem contribuir para o aprimoramento das habilidades de programação e para o aumento do interesse dos estudantes por conteúdos da área [Wallace and Margolis 2007]. Embora os resultados variem conforme o contexto e a metodologia adotada, há indícios de que a PC representa uma alternativa promissora para apoiar disciplinas de Computação, sobretudo quando integrada de modo planejado ao currículo.

3. Metodologia

O Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) é uma metodologia utilizada para identificar, interpretar e sintetizar estudos de forma objetiva e replicável [Kitchenham and Charters 2007]. Neste trabalho, o MSL foi adotado para investigar o uso da Programação Competitiva como ferramenta de apoio ao ensino de Computação.

3.1. Questões de pesquisa

Para atender aos objetivos do estudo, foram definidas quatro questões de pesquisa:

1. Quais tópicos da Computação são abordados por maratonas e competições de programação?
2. Qual é o público-alvo dessas iniciativas?
3. As atividades ocorrem na modalidade presencial, on-line ou híbrida?
4. Quais métricas são utilizadas para avaliar o impacto da programação competitiva no ensino de Computação?

3.2. Estratégia de busca

Para responder a essas questões, foi elaborada uma *string* de busca com palavras-chave relacionadas ao tema, priorizando termos em inglês para ampliar a recuperação de estudos relevantes.

A Tabela 1 apresenta a *string* utilizada nas buscas:

Tabela 1. *String* utilizada para realizar as buscas nas bases

(”programming competitions”OR ”competitive programming”OR hackathon) AND (”academic performance”OR ”algorithm proficiency”) AND (”teaching methods”OR ”teaching methodology”)

As buscas foram realizadas nas seguintes bases:

- Scopus <http://www.scopus.com>;
- IEEE Xplore Digital Library <http://ieeexplore.ieee.org>;

- Web of Science <https://www.webofknowledge.com/>;
- ACM Digital Library <http://portal.acm.org>;
- Compendex <http://www.engineeringvillage.com>.

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão:

1. **Critério 01:** o estudo apresenta alguma medição do impacto da programação competitiva em seus participantes;
2. **Critério 02:** o estudo descreve de forma clara a metodologia empregada;
3. **Critério 03:** o estudo aborda tópicos da Computação por meio de competições.

Também foram definidos os seguintes critérios de exclusão:

1. **Critério 01:** estudo publicado antes de 2020;
2. **Critério 02:** estudo não disponível;
3. **Critério 03:** estudo que não seja artigo;
4. **Critério 04:** estudo em idioma diferente de inglês ou português;
5. **Critério 05:** estudo fora do escopo de Programação Competitiva ou competições em Computação.

4. Resultados e Discussão

4.1. Resultados

A aplicação das *strings* nas cinco bases recuperou 190 registros iniciais. Após a triagem e a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão com apoio da ferramenta *Parsifal*, nove estudos foram selecionados para análise. A Figura 1 resume o fluxo de seleção dos artigos.

4.2. Síntese dos estudos selecionados

Os nove estudos selecionados exploram diferentes formas de uso de competições no ensino de Computação, incluindo hackathons, concursos de programação, estratégias de gamificação, oficinas seguidas de competições e desafios práticos avaliados automaticamente. Em geral, os trabalhos concentram-se em contextos de ensino superior, sobretudo na graduação, e buscam observar como a participação em eventos competitivos pode influenciar o aprendizado, o engajamento e a motivação dos estudantes.

Parte dos estudos analisou diretamente a motivação dos participantes. Em hackathons educacionais, por exemplo, observou-se que os efeitos sobre a motivação geral podem não ser uniformes, mas há sinais positivos em fatores como pertencimento, interação social, crescimento educacional e interesse em participar de novas atividades. Esse resultado sugere que os benefícios desses eventos podem não aparecer apenas em indicadores quantitativos globais, mas também em aspectos qualitativos da experiência formativa [Araujo et al. 2024, Miličević et al. 2024, Bonilla et al. 2020].

Outro grupo de trabalhos investigou o impacto da Programação Competitiva ou de concursos de codificação sobre o desempenho acadêmico. Em alguns casos, estudantes que participaram das competições obtiveram melhores resultados em provas teóricas e práticas quando comparados aos demais colegas. Em outros, embora não tenha havido diferença expressiva nas notas finais, foram observadas melhorias em proatividade, familiaridade com programação e percepção positiva do processo de

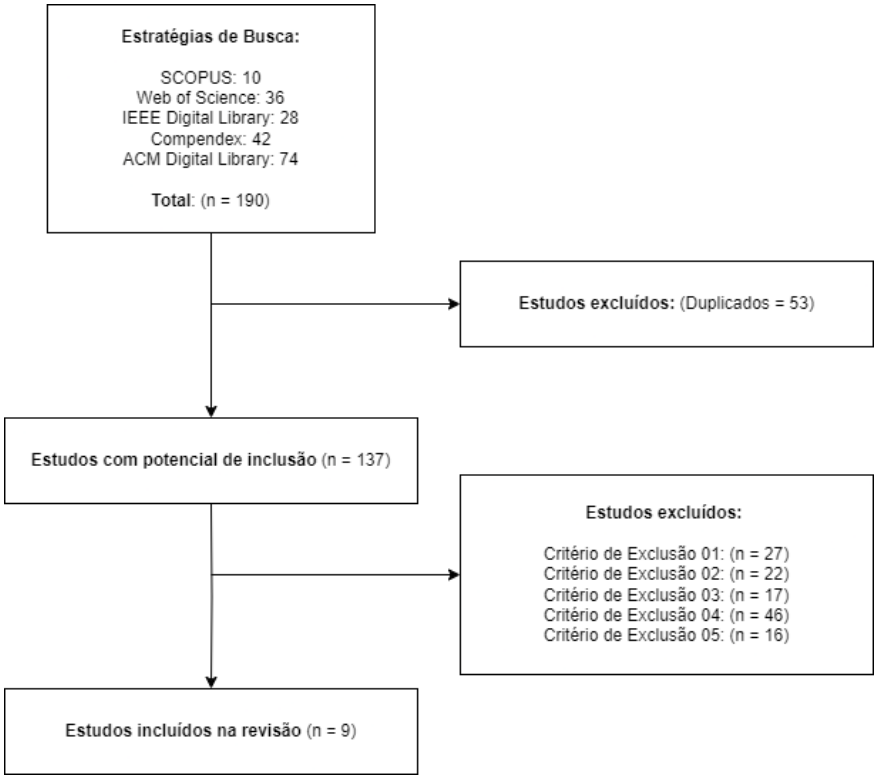


Figura 1. Fluxo de seleção dos estudos.

aprendizagem. Isso indica que o impacto da PC pode extrapolar medidas tradicionais de desempenho, alcançando também dimensões atitudinais e comportamentais [Alarte et al. 2024, Guerra et al. 2024, Bandeira et al. 2019].

Os estudos também mostram que a estratégia competitiva não se restringe ao ensino clássico de algoritmos. Foram encontrados trabalhos em cibersegurança, nos quais atividades ao vivo como *Capture the Flag* e hackathons foram incorporadas ao processo formativo; em programação paralela, com uso de desafios monitorados por plataformas como o *Mooshak*; em *blockchain*, por meio de hackathons temáticos; e em análise de dados e habilidades STEM, a partir de oficinas de R e Python seguidas de concursos de codificação [Workman et al. 2022, Martins et al. 2020, Miličević et al. 2024, Fortino and Rivera 2021].

Em conjunto, os estudos sugerem que a Programação Competitiva pode atuar como uma estratégia pedagógica versátil. Seus efeitos positivos aparecem com maior frequência em motivação, engajamento, prática deliberada e desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas. Entretanto, os resultados sobre desempenho acadêmico ainda não são plenamente consensuais, o que reforça a necessidade de estudos com amostras maiores, critérios mais homogêneos e avaliações longitudinalmente mais robustas.

4.3. Resposta da questão de pesquisa 1

A Figura 2 apresenta a distribuição dos tópicos abordados nas competições analisadas. Observa-se que Algoritmos e Estruturas de Dados constituem o tema predominante, correspondendo à maior parte dos estudos selecionados. Em menor frequência, aparecem tópicos como Cibersegurança, Programação Paralela, *Blockchain* e Análise de

Dados.

Esse resultado indica que a Programação Competitiva permanece fortemente associada a conteúdos tradicionalmente ligados à resolução de problemas algorítmicos. Ao mesmo tempo, a presença de temas mais específicos sugere que essa abordagem pode ser adaptada para outros domínios da Computação, ainda que tal aplicação seja menos frequente na literatura recente.

A concentração dos estudos em Algoritmos e Estruturas de Dados contrasta com a presença pontual de aplicações em Cibersegurança, Programação Paralela, *Blockchain* e Análise de Dados. Embora esses trabalhos demonstrem que competições podem ser adaptadas a diferentes conteúdos, ainda não há evidências suficientes para comparar sua efetividade entre domínios, níveis de complexidade e objetivos de aprendizagem distintos [Workman et al. 2022, Martins et al. 2020, Miličević et al. 2024, Fortino and Rivera 2021].

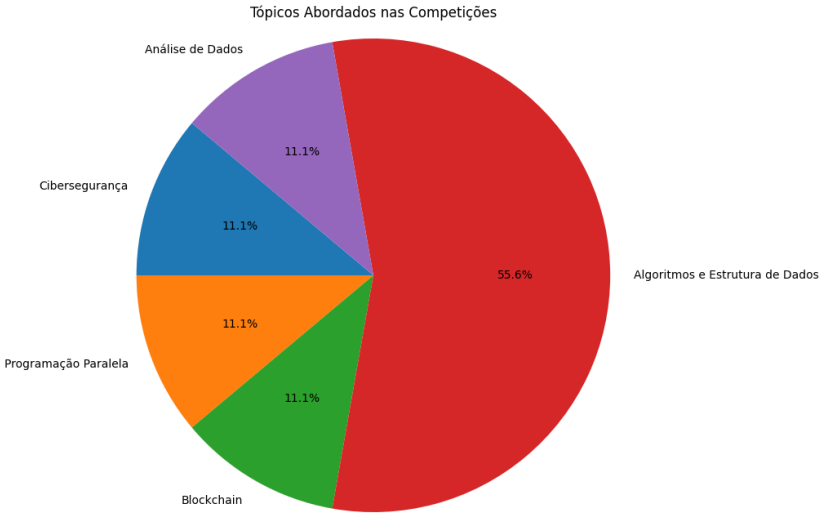


Figura 2. Gráfico de Pizza com os tópicos abordados nas competições

4.4. Resposta da questão de pesquisa 2

Dos nove artigos analisados, todos tiveram como público-alvo principal estudantes de graduação em Computação. Essa predominância sugere que os pesquisadores têm concentrado esforços em contextos formativos iniciais, nos quais a PC pode contribuir para consolidar habilidades fundamentais de programação, algoritmos e resolução de problemas.

Em alguns casos específicos, também houve participação de alunos de pós-graduação e profissionais já graduados. Isso ocorreu principalmente em iniciativas voltadas a programação paralela e ao desenvolvimento de habilidades em STEM, indicando que a metodologia pode ser estendida para perfis mais avançados, embora esse uso ainda apareça de forma menos recorrente [Martins et al. 2020, Fortino and Rivera 2021].

O predomínio de graduandos em Computação limita a generalização dos resultados, pois o conjunto analisado não permite concluir se os efeitos se mantêm entre estudantes de outros níveis de ensino, alunos de cursos não relacionados à Computação

ou participantes com diferentes níveis prévios de experiência. Estudos futuros devem comparar esses perfis e considerar fatores como conhecimento prévio, experiência em programação e formas de composição das equipes.

4.5. Resposta da questão de pesquisa 3

A Figura 3 ilustra a distribuição das modalidades de realização das atividades analisadas. A maior parte das iniciativas ocorreu de forma presencial, ainda que com apoio de plataformas on-line para submissão, correção automática, placares e acompanhamento dos participantes. Apenas um dos estudos descreveu uma modalidade híbrida, combinando etapas presenciais e remotas.

Esse achado sugere que, no recorte investigado, a dimensão presencial ainda ocupa papel central na organização das atividades competitivas. Mesmo quando ferramentas digitais são utilizadas intensivamente, os encontros e interações tendem a acontecer em ambiente físico, o que pode influenciar aspectos como colaboração, motivação e acompanhamento docente.

O predomínio de atividades presenciais e a ocorrência de apenas uma iniciativa híbrida deixam pouco exploradas as configurações totalmente on-line e híbridas. Permanecem em aberto questões sobre como mediação docente, interação entre equipes, infraestrutura tecnológica e *feedback* automático afetam o engajamento e a aprendizagem nesses formatos. Plataformas de correção automática, embora presentes em alguns estudos, também foram tratadas principalmente como suporte operacional, e não como objeto de avaliação pedagógica [Martins et al. 2020].

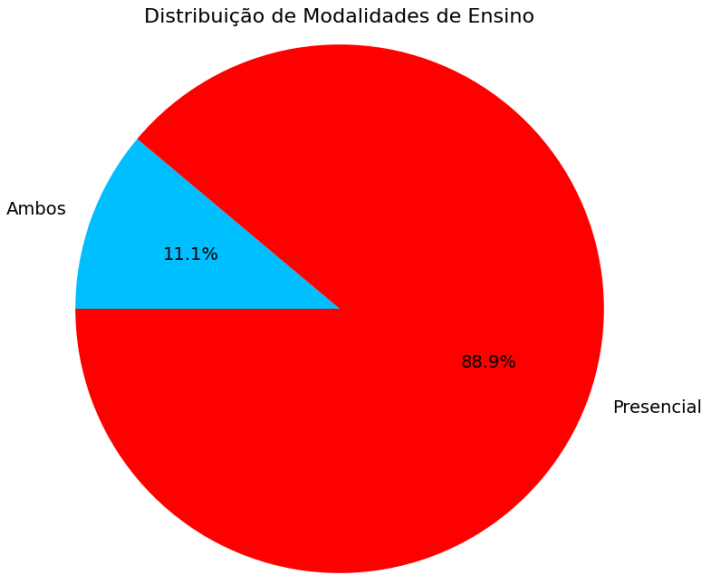


Figura 3. Gráfico de Pizza com as modalidades de ensino

4.6. Resposta da questão de pesquisa 4

Todos os artigos analisados apresentaram alguma sistemática de avaliação. As métricas mais frequentes incluíram escalas de motivação, questionários de percepção,

desempenho em exames, notas acadêmicas, participação nas atividades e qualidade das soluções desenvolvidas.

Entre os instrumentos citados, destacam-se medidas como o *Academic Motivation Scale* e o *Motivated Strategies for Learning Questionnaire*, além de questionários abertos aplicados antes e depois das atividades. Dessa forma, percebe-se que o impacto da Programação Competitiva vem sendo avaliado não apenas em termos de desempenho acadêmico, mas também por indicadores de motivação, satisfação, engajamento e permanência na atividade.

Apesar da variedade de dimensões observadas, a heterogeneidade das métricas dificulta a comparação direta entre os estudos. Além disso, os resultados quantitativos nem sempre acompanham os ganhos qualitativos: há trabalhos que relatam benefícios percebidos pelos participantes sem identificar mudanças estatisticamente significativas em motivação ou notas [Araujo et al. 2024, Alarte et al. 2024, Guerra et al. 2024, Bandeira et al. 2019]. Faltam protocolos de avaliação mais homogêneos, grupos de comparação, amostras maiores e acompanhamento longitudinal que permitam verificar a permanência dos efeitos e distinguir a contribuição da competição de outros componentes das intervenções, como oficinas, trabalho em equipe e correção automática.

5. Ameaças à validade

As principais ameaças à validade deste estudo estão relacionadas ao número reduzido de artigos selecionados, à diversidade metodológica entre os trabalhos e às limitações inerentes à própria estratégia de busca. Como os estudos analisados utilizam contextos, instrumentos e amostras diferentes, a comparação entre resultados deve ser feita com cautela.

Outra ameaça importante está no uso do termo "hackathon" na *string* de busca. Embora essa escolha tenha ampliado a recuperação de estudos potencialmente relevantes, ela também trouxe trabalhos que nem sempre estavam diretamente alinhados à Programação Competitiva no sentido mais estrito. Isso exigiu uma triagem cuidadosa e pode ter influenciado a composição final do conjunto analisado.

Além disso, a delimitação temporal adotada, ao privilegiar estudos publicados a partir de 2020, permitiu um foco mais atual, mas também pode ter excluído trabalhos anteriores relevantes para a compreensão histórica do tema. Por fim, a restrição a artigos em inglês e português, embora justificável do ponto de vista prático, pode ter reduzido a abrangência internacional do mapeamento.

6. Considerações Finais

A análise dos nove estudos selecionados indica que a abordagem da PC como ferramenta didática tem sido empregada principalmente para desenvolver raciocínio algorítmico, resolução de problemas, motivação e engajamento estudantil. Também foi possível observar que a literatura recente sobre o tema permanece concentrada em contextos de graduação, atividades presenciais e conteúdos ligados a algoritmos e estruturas de dados. Embora existam aplicações em áreas como cibersegurança, programação paralela, *blockchain* e análise de dados, essas iniciativas ainda aparecem de forma menos frequente no conjunto mapeado.

Os resultados mostram que a Programação Competitiva possui potencial pedagógico relevante, especialmente em atividades que envolvem prática constante, desafios progressivos e *feedback* rápido. Em diversos estudos, foram observados efeitos positivos sobre participação, satisfação, proatividade e interesse dos estudantes. No entanto, quando se considera especificamente o desempenho acadêmico, os resultados ainda não são uniformes. A heterogeneidade das métricas, das intervenções e das amostras impede atribuir esses efeitos exclusivamente ao componente competitivo e limita a comparação entre os estudos.

Para a prática docente, os achados sustentam o uso cauteloso de torneios e *hackathons* como atividades complementares de aplicação e fixação de conteúdos, desde que os objetivos de aprendizagem, o nível de dificuldade, os critérios de avaliação e o suporte aos participantes sejam planejados explicitamente. Embora os resultados sobre motivação e engajamento sejam promissores, o conjunto de estudos não permite afirmar que essas atividades, isoladamente, reduzam reprovação ou evasão. Esses efeitos precisam ser avaliados diretamente, de preferência com acompanhamento ao longo de mais de uma disciplina ou período letivo.

Dessa forma, conclui-se que a Programação Competitiva se apresenta como uma estratégia promissora de apoio ao ensino de Computação, mas a base de evidências ainda é restrita e metodologicamente heterogênea. As principais contribuições futuras decorrem das lacunas identificadas: diversificar públicos e conteúdos; comparar modalidades presenciais, híbridas e on-line; estabelecer métricas e protocolos de avaliação, como a diminuição de índices de evasão e de reprovação das disciplinas, que favoreçam a comparação entre estudos; investigar o papel das plataformas de correção automática; e conduzir estudos longitudinais, multicêntricos e com grupos de comparação. Essa agenda pode esclarecer não apenas se a PC produz benefícios, mas para quais estudantes, em quais contextos e por meio de quais componentes pedagógicos esses benefícios ocorrem.

Referências

Alarte, J., Galindo, C., and Silva, J. (2024). Programming contests as complementary activities in university programming courses. In *Proceedings of the 16th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2: CSEDU*, pages 613–617. INSTICC, SciTePress.

Araujo, A., Kalinowski, M., and Baldassarre, M. (2024). Can participation in a hackathon impact the motivation of software engineering students? a preliminary case study analysis. In *2024 IEEE/ACM 17th International Conference on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE)*, pages 103–108, Los Alamitos, CA, USA. IEEE Computer Society.

Bandeira, I. N., Machado, T. V., Dullens, V. F., and Canedo, E. D. (2019). Competitive programming: A teaching methodology analysis applied to first-year programming classes. In *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–8.

Bonilla, R. I., Granda, R., and Lozano, E. (2020). Effects of a hackathon on the motivation and grades of cs1 students. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 773–778.

Burguillo, J. C. (2010). Using game theory and competition-based learning to stimulate student motivation and performance. *Computers Education*, 55(2):566–575.

Chang, H.-T. and Lin, C.-Y. (2024). Improving student learning performance in machine learning curricula: A comparative study of online problem-solving competitions in chinese and english-medium instruction settings. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(5):2292–2305.

Fortino, A. and Rivera, M. (2021). Using coding competitions to develop stem skills in graduate education. In *2021 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, pages 15–20.

Guerra, L., Juárez, G., Pérez-Lezama, C., González, E., Campos-García, G., and Cacho, M. (2024). Enhancing problem-solving skills: The synergy of competitive programming and gamification strategy. pages 1–7.

Kitchenham, B. A. 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.

Kumar, A. (2000). The role of computer games in education. *Educational Technology*, 40(5):36–39.

Martins, G., Lopes de Souza, P. S., Jose Conte, D., and Bruschi, S. M. (2020). Learning parallel programming through programming challenges. In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–9.

Miličević, A., Despotović-Zrakić, M., Stojanović, D., Suvajžić, M., and Labus, A. (2024). Academic performance indicators for the hackathon learning approach – the case of the blockchain hackathon. *Journal of Innovation Knowledge*, 9:100501.

Schmidt, H. G. (1983). Problem-based learning: rationale and description. *Medical Education*, 17(1):11–16.

Wallace, S. A. and Margolis, J. (2007). Exploring the use of competitive programming: observations from the classroom. *Journal of Computing in Small Colleges*, 23(2):33–39.

Workman, M. D., Luévanos, J. A., and Mai, B. (2022). A study of cybersecurity education using a present-test-practice-assess model. *IEEE Transactions on Education*, 65(1):40–45.