

Estratégias de Gamificação Personalizadas no Ensino de Programação: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Patricia Diniz¹, Bruno Merlin¹, Carlos Portela¹

¹Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada (PPCA) – Universidade Federal do Pará (UFPA) – 68464-000 – Tucuruí – Pará – Brasil

{pdiniz10, brunomerlin}@gmail.com, csp@ufpa.br

***Abstract.** This paper identifies best practices for effective gamification in programming education through a systematic literature review, covering studies from 2019 to 2024. Analyzing 45 articles, it reveals that personalized gamification strategies, considering individual student profiles, are essential for improving engagement and learning outcomes. The review highlights the importance of adapting gamification to students' characteristics, learning styles, and motivations. The conclusion emphasizes that personalized gamification is key for success, providing a more meaningful and motivating learning experience.*

***Resumo.** Este artigo identifica as melhores práticas para a aplicação eficaz da gamificação no ensino de programação por meio de uma revisão sistemática da literatura, abrangendo estudos de 2019 a 2024. Analisando 45 artigos, revela que estratégias de gamificação personalizadas, que consideram perfis individuais dos alunos, são essenciais para melhorar o engajamento e os resultados de aprendizagem. A revisão destaca a importância de adaptar a gamificação às características, estilos de aprendizagem e motivações dos alunos. Conclui-se que a personalização da gamificação é fundamental para o sucesso, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais significativa e motivadora.*

1. Introdução

Os cursos de computação, em diferentes níveis educacionais, frequentemente enfrentam grandes dificuldades nas disciplinas introdutórias de programação. Essas dificuldades resultam em desinteresse e alta evasão, com alunos frustrados ao tentar dominar habilidades complexas [Figueiredo e García-Peñalvo 2020a; Margulieux et al. 2020]. Para melhorar o desempenho e reduzir a evasão, metodologias de aprendizagem, como a gamificação, têm sido aplicadas no ensino da computação.

Além de aprender a escrever programas corretamente, é essencial que os alunos desenvolvam a capacidade de produzir código de alta qualidade. No entanto, avaliar objetivamente a qualidade do código é desafiador [Kasahara et al. 2019]. A gamificação, aliada a métricas de código, surge como uma solução eficaz, incentivando os alunos a aprimorar suas habilidades de programação de maneira envolvente e motivadora.

Nesse contexto, a gamificação transforma a aprendizagem em uma experiência interativa e motivadora [Deterding et al. 2011; Hamari et al., 2014]. No ensino de

programação, a gamificação, por meio de sistemas tutores inteligentes, métricas de código e competições online, pode aumentar a motivação e a qualidade do código produzido [Figueiredo e García-Peñalvo 2020a; Kasahara et al. 2019; Rodrigues et al. 2020; Sailer e Homner 2020]. Estudos recentes reforçam a necessidade de personalizar a gamificação para atender às características individuais dos alunos, enfatizando que a eficácia dessas estratégias depende de sua adaptação ao perfil do aluno [Rodrigues et al. 2020]. [Oliveira et al. 2023] destacam que, embora a personalização na gamificação tenha potencial em diversos contextos educacionais, ainda existem lacunas significativas na literatura, especialmente no ensino de programação.

Estudos anteriores exploraram a personalização no ensino de programação, destacando diferentes aspectos dessa prática. [Ahmad et al. 2020] indicam que diferentes linguagens de programação podem exigir estratégias de gamificação específicas, sublinhando a importância de alinhar essas técnicas com os processos cognitivos envolvidos. [Omer et al. 2023] mostram que a análise de dados educacionais pode identificar dificuldades enfrentadas por programadores novatos, permitindo a personalização do feedback e das intervenções, o que melhora significativamente a aprendizagem. [Maryono et al. 2022] discutem o impacto dos sistemas de aprendizagem adaptativa no ensino de programação, ajustando o conteúdo educacional às características individuais dos alunos. O estudo apresentado neste artigo se diferencia ao integrar essas abordagens, explorando como a personalização da gamificação, potencializada por dados e sistemas adaptativos, pode maximizar o engajamento e o desempenho dos alunos, preenchendo uma lacuna importante na literatura.

Apesar dos avanços, muitas pesquisas focam apenas nos resultados comportamentais, negligenciando a motivação e o contexto em que os alunos utilizam a gamificação, fatores fundamentais para a aprendizagem [Rodrigues et al. 2020]. Portanto, é necessário entender como a gamificação afeta o aprendizado de programação, considerando também a motivação dos alunos e a influência do ambiente de aprendizagem. Diante desse cenário, esta revisão sistemática da literatura investiga como a gamificação tem sido aplicada no ensino de programação, explorando aspectos como a personalização das estratégias de gamificação e o impacto na motivação e desempenho dos alunos.

O artigo está organizado nas seguintes seções: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica da pesquisa, discutindo os princípios e as aplicações da gamificação no ensino de programação; a Seção 3 descreve a metodologia e os resultados da revisão sistemática conduzida; e a Seção 4 apresenta as conclusões.

2. Fundamentação Teórica

A gamificação é amplamente usada na educação por seu potencial de aumentar o engajamento e melhorar a aprendizagem. Contudo, sua eficácia depende da implementação e do contexto. Esta seção aborda as principais estratégias de gamificação no ensino de programação, além dos desafios e oportunidades na personalização para diferentes perfis de alunos.

2.1. Estratégias de Gamificação no Ensino de Programação

A adoção da gamificação no ensino de programação tem se mostrado eficaz para engajar os alunos e melhorar o aprendizado. Por exemplo, competições de codificação

incentivam a prática e o desenvolvimento de habilidades, enquanto atividades cooperativas promovem o trabalho em equipe e o compartilhamento de conhecimento [Figueiredo e García-Peñalvo 2020; Zainuddin et al. 2020].

Além dessas abordagens gerais, estratégias específicas são complementadas por plataformas de *coding challenges*, como *HackerRank* e *Codewars*, que oferecem desafios de programação em um formato de competição, permitindo que os alunos vejam suas posições em um *leaderboard* [Chaudhari et al. 2023]. Sistemas de recompensas, como *badges* e certificações digitais, são utilizados para reconhecer o progresso e as conquistas dos alunos [Manzano-León et al. 2021]. Ferramentas de avaliação automatizada fornecem feedback instantâneo sobre o código dos alunos, ajudando-os a corrigir erros e melhorar continuamente [Polito e Temperini 2021].

A eficácia dessas estratégias é corroborada por estudos que mostram que a gamificação aumenta a motivação e melhora a qualidade do código produzido [Rodrigues et al. 2024; Sailer e Homner 2020]. Embora as abordagens qualitativas ofereçam compreensões valiosas sobre as experiências dos alunos, sua capacidade de generalizar e comparar resultados em diferentes contextos é limitada [Monteiro et al. 2021; Dichev e Dicheva 2017]. Apesar de capturem aspectos individuais, esses métodos frequentemente carecem da consistência necessária para gerar resultados amplamente aplicáveis. A integração de métodos qualitativos e quantitativos, no entanto, oferece uma solução promissora, combinando profundidade analítica com generalizabilidade [Smiderle et al. 2020]. Desenvolver métodos de avaliação que equilibrem padronização e características individuais pode criar uma abordagem mais eficaz para a gamificação educacional. Portanto, é fundamental desenvolver métodos de avaliação mais consistentes, que considerem as características individuais dos alunos e possam ser aplicados de forma padronizada em diferentes contextos educacionais, garantindo assim uma abordagem mais eficaz e abrangente para a gamificação no ensino de programação.

2.2. Personalização de Estratégias de Gamificação

A eficácia da gamificação na educação reside na sua capacidade de adaptação às características únicas de cada aluno, proporcionando uma experiência de aprendizagem personalizada e envolvente. Reconhecendo a diversidade de perfis de alunos, é necessário explorar como as suas características pessoais, incluindo preferências pessoais, capacidades cognitivas, necessidades sociais e motivações, influenciam as suas interações com elementos de gamificação.

De acordo com [Kian et al. 2022], proporcionar aos alunos experiências de aprendizagem personalizadas com base nas suas preferências pessoais pode aumentar significativamente o seu envolvimento e motivação. Esta abordagem destaca a necessidade de estratégias de gamificação que considerem as personalidades dos alunos, garantindo que a experiência educacional seja relevante e motivadora. [Ghaban e Hendley 2019; Rajanen e Rajanen 2017] também afirmam que a consideração das características dos usuários pode potencializar os benefícios da gamificação. Adicionalmente, [Awais Hassan et al. 2019] destacaram a importância de adaptar a gamificação às diferentes capacidades cognitivas dos alunos. Ao fornecer desafios adaptados às habilidades individuais, a gamificação otimiza a aprendizagem e garante que cada aluno encontre oportunidades para crescer e se desenvolver no ambiente educacional.

Incorporar estas considerações na gamificação educacional enriquece o processo de aprendizagem e enfatiza a importância de uma abordagem holística que considere diferenças culturais, emocionais e sociais. Ferramentas e tecnologias que promovem a personalização, como sistemas adaptativos e inteligência artificial, podem melhor atender às diversas necessidades dos alunos. Feedback direto dos alunos sobre suas experiências de gamificação também é crucial para adaptar e melhorar continuamente essas estratégias educacionais.

2.3. Motivação e Engajamento dos Alunos

A motivação é crucial na aprendizagem de programação, e a gamificação pode aumentá-la tanto de forma intrínseca quanto extrínseca. Por exemplo, a combinação do modelo ARCS (acrônimo de Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação) de motivação com gamificação melhora significativamente o engajamento e o desempenho dos alunos [Choi et al. 2023]. O modelo ARCS estrutura atividades para manter os alunos motivados, personalizando o feedback e ajustando as tarefas às necessidades individuais. Essa abordagem integrada cria um ambiente de aprendizado interativo e motivador, resultando em melhores resultados acadêmicos.

Além disso, os estudos de [Calles-Esteban et al. 2024; Ortiz-Rojas et al. 2019] exploraram o impacto de ferramentas gamificadas no compromisso dos alunos em cursos de programação. Ambos os estudos mostraram que a gamificação aumentou o engajamento e a motivação, reduziu as taxas de desistência e melhorou o desempenho acadêmico. As ferramentas gamificadas incluíam elementos como pontos, conquistas, *badges* e sistemas de classificação, projetados para criar um ambiente de aprendizado dinâmico e envolvente [Calles-Esteban et al. 2024; Ortiz-Rojas et al. 2019].

3. Metodologia

A metodologia desta revisão sistemática da literatura foi desenvolvida com base nas diretrizes de [Kitchenham et al. 2009], assegurando um processo ordenado e estruturado. As etapas desta metodologia foram organizadas em: Abordagem da Pesquisa, Coleta de Dados, Seleção dos Estudos e Análise dos Dados.

3.1. Abordagem da Pesquisa

Este estudo realizou uma revisão sistemática da literatura para identificar e analisar pesquisas sobre a personalização na gamificação no ensino de programação, com foco em engajamento, desempenho acadêmico e adaptação de estratégias de gamificação aos perfis dos alunos.

3.2. Coleta de Dados

A coleta de dados foi conduzida de forma sistemática em bases de dados eletrônicas renomadas, incluindo IEEE Xplore, ACM Digital Library, Scopus, Springer Link. A busca foi realizada entre janeiro de 2019 e abril de 2024, cobrindo publicações no período de 5 anos.

3.2.1. String de Busca

Para ampliar ao máximo a abrangência e a relevância dos estudos encontrados, diferentes strings de busca foram desenvolvidas para cada questão de pesquisa, conforme descrito abaixo:

Para a QP1: Focada nos elementos de competição e cooperação na gamificação.
 ("gamification" OR "game elements" OR "game mechanics" OR "game dynamics" OR "game components") AND ("competition" OR "cooperation" OR "collaboration" OR "strategies") AND ("student engagement" OR "student motivation") AND ("programming " OR "programming education" OR "computer science education" OR "coding education" OR "programming learning" OR "Programming Teaching")

Para a QP2, QP3, QP4: Focadas na personalização das estratégias de gamificação

("gamification" OR "gamified" OR "game" OR "game-based" OR "serious game") AND ("programming" OR "programming course" OR "programming subject") AND ("personalization" OR "customized learning" OR "adaptive learning" OR "individualized learning" OR "student profiles")

Essas *strings* foram criadas para capturar estudos gerais e específicos sobre gamificação no ensino de programação, diferenciando as buscas para a QP1 e as outras QPs, conforme as necessidades de cada questão.

3.3 Seleção dos Estudos

A seleção dos estudos foi conduzida em três etapas sequenciais, cada uma projetada para refinar o conjunto de artigos e garantir a inclusão dos estudos mais relevantes e de alta qualidade.

3.3.1 Primeira Etapa: Execução das *Strings* de Busca e Catalogação dos Artigos

As *strings* de busca foram executadas nas bases de dados selecionadas, resultando na recuperação de muitos artigos. Esses artigos foram catalogados utilizando a ferramenta Mendeley, que também foi utilizada para remover artigos duplicados e organizar os estudos para a etapa subsequente.

3.3.2 Segunda Etapa: Aplicação dos Critérios de Inclusão e Exclusão

Na segunda etapa, os artigos foram avaliados com base em critérios rigorosos de inclusão e exclusão, estabelecidos para garantir a relevância e a qualidade dos estudos considerados. O Quadro 1 a seguir apresenta os critérios utilizados:

Quadro 1: Critérios de Inclusão e Exclusão

Critério	Inclusão	Exclusão
Assunto	Relacionados ao uso de gamificação no ensino de programação.	Usando gamificação para se referir à aprendizagem baseada em jogos fora do contexto educacional.
Implementação	Artigos que definem e implementam claramente a gamificação.	
Tipo de estudo	Estudos Primários	Estudos secundários e terciários
Revisão	Artigos completos e revisados por pares.	Artigos incompletos.
Dados empíricos	Artigos que incluam dados empíricos sobre gamificação no ensino de programação.	Artigos sem dados empíricos relevantes.

Relação direta	Artigos diretamente relacionados à gamificação no ensino de programação.	Artigos sem relação direta com gamificação no ensino de programação.
Evidências adequadas	Artigos com evidências adequadas (ex.: tamanho da amostra adequado e métodos de análise rigorosos).	Artigos sem evidências adequadas.

3.3.3 Terceira Etapa: Avaliação da Qualidade dos Estudos

Utilizou-se uma escala de 0 a 2 para avaliar a qualidade dos artigos (**0**: critério não atendido, **1**: critério parcialmente atendido, **2**: critério completamente atendido). Somente os estudos que obtiveram uma pontuação mínima de 50% em qualidade foram incluídos na análise final. Os critérios de qualidade, baseados nos *checklists* do CASP¹ e nas diretrizes de [Kitchenham et al. 2009], incluíram: Objetivos bem definidos; Planejamento adequado do estudo; Análise de dados sólida; Resultados confiáveis e precisos; Importância e utilidade prática dos achados; Evitação de distorções; Apresentação detalhada dos resultados e Aplicação ampla dos resultados.

A lista detalhada dos artigos avaliados e suas pontuações de qualidade está disponível em <https://abrir.link/ixtHJ>.

3.4. Análise dos Dados da Pesquisa

Após a seleção, os artigos foram analisados em duas fases: uma análise inicial categorizou os estudos por variáveis como tipo de gamificação e impacto nos resultados de aprendizagem; em seguida, uma análise aprofundada identificou padrões e lacunas na literatura. Os artigos relacionados a cada QP foram analisados separadamente, garantindo que as especificidades de cada questão fossem respeitadas.

Durante o processo de filtragem, foram identificados e removidos artigos duplicados, resultando na seleção final de 45 artigos distribuídos da seguinte forma: 28 artigos para a QP1, 8 artigos para a QP2, 16 artigos para a QP3 e 10 artigos para a QP4.

A Tabela 1 resume o processo de filtragem, seleção e remoção de duplicados dos artigos provenientes das diferentes bases de dados para cada questão de pesquisa.

Tabela 1. Seleção de artigos por base

Base de Dados	Filtrados QP1	Duplicados QP1	Selecionados QP1	Filtrados QP2, QP3, QP4	Duplicados QP2, QP3, QP4	Selecionados QP2, QP3, QP4
IEEE	22	1	4	54	1	8
ACM	336	2	10	836	1	1
Springer	507	2	4	3029	0	3
Scopus	40	1	10	110	0	5
Total	905	6	28	4029	2	17

¹ [CASP \(Critical Appraisal Skills Programme\)](#)

3.4.1 Análise das Questões de Pesquisa

QP1: Quais são as estratégias de gamificação que mais influenciam o engajamento e a motivação dos alunos em cursos de programação?

A gamificação é amplamente estudada como uma ferramenta para melhorar o engajamento e a motivação dos alunos em cursos de programação. Neste estudo, analisamos 28 referências e catalogamos as estratégias de gamificação mais influentes, conforme disponível em <https://abrir.link/hngAZ>. A Figura 2 destaca as estratégias que tiveram o maior impacto no ensino de programação.



Figura 2. Gráfico das estratégias de impacto no ensino de programação

As estratégias de gamificação mais impactantes nos cursos de programação, segundo as referências analisadas, incluem pontos, *leaderboards* e *badges*. A estratégia de pontos foi a mais citada, presente em 11 referências, todas relatando um impacto "Alto" no engajamento e na motivação dos alunos [Drissi et al. 2024; Ren 2023; Figueiredo e García-Peñalvo 2020]. *Leaderboards* e *badges*, embora menos frequentes, também mostraram ser eficazes, com todas as referências relacionadas a essas estratégias indicando impacto "Alto" [Figueiredo e García-Peñalvo 2020; Cuervo-Cely et al. 2022].

Além disso, a criação de jogos e a competição foram destacadas em várias referências, sendo ambas associadas a impactos significativos no engajamento e motivação. A criação de jogos permite que os alunos apliquem seus conhecimentos de forma criativa, enquanto a competição estimula uma participação mais ativa e desafiadora [Seralidou e Douligeris 2021; Francisco et al. 2022]. Essas estratégias demonstram ser altamente eficazes na promoção do aprendizado em cursos de programação.

As abordagens e tecnologias de suporte, como plataformas gamificadas, desempenharam um papel crucial na aplicação dessas estratégias. Ferramentas como o CodeGym, por exemplo, integraram desafios práticos e feedback em tempo real, o que é essencial para manter o engajamento dos alunos [Cuervo-Cely et al. 2022]. Plataformas E-learning, como as mencionadas por [Tasadduq et al. 2021], e sistemas de

autoavaliação, como os integrados ao Moodle [Garcia e Lemos 2023], facilitaram a implementação de elementos de gamificação, promovendo um ambiente de aprendizado mais dinâmico e interativo. Além disso, ferramentas web-based, como as discutidas por [Calles-Esteban et al. 2024], que incorporam aspectos emocionais na gamificação, também se mostraram eficazes. Embora menos mencionadas, outras estratégias, como a criação de jogos e o uso de simulações, mostraram impacto positivo no engajamento e na motivação dos alunos, oferecendo abordagens inovadoras e interativas para o ensino de programação [Cigdem et al. 2023; Sunday et al. 2022]. Estudos indicam que a combinação dessas estratégias, ajustadas ao perfil dos alunos e ao contexto educacional, pode maximizar o engajamento e melhorar significativamente os resultados de aprendizado em cursos de programação.

QP2: Como a personalização das estratégias de gamificação aos perfis dos alunos influencia o engajamento e o desempenho acadêmico em cursos de programação?

A personalização das estratégias de gamificação adapta o ensino de programação às características dos alunos, melhorando engajamento e desempenho. Dos 17 artigos avaliados, 8 foram selecionados por comprovarem o impacto positivo dessas abordagens, conforme destacado a seguir.

A) Perfis dos Alunos e Abordagens de Personalização

Os perfis dos alunos são fundamentais para a implementação de estratégias de gamificação personalizadas. Esses perfis podem incluir variáveis como habilidades, estilos de aprendizagem, progresso acadêmico e preferências pessoais. [Chalermsook e Anutariya 2022], por exemplo, concentraram-se em habilidades e personalidade para otimizar a aprendizagem em equipe, enquanto [Ioana Ghergulescu et al. 2019] utilizaram perfis baseados em preferências de mídia e estilos de aprendizagem para adaptar o conteúdo e as atividades. Ademais, [Krouska et al. 2023] empregaram técnicas avançadas de ajuste dinâmico para adaptar a dificuldade das tarefas com base no progresso dos alunos.

B) Impacto no Engajamento

A análise dos estudos indica que a personalização das estratégias de gamificação, ajustada aos perfis dos alunos, geralmente resulta em um aumento significativo no engajamento. [Ng et al. 2023] observaram um envolvimento maior dos alunos ao incorporar mini-jogos e fornecer feedback personalizado. Da mesma forma, [Krouska et al. 2023] notaram que o ajuste dinâmico das tarefas gerou maior satisfação e participação ativa dos alunos, sugerindo que a adaptação das atividades às características individuais dos estudantes é eficaz para captar e manter o interesse.

C) Impacto no Desempenho Acadêmico

Além de melhorar o engajamento, a personalização das estratégias de gamificação tem mostrado efeitos positivos no desempenho acadêmico. [Shum et al. 2023] relataram uma melhoria significativa no desempenho dos alunos em tarefas de programação ao utilizar modelos de adaptação contextual dinâmica. [Bucchiarone et al. 2024] também observaram que alunos que receberam feedback em tempo real e seguiram caminhos de aprendizado personalizados tiveram melhor desempenho em atividades de modelagem e programação e resolução de problemas. Da mesma forma, [Drissi et al. 2024] mediram o desempenho dos alunos por meio de testes teóricos e de resolução de problemas.

D) Desafios e Limitações

Embora a personalização tenha demonstrado benefícios claros, ela também apresenta desafios. [Rodrigues et al., 2024] apontaram que, embora a personalização tenha favorecido certos subgrupos de alunos, o impacto geral na motivação foi limitado, destacando que a eficácia das estratégias pode depender de fatores como o contexto educacional e as características demográficas dos alunos.

QP3: Quais ferramentas digitais são utilizadas para definir perfis de estudantes e adaptar estratégias de gamificação no ensino de programação?

Este estudo analisa as ferramentas digitais que personalizam o aprendizado e a gamificação em cursos de programação, utilizando 16 artigos como base. O objetivo é melhorar o engajamento e o desempenho acadêmico dos alunos. A análise abrange a coleta e análise de dados, definição de perfis de estudantes, adaptação de estratégias de gamificação e os resultados empíricos observados. Os resultados são apresentados a seguir.

A) Coleta e Análise de Dados

A coleta e análise de dados são cruciais para a personalização do aprendizado. Ferramentas como **Dynamic Adaptation** [Bucchiarone et al. 2024] e a **Plataforma Gamificada** [De Pontes et al. 2019] monitoram o progresso dos alunos e a frequência de uso, permitindo adaptações imediatas. **CareerVio** [Chalermsook e Anutariya 2022] e o **Sistema de Tutoria Inteligente** [Figueiredo e García-Peñalvo 2020] ajustam conteúdos com base no desempenho acadêmico e na participação dos alunos. **NEWTELP** [Ghergulescu et al. 2019] coleta dados de quizzes e interações com o conteúdo para fornecer feedback em tempo real. O **FGPE+** [Maskeliūnas et al. 2023] usa algoritmos de otimização para personalizar exercícios, enquanto **MEITREX** [Meißner 2024] adapta o aprendizado de engenharia de software com base em dados de desempenho. **Sonic Pi** [Traversaro et al. 2020] coleta informações sobre o progresso nas tarefas de programação e a qualidade das soluções, enquanto **Instilling Computational Thinking** [Ng et al. 2023] analisa o desempenho acadêmico e a participação em mini-jogos para ajustar atividades.

B) Definição de Perfis de Estudantes

Os perfis de estudantes são definidos com base em características como desempenho acadêmico, estilo de aprendizagem e progresso nas atividades. **PolyGloT** [Bucchiarone et al. 2024], **Adaptive Educational Software** [Mellado-Silva et al. 2021], e **NEWTELP** [Ghergulescu et al. 2019] utilizam esses dados para ajustar conteúdos e desafios. **MEITREX** [Meißner 2024], **FGPE+** [Maskeliūnas et al. 2023] e **CareerVio** [Chalermsook e Anutariya 2022] personalizam atividades com base em necessidades individuais. Ferramentas como **Sonic Pi** [Traversaro et al. 2020] e **Optimizing Player Engagement** [Krouska et al. 2023] aplicam lógica fuzzy e dados de progresso para equilibrar desafios com as habilidades dos alunos.

C) Adaptação das Estratégias de Gamificação

As estratégias de gamificação são adaptadas conforme os perfis dos estudantes para maximizar o aprendizado e o engajamento. **Dynamic Adaptation** [Bucchiarone et al. 2024] e **Adaptive Gamified e-Learning Platform** [Ng et al. 2023] ajustam atividades

em tempo real usando feedback imediato. **FGPE+** [Maskeliūnas et al. 2023] e o **Sistema de Níveis Procedurais Adaptativos** [Jemmali et al. 2022] ajustam os níveis de prática com base no desempenho e nos erros. **MEITREX** [Meißner 2024] adapta a dificuldade dos desafios conforme o perfil dos alunos, enquanto **Sonic Pi** combina programação e criação musical para engajar os estudantes. **CareerVio** adapta atividades colaborativas em MOOCs, e **Optimizing Player Engagement** [Krouska et al. 2023] utiliza lógica fuzzy para ajustar dinamicamente os desafios.

D) Resultados Empíricos

Os resultados empíricos indicam que as ferramentas digitais analisadas melhoram significativamente o engajamento e o desempenho acadêmico. **PolyGloT** [Bucchiarone et al. 2024] e a **Plataforma Gamificada** [De Pontes et al. 2019] registraram aumentos no engajamento e na motivação dos alunos. **FGPE+** [Maskeliūnas et al. 2023] e o **Sistema de Níveis Procedurais Adaptativos** [Jemmali et al. 2022] apresentaram melhorias no conhecimento percebido e redução de erros. **MEITREX** [Meißner 2024] e **NEWTELP** [Ioana Ghergulescu et al. 2019] mostraram eficácia em cursos de engenharia de software e programação, respectivamente. **Sonic Pi** [Traversaro et al. 2020] destacou-se ao combinar programação com música, melhorando o engajamento e a compreensão dos conceitos.

Além disso, [Ericson et al. 2020; Rogers et al. 2021] relataram impactos positivos na retenção de conhecimento e na satisfação dos alunos em cursos de programação e ciência da computação. [Challco e Isotani 2019] observaram melhorias na colaboração e no desempenho com a gamificação baseada em ontologia. De forma semelhante [Drissi et al. 2024] destacaram a eficácia da personalização e gamificação na motivação e no desempenho acadêmico.

QP4: Como essas estratégias de gamificação são adaptadas para diferentes perfis de alunos?

Esta análise considerou 10 artigos sobre a adaptação de estratégias de gamificação para diferentes perfis de alunos, destacando que a personalização e o feedback imediato são fundamentais para aumentar o engajamento e o desempenho acadêmico.

Os estudos analisados indicam que a adaptação das estratégias de gamificação aumenta significativamente o engajamento e o desempenho acadêmico dos alunos. A personalização de atividades, aliada ao feedback imediato, permite que os alunos se sintam mais valorizados e compreendidos, o que resulta em maior dedicação e persistência nas atividades propostas [Figueiredo e García-Peñalvo 2020; Ioana Ghergulescu et al. 2019]. Esses elementos são fundamentais para criar um ambiente de aprendizado que responda às necessidades individuais de cada aluno, contribuindo para uma experiência educacional mais satisfatória e eficaz.

Além disso, algoritmos de otimização, como o Pareto, e sistemas adaptativos mostraram-se altamente eficazes na geração de exercícios personalizados que equilibram os interesses e habilidades dos alunos com a dificuldade das tarefas propostas [Chalermsook e Anutariya 2022; Chen et al. 2023]. A eficácia desses algoritmos reside na sua capacidade de ajustar continuamente os desafios conforme o progresso dos alunos, garantindo que cada estudante permaneça engajado sem se sentir sobrecarregado ou desmotivado. Isso é particularmente evidente em ambientes

educacionais complexos, onde a variação nas habilidades e interesses dos alunos é grande.

A personalização conforme os perfis dos alunos, incluindo estilos de aprendizagem e características emocionais, foi determinante para o sucesso das estratégias de gamificação, aumentando significativamente o engajamento e o desempenho acadêmico [Drissi et al. 2024; Meißner 2024; Shum et al. 2023]. Ao considerar as individualidades de cada aluno, essa abordagem permite uma experiência de aprendizado mais alinhada às suas necessidades e preferências, o que se traduz em uma maior eficácia educacional. A personalização promove um ambiente em que os alunos são mais propensos a se envolverem profundamente com o material, o que leva a melhores resultados acadêmicos.

Por fim, ferramentas e tecnologias avançadas, como sistemas baseados em regras, filtragem colaborativa, técnicas de Matrix Factorization e modelos de usuários, desempenham um papel essencial na personalização eficaz do aprendizado [Kanellopoulou et al. 2021; Liyanage et al. 2022; Rodrigues et al. 2024]. Essas tecnologias não só facilitam a personalização em larga escala, mas também permitem um acompanhamento contínuo e ajustes rápidos conforme necessário. A capacidade de ajustar as experiências de aprendizado em tempo real, com base em dados contínuos sobre o progresso do aluno, é uma das grandes vantagens das tecnologias de personalização na educação gamificada.

4. Conclusões

A revisão sistemática apresentada revelou que elementos como pontos, *badges*, *leaderboards* e feedback imediato são eficazes para aumentar o engajamento dos alunos. Embora o foco principal tenha sido o impacto desses elementos no engajamento, a análise também indicou que a eficácia das estratégias de gamificação pode variar conforme o nível educacional. Por exemplo, as plataformas gamificadas, como *Moodle* e *GitHub*, são mais comumente utilizadas no ensino superior, enquanto os jogos educacionais, especialmente em ambientes como *Scratch*, são mais frequentes no ensino secundário. Esses achados sugerem que a aplicação das estratégias de gamificação deve ser ajustada ao nível educacional para maximizar a eficácia, algo que pode fornecer *insights* valiosos para a aplicação da gamificação em diferentes contextos educacionais.

A personalização dessas estratégias, adaptada aos perfis dos alunos, mostrou-se fundamental para melhorar o desempenho acadêmico, mas enfrenta desafios de escalabilidade em grandes grupos. Ferramentas digitais, como a Plataforma Gamificada e sistemas de recomendação baseados em inteligência artificial, são promissoras para personalização em tempo real, ajustando-se às necessidades dos alunos.

Entretanto, a adaptação eficaz das estratégias exige considerar a motivação, o conhecimento prévio e os estilos de aprendizado dos alunos. O desenvolvimento de algoritmos avançados e o uso de inteligência artificial são essenciais para superar limitações de escalabilidade, permitindo ajustes dinâmicos e eficazes.

Futuras pesquisas devem explorar tecnologias como IA e realidade aumentada para criar sistemas de personalização mais sofisticados e adaptáveis, além de avaliar seus efeitos a longo prazo em diferentes contextos culturais e educacionais. Isso

enriquecerá o campo da gamificação, oferecendo estratégias de aprendizado mais eficazes e adaptadas a diversos níveis educacionais.

Referências

- Adrián Domínguez, Luis de-Marcos, & José-Javier Martínez-Herráiz. (2020). *Effects of Competitive and Cooperative Classroom Response Systems on Quiz Performance and Programming Skills in a Video Game Programming Course*. Association for Computing Machinery.
- Ahmad, A., Zeshan, F., Khan, M. S., Marriam, R., Ali, A., & Samreen, A. (2020). The Impact of Gamification on Learning Outcomes of Computer Science Majors. *ACM Transactions on Computing Education*, 20(2). <https://doi.org/10.1145/3383456>
- Awais Hassan, M., Habiba, U., Khalid, H., Shoaib, M., & Arshad, S. (2019). An Adaptive Feedback System to Improve Student Performance Based on Collaborative Behavior. *IEEE Access*, 7, 107171–107178. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2931565>
- Bucchiarone, A., Martorella, T., Frageri, D., & Colombo, D. (2024). PolyGloT: A personalized and gamified eTutoring system for learning modelling and programming skills. *Science of Computer Programming*, 231. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2023.103003>
- Calles-Esteban, F., Hellín, C. J., Tayebi, A., Liu, H., López-Benítez, M., & Gómez, J. (2024). Influence of Gamification on the Commitment of the Students of a Programming Course: A Case Study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/app14083475>
- Chalermsook, K., & Anutariya, C. (2022). CareerVio: A Platform for Personalized Collaborative and Gamified Software Engineering MOOCs. 2022 19th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering, JCSSE 2022. <https://doi.org/10.1109/JCSSE54890.2022.9836240>
- Challco, G. C., & Isotani, S. (2019). The Effects of Ontology-Based Gamification in Scripted Collaborative Learning *. <http://bit.ly/2ICGveW>.
- Chaudhari, M. D., Walavalkar, S. U., Hajgude, J., Nailwal, R. I., & Parpyani, K. (2023). An Innovative Approach Towards Enhancing the Indian Higher Education Systems Using Blockchain. *Proceedings of 2023 International Conference on Signal Processing, Computation, Electronics, Power and Telecommunication, IConSCEPT 2023*. <https://doi.org/10.1109/IConSCEPT57958.2023.10170288>
- Chen, C. Y., Su, S. W., Lin, Y. Z., & Sun, C. T. (2023). The Effect of Time Management and Help-Seeking in Self-Regulation-Based Computational Thinking Learning in Taiwanese Primary School Students. *Sustainability (Switzerland)*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/su151612494>
- Choi, W. C., Lei, H., & Mendes, A. J. (2023). Motivating the New Generation: Using Flipped Classroom and ARCS Model to Enhance Block-Based Programming Education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*. <https://doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10342942>

- Cigdem, H., Korkusuz, M. E., & Karaçaltı, C. (2024). Gamified learning: Assessing the influence of leaderboards on online formative quizzes in a computer programming course. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(2). <https://doi.org/10.1002/cae.22697>
- Cuervo-Cely, K. D., Restrepo-Calle, F., & Ramírez-Echeverry, J. J. (2022). EFFECT OF GAMIFICATION ON THE MOTIVATION OF COMPUTER PROGRAMMING STUDENTS. *Journal of Information Technology Education: Research*, 21. <https://doi.org/10.28945/4917>
- De Pontes, R. G., Guerrero, D. D. S., & De Figueiredo, J. C. A. (2019). Analyzing gamification impact on a mastery learning introductory programming course. *SIGCSE 2019 - Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 400–406. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287367>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining “gamification.” *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. In *International Journal of Educational Technology in Higher Education* (Vol. 14, Issue 1). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>
- Drissi, S., Chefrour, A., Boussaha, K., & Zarzour, H. (2024). Exploring the effects of personalized recommendations on student’s motivation and learning achievement in gamified mobile learning framework. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12477-6>
- Edwards, S. H., & Li, Z. (2020, November 19). A Proposal to Use Gamification Systematically to Nudge Students Toward Productive Behaviors. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3428029.3428057>
- Ericson, B., Hoffman, B., & Rosato, J. (2020, October 28). CSAwesome: AP CSA curriculum and professional development (practical report). *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3421590.3421593>
- Figueiredo, J., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Intelligent Tutoring Systems approach to Introductory Programming Courses. *ACM International Conference Proceeding Series*, 34–39. <https://doi.org/10.1145/3434780.3436614>
- Francisco, V., Moreno-Ger, P., & Hervas, R. (2022). Application of Competitive Activities to Improve Students’ Participation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(1), 2–14. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3153174>
- Garcia, C., & Lemos, N. (2023). The Gamification of E-learning Environments for Learning Programming. www.joiv.org/index.php/joiv
- Ghaban, W., & Hendley, R. (2019). Understanding the effect of gamification on learners with different personalities. *CSEDU 2019 - Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education*, 2, 392–400. <https://doi.org/10.5220/0007730703920400>

- Hastings, J., Weitzl-Harms, S., Spanier, A., Rokusek, M., & Henszey, R. (2022). ZORQ: A Gamification Framework for Computer Science Education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 2022-October. <https://doi.org/10.1109/FIE56618.2022.9962487>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? -- A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences, 3025–3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Imran, H. (2023). An Empirical Investigation of the Different Levels of Gamification in an Introductory Programming Course. *Journal of Educational Computing Research*, 61(4), 847–874. <https://doi.org/10.1177/07356331221144074>
- Indriasari, T. D., Luxton-Reilly, A., & Denny, P. (2021). Improving Student Peer Code Review Using Gamification. *ACM International Conference Proceeding Series*, 80–87. <https://doi.org/10.1145/3441636.3442308>
- Ioana Ghergulescu, Dan Zhao, Gabriel Miro Muntean, & Cristina Hava Muntean. (2019). Improving Learning Satisfaction in a Programming Course by Using Course-Level Personalisation with NEWTELP.
- Jemmali, C., El-Nasr, M. S., & Cooper, S. (2022, September 5). The Effects of Adaptive Procedural Levels on Engagement and Performance in an Educational Programming Game. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3555858.3555892>
- Kanellopoulou, I., Garaizar, P., & Guenaga, M. (2021). First Steps towards Automatically Defining the Difficulty of Maze-Based Programming Challenges. *IEEE Access*, 9, 64211–64223. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3075027>
- Kasahara, R., Sakamoto, K., Washizaki, H., & Fukazawa, Y. (2019). Applying Gamification to Motivate Students to Write High-Quality Code in Programming Assignments. *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 92–98. <https://doi.org/10.1145/3304221.3319792>
- Katchapakirin, K., Anutariya, C., & Supnithi, T. (2022). ScratchThAI: A conversation based learning support framework for computational thinking development. *Education and Information Technologies*, 27(6), 8533–8560. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10870-z>
- Kian, T. W., Sunar, M. S., & Su, G. E. (2022). The Analysis of Intrinsic Game Elements for Undergraduates Gamified Platform Based on Learner Type. *IEEE Access*, 10, 120659–120679. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3218625>
- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Krouska, A., Troussas, C., Voutos, Y., Mylonas, P., & Sgouropoulou, C. (2023). Optimizing Player Engagement in an Educational Virtual Game through Fuzzy Logic-based Challenge Adaptation. 2023 8th South-East Europe Design Automation, Computer

Engineering, Computer Networks and Social Media Conference, SEEDA-CECNSM 2023. https://doi.org/10.1109/SEEDA_CECNSM61561.2023.10470784

- Liyanage, C., Kavinda, U. A. D. S., Dasanayaka, D. S., Shehara, P. G. J., & De Silva, D. I. (2022). Interactive Mobile Application for Initial Skills Development of Primary Students in Sri Lanka. 4th International Conference on Advancements in Computing, ICAC 2022 - Proceeding, 358–362. <https://doi.org/10.1109/ICAC57685.2022.10025350>
- Manzano-León, A., Camacho-Lazarraga, P., Guerrero, M. A., Guerrero-Puerta, L., Aguilar-Parra, J. M., Trigueros, R., & Alias, A. (2021). Between Level Up and Game Over: A Systematic Literature Review of Gamification in Education. *Sustainability*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/su13042247>
- Margulieux, L. E., Morrison, B. B., & Decker, A. (2020). Reducing withdrawal and failure rates in introductory programming with subgoal labeled worked examples. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00222-7>
- Maryono, D., Budiyono, Sajidan, & Akhyar, M. (2022). Implementation of Gamification in Programming Learning: Literature Review. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(12), 1448–1457. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.12.1771>
- Maskeliūnas, R., Damaševičius, R., Blažauskas, T., Swacha, J., Queirós, R., & Paiva, J. C. (2023). FGPE+: The Mobile FGPE Environment and the Pareto-Optimized Gamified Programming Exercise Selection Model—An Empirical Evaluation. *Computers*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/computers12070144>
- Meißner, N. (2024). MEITREX - Gamified and Adaptive Intelligent Tutoring in Software Engineering Education. *Proceedings - International Conference on Software Engineering*, 198–200. <https://doi.org/10.1145/3639478.3639804>
- Mellado-Silva, R., Figueroa, C. C., & Rodriguez, A. G. (2021). Learning object-oriented programming using adaptive educational software. *Proceedings - International Conference of the Chilean Computer Science Society, SCCC, 2021-November*. <https://doi.org/10.1109/SCCC54552.2021.9650380>
- Monteiro, R. H. B., Oliveira, S. R. B., & De Almeida Souza, M. R. (2021). A standard framework for gamification evaluation in education and training of software engineering: An evaluation from a proof of concept. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2021-October*. <https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637232>
- Ng, A. K., Atmosukarto, I., Lee Teo, J. K., & Amran, A. Bin. (2023). Instilling Computational Thinking in UnderStudents Across Multiple Disciplines through an Adaptive Gamified e-Learning Platform. 2023 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering, TALE 2023 - Conference Proceedings. <https://doi.org/10.1109/TALE56641.2023.10398325>
- Ocaña, J. M., Morales-Urrutia, E. K., Pérez-Marín, D., & Pizarro, C. (2023). About Gamifying an Emotional Learning Companion to Teach Programming to Primary Education Students. *Simulation and Gaming*, 54(4), 402–426. <https://doi.org/10.1177/10468781231175013>

- Oliveira, W., Hamari, J., Shi, L., Toda, A. M., Rodrigues, L., Palomino, P. T., & Isotani, S. (2023). Tailored gamification in education: A literature review and future agenda. *Education and Information Technologies*, 28(1), 373–406. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11122-4>
- Omer, U., Tehseen, R., Farooq, M. S., & Abid, A. (2023). Learning analytics in programming courses: Review and implications. *Education and Information Technologies*, 28(9), 11221–11268. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11611-0>
- Ortiz-Rojas, M., Chiluita, K., & Valcke, M. (2019). Gamification through leaderboards: An empirical study in engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(4), 777–788. <https://doi.org/10.1002/cae.12116>
- Polito, G., & Temperini, M. (2021). A gamified web based system for computer programming learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100029>
- Pradana, F., Setyosari, P., Ulfa, S., & Hirashima, T. (2023). Development of Gamification-Based E-Learning on Web Design Topic. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(3), 21–38. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i03.36957>
- Rajanan, D., & Rajanan, M. (2017). Personalized Gamification: A Model for Play Data Profiling. <http://ceur-ws.org>
- Ramasamy, V., Narasareddygar, M. R., Walia, G., Allen, A., Duke, D., Kiper, J., & Davis, D. (2021). Meta-analysis to study the impact of learning engagement strategies in introductory computer programming courses: A multi-institutional study. *Proceedings of the 2021 ACMSE Conference - ACMSE 2021: The Annual ACM Southeast Conference*, 40–46. <https://doi.org/10.1145/3409334.3452060>
- Ren, W. (2023). Gamification in Test-Driven Development Practice. *ACM International Conference Proceeding Series*, 38–46. <https://doi.org/10.1145/3617553.3617889>
- Rodrigues, L., Palomino, P. T., Toda, A. M., Klock, A. C. T., Pessoa, M., Pereira, F. D., Oliveira, E. H. T., Oliveira, D. F., Cristea, A. I., Gasparini, I., & Isotani, S. (2024). How Personalization Affects Motivation in Gamified Review Assessments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34(2), 147–184. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00326-x>
- Rodrigues, L., Toda, A. M., Palomino, P. T., Oliveira, W., & Isotani, S. (2020). Personalized gamification: A literature review of outcomes, experiments, and approaches. *ACM International Conference Proceeding Series*, 699–706. <https://doi.org/10.1145/3434780.3436665>
- Rogers, M., Yao, W., Luxton-Reilly, A., Leinonen, J., Lottridge, D., & Denny, P. (2021). Exploring Personalization of Gamification in an Introductory Programming Course. *SIGCSE 2021 - Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1121–1127. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432402>
- Sailer, M., & Homner, L. (2020). The Gamification of Learning: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77–112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>

- Seralidou, E., & Douligeris, C. (2021). Learning programming by creating games through the use of structured activities in secondary education in Greece. *Education and Information Technologies*, 26(1), 859–898. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10255-8>
- Shum, L. C., Rosunally, Y., Scarle, S., & Munir, K. (2023). Personalised Learning through Context-Based Adaptation in the Serious Games with Gating Mechanism. *Education and Information Technologies*, 28(10), 13077–13108. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11695-8>
- Smiderle, R., Rigo, S. J., Marques, L. B., Peçanha de Miranda Coelho, J. A., & Jaques, P. A. (2020). The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. *Smart Learning Environments*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0098-x>
- Sprint, G., & Fox, E. (2020). Improving student study choices in cs1 with gamification and flipped classrooms. *SIGCSE 2020 - Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 773–779. <https://doi.org/10.1145/3328778.3366888>
- Sunday, K., Wong, S. Y., Samson, B. O., & Sanusi, I. T. (2022). Investigating the effect of imikode virtual reality game in enhancing object oriented programming concepts among university students in Nigeria. *Education and Information Technologies*, 27(5), 6819–6845. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10886-z>
- Tasadduq, M., Khan, M. S., Nawab, R. M. A., Jamal, M. H., & Chaudhry, M. T. (2021). Exploring the effects of gamification on students with rote learning background while learning computer programming. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1871–1891. <https://doi.org/10.1002/cae.22428>
- Traversaro, D., Guerrini, G., & Delzanno, G. (2020). Sonic Pi for TBL Teaching Units in an Introductory Programming Course. *UMAP 2020 Adjunct - Adjunct Publication of the 28th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, 143–150. <https://doi.org/10.1145/3386392.3399317>
- Zahedi, L., Batten, J., Ross, M., Potvin, G., Damas, S., Clarke, P., & Davis, D. (2021). Gamification in education: a mixed-methods study of gender on computer science students' academic performance and identity development. *Journal of Computing in Higher Education*, 33(2), 441–474. <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09271-5>
- Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review*, 30, 100326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>.