

Um Método Baseado em Aprendizagem Corporificada para o Ensino de Conceitos de Programação Orientada a Objetos

Title: An Embodied Learning Based Method for Teaching Object-Oriented Programming Concepts

Título: Un método basado en el aprendizaje incorporado para enseñar conceptos de programación orientada a objetos

Carlos Catini Neto
Centro Paula Souza,
Etec Pedro Ferreira Alves
ORCID: [0009-0001-2011-457X](https://orcid.org/0009-0001-2011-457X)
catini.it@gmail.com

Rodrigo Bonacin
Centro Universitário Campo Limpo Paulista,
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer
ORCID: [0000-0003-3441-0887](https://orcid.org/0000-0003-3441-0887)
rodrigo.bonacin@faccamp.br

Resumo

A Programação Orientada a Objetos (POO) é fundamental no desenvolvimento de software, no entanto, seu ensino enfrenta desafios devido à natureza abstrata de seus conceitos. Este artigo apresenta o EPLM (Embodied Programming Learning Method), um método inovador baseado na Aprendizagem Corporificada para o ensino de POO. O método integra atividades interativas e ferramentas tangíveis e tecnológicas para facilitar a compreensão de conceitos-chave de POO como classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo. A pesquisa envolveu o desenvolvimento e a aplicação do método com 39 alunos do ensino técnico, divididos em grupos experimental e controle. Os resultados sugerem ganhos na compreensão dos conceitos, com o grupo experimental apresentando desempenho superior em todos os conceitos avaliados, variando de 80% a 90% de aproveitamento, em comparação a 58–65% do grupo controle. Os resultados também sugerem que o método contribuiu para o maior engajamento e motivação, com ~95% dos alunos recomendando sua aplicação em outros contextos educacionais. Este trabalho contribui para a literatura ao apresentar uma abordagem prática para o ensino de POO que integra experiências corporificadas ao processo de aprendizagem.

Palavras-Chave: Programação Orientada a Objetos, Aprendizagem Corporificada, Cognição Corporificada, Ensino de Programação, Experiência Sensorial e Motora.

Abstract

Object-Oriented Programming (OOP) is fundamental to software development; however, teaching it poses challenges due to the abstract nature of its concepts. This article presents the EPLM (Embodied Programming Learning Method), an innovative method based on Embodied Learning for teaching OOP. The method integrates interactive activities with tangible and technological tools to facilitate the understanding of key OOP concepts such as classes, objects, methods, encapsulation, inheritance, and polymorphism. The research involved developing and applying the method with 39 technical school students, divided into an experimental and a control group. The results suggest gains in understanding the concepts, with the experimental group showing superior performance across all concepts evaluated, ranging from 80% to 90% of use, compared to 58–65% in the control group. The results also suggest that the method increased engagement and motivation, with 95% of students recommending its application in other educational contexts. This work contributes to the literature by presenting a practical approach to teaching OOP that integrates embodied experiences into the learning process.

Keywords: Object-Oriented Programming, Embodied Learning, Embodied Cognition, Programming Education, Sensorimotor Experience.

Resumen

Cite as: Catini Neto, C. & Bonacin, R. (2026). Um Método Baseado em Aprendizagem Corporificada para o Ensino de Conceitos de Programação Orientada a Objetos. Revista Brasileira de Informática na Educação, vol. 34, pp. 1185-1213. <https://doi.org/10.5753/rbie.2026.5628>

La Programación Orientada a Objetos (POO) es fundamental en el desarrollo de software; sin embargo, su enseñanza enfrenta desafíos debido a la naturaleza abstracta de sus conceptos. Este artículo presenta el EPLM (Embodied Programming Learning Method), un método innovador basado en el aprendizaje incorporado para la enseñanza de la programación orientada a objetos. El método integra actividades interactivas y herramientas tangibles y tecnológicas para facilitar la comprensión de conceptos clave de POO como clases, objetos, métodos, encapsulación, herencia y polimorfismo. La investigación implicó el desarrollo y aplicación del método con 39 estudiantes de educación técnica, divididos en grupos experimentales y de control. Los resultados sugieren ganancias en la comprensión de los conceptos, y el grupo experimental muestra un desempeño superior en todos los conceptos evaluados, oscilando entre el 80% y el 90% de uso, en comparación con el 58-65% del grupo de control. Los resultados también sugieren que el método contribuyó a un mayor compromiso y motivación y que el 95% de los estudiantes recomendaron su aplicación en otros contextos educativos. Este trabajo contribuye a la literatura al presentar un enfoque práctico para la enseñanza de la POO que integra experiencias corporales en el proceso de aprendizaje.

Palabras clave: Programación orientada a objetos, aprendizaje incorporado, cognición incorporada, educación en programación, experiencia sensorial y motora.

1 Introdução

O ensino de programação, assim como o de Programação Orientada a Objetos (POO), desempenha papel central na formação de alunos em cursos de computação e áreas afins, preparando-os para o desenvolvimento de software em um mercado cada vez mais exigente. No entanto, as dificuldades na compreensão dos conceitos fundamentais da POO, como classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo, constituem um desafio significativo para estudantes e professores. Essas dificuldades resultam em problemas de retenção, engajamento e aproveitamento, especialmente devido à natureza abstrata desses conceitos (Sheetz et al., 1997).

A complexidade de aprender conceitos abstratos de POO frequentemente resulta em baixo rendimento acadêmico e altas taxas de reprovação. Estudos como os de Gutiérrez et al. (2022) indicam que essas dificuldades não se limitam a conceitos avançados, mas também abrangem fundamentos, como a construção da relação entre classe e objeto.

O cenário é agravado pela predominância de metodologias de ensino que frequentemente adotam abordagens excessivamente teóricas, o que dificulta a aplicação dos conteúdos na prática. Como resultado, muitos estudantes têm dificuldade em estabelecer conexões entre o aprendizado teórico e sua aplicabilidade prática, o que leva à frustração e à desmotivação. Martins et al. (2018) destacam que alunos desmotivados têm maior probabilidade de contribuir para as altas taxas de evasão escolar em disciplinas de programação.

Neste cenário, é necessário desenvolver novas abordagens que tornem o aprendizado mais intuitivo, colaborativo e significativo (Dávila & Giraffa, 2023), contribuindo para a assimilação efetiva dos fundamentos de POO e promovendo um ambiente de aprendizagem que valorize a motivação e o engajamento dos estudantes. Este trabalho pretende, assim, desenvolver o EPLM (*Embodied Programming Learning Method*), um método baseado na Aprendizagem Corporificada para o ensino de POO. O EPLM visa responder aos desafios contemporâneos do ensino de programação, integrando experiências corporificadas que facilitam a compreensão e aplicação dos conceitos fundamentais da POO.

Este trabalho busca superar as barreiras ao aprendizado, visando tornar a POO atrativa para as demandas atuais. O desenvolvimento do método proposto apresenta desafios tanto do ponto de vista tecnológico quanto do educacional. Embora a Aprendizagem Corporificada ofereça uma perspectiva promissora, sua aplicação prática exige planejamento cuidadoso.

Do ponto de vista computacional, um dos principais desafios é o desenvolvimento de recursos tecnológicos e ferramentas que apoiem o EPLM de forma eficaz e a um custo acessível. A construção de aplicações interativas que integram os mundos físico e digital exige um esforço técnico considerável. Além disso, muitos projetos enfrentam limitações relacionadas à infraestrutura, como recursos físicos e espaços adequados, o que pode gerar altos custos e complicações logísticas.

No contexto educacional, uma dificuldade reside em traduzir conceitos abstratos de POO em experiências concretas e interativas. Essa tarefa exige criatividade para desenvolver atividades que corporifiquem, de maneira significativa e efetiva, conceitos como encapsulamento, herança e polimorfismo, levando o aluno ao melhor entendimento desses conceitos.

O uso da Aprendizagem Corporificada justifica-se por sua capacidade de transformar o processo de ensino-aprendizagem. Estudos, como o de Chung & Hsiao (2019), apontam que a combinação de atividades físicas e interações digitais torna a experiência de aprendizado mais prática e envolvente. Investigar a Aprendizagem Corporificada mostra-se particularmente relevante no contexto atual, em que a demanda por metodologias de ensino mais eficazes e

engajadoras vem crescendo. Como destacado por Litts et al. (2019), a conexão significativa entre os mundos físico e digital é essencial para que a Aprendizagem Corporificada seja efetiva, mesmo em ambientes educacionais com recursos limitados.

Este estudo se diferencia ao oferecer uma perspectiva diversa e adaptável para o uso da Aprendizagem Corporificada no ensino de POO, combinando recursos de baixo custo com tecnologias interativas. Essa flexibilidade permite que o método seja aplicado em diferentes contextos educacionais, democratizando o acesso a práticas pedagógicas inovadoras no ensino de programação.

Esperam-se as seguintes contribuições principais:

- a) Um método estruturado destinado a professores que visam integrar experiências corporificadas ao ensino de POO.
- b) Conjunto de ferramentas tecnológicas, incluindo um *Learning Management System* (LMS) adaptado, objetos tangíveis e ferramentas que utilizam captura de movimento e de imagens que apoiam o método.
- c) Avaliação da eficácia do método em um contexto educacional real, contribuindo para o conhecimento sobre o uso de Aprendizagem Corporificada na prática de ensino de POO.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta o referencial teórico e metodológico, bem como os trabalhos relacionados; a Seção 3 detalha o EPLM; a Seção 4 apresenta sua aplicação; a Seção 5 detalha, analisa e discute os resultados obtidos; e a Seção 6 conclui este artigo e apresenta os próximos passos desta pesquisa.

2 Referencial Teórico e Metodológico e Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta, primeiramente, o referencial de ensino de POO (subseção 2.1); em seguida, detalha-se o referencial sobre aprendizado corporificado (subseção 2.2) e, por fim, são apresentados os principais trabalhos relacionados e o diferencial desta pesquisa (subseção 2.3).

2.1 Ensino de Programação Orientada a Objetos

A programação possui grande relevância no ensino em cursos da área de Computação, e as habilidades desenvolvidas a partir de seus conceitos são utilizadas em diferentes contextos, extrapolando o âmbito da programação. Lu et al. (2017) ressaltam que, com o rápido desenvolvimento da tecnologia da informação, as habilidades de programação tornaram-se cada vez mais relevantes como competências fundamentais a serem desenvolvidas em diversos níveis educacionais.

O desenvolvimento de software moderno está diretamente ligado à POO, o que a torna um conceito fundamental para programadores (Diaz-Leyva & Chamorro-Atalaya, 2020). Gutiérrez et al. (2022) enfatizam que o ensino de POO é importante para que os alunos adquiram habilidades essenciais de programação e de desenvolvimento de software.

Em POO, classes e objetos (Lewis & Loftus, 2017) são conceitos fundamentais que devem ser aprendidos nas primeiras aulas para propiciar a compreensão de conceitos mais complexos (Mitchell, 2003). Além destes conceitos, outros conceitos fundamentais de POO são abordados neste trabalho: *abstração*, que se refere ao processo de destacar as propriedades fundamentais de um objeto, deixando de lado aspectos não pertinentes ao contexto atual (Franco, 2014); *herança*, que permite que uma classe herde atributos e métodos de outra classe, e é de fundamental importância para a reutilização de código e organização hierárquica de classes (Mitchell, 2003); e, *polimorfismo*, sendo a capacidade de um mesmo método se comportar de maneiras diferentes

dependendo do objeto que o invoca, proporcionando flexibilidade e reutilização de código (Carvalho & Teixeira, 2011).

Apesar desses conceitos estarem amplamente presentes no material didático de ensino de POO, os processos de ensino e aprendizagem de POO apresentam desafios significativos. Os estudos de Zanetti et al. (2022, 2023) apontam que, desde o início do ensino desse paradigma, já havia diversos relatos de problemas enfrentados pelos alunos. Os principais desafios incluem:

- A mudança de paradigma da programação estruturada para a orientação a objetos representa um obstáculo significativo para muitos alunos que já dominam o paradigma estruturado (Diaz-Leyva & Chamorro-Atalaya, 2020).
- A compreensão dos conceitos básicos de maneira genérica e independentemente da linguagem, uma vez que são mais importantes do que o aprendizado de uma linguagem específica (Zanetti et al., 2022), pois assim é possível transpô-los para outras linguagens e tecnologias orientadas a objetos.
- Os conceitos mais abstratos, como herança e polimorfismo, podem ser desafiadores, pois é mais difícil estabelecer relações com objetos reais (Ahmad et al., 2018).

2.2 Aprendizagem Corporificada

A Cognição Corporificada é uma teoria que sustenta que os processos cognitivos humanos estão profundamente ligados ao corpo físico e às interações com o ambiente. Essa perspectiva difere de modelos cognitivos tradicionais que consideram a mente separada do corpo, sugerindo que o aprendizado e o pensamento ocorrem não apenas no cérebro, mas também por meio de experiências sensoriais e motoras.

A Aprendizagem Corporificada, por sua vez, é uma abordagem educacional que aplica os princípios da Cognição Corporificada ao contexto de ensino, promovendo a integração de interações físicas, sensoriais e motoras no processo de aprendizado. Esta abordagem propõe que, ao vivenciarem fisicamente conceitos abstratos, os alunos estabeleçam conexões mais significativas com os conteúdos, o que melhora sua compreensão e retenção.

O conceito de Aprendizagem Corporificada tem suas raízes na teoria da Cognição Corporificada, segundo a qual a natureza do corpo humano influencia significativamente o que se aprende. Trabalhos seminais de Lakoff & Johnson (1999) argumentam que a compreensão do mundo está intrinsecamente ligada às experiências corporais e sensório-motoras.

A cognição não é vista como algo isolado, mas sim como um processo integrado que envolve percepção, ação e emoção (Barsalou, 2008). Essa teoria tem implicações para a educação, ao sugerir que a incorporação do corpo ao processo de aprendizado pode tornar o ensino mais eficaz, especialmente em disciplinas que envolvem conceitos abstratos, como a POO.

O aprendizado ocorre por meio da integração entre a percepção sensorial e a ação motora (Wilson, 2002). A ideia é que, ao manipularem fisicamente conceitos abstratos, os alunos desenvolvem uma compreensão mais profunda e duradoura. No contexto educacional, a Aprendizagem Corporificada tem demonstrado benefícios significativos em diversos estudos.

Gonçalves et al. (2024) destacam que a literatura aponta diversos benefícios da integração entre interações corporificadas e tecnologia no processo de aprendizagem, evidenciando o potencial dessa abordagem para criar ambientes educacionais mais eficazes. Já Skulmowski & Rey (2018) indicam que a incorporação de movimentos físicos na aprendizagem pode aumentar significativamente a retenção de informações.

Johnson-Glenberg et al. (2016) destacam que a natureza interativa da Aprendizagem Corporificada promove maior envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem. De acordo

com Chung & Hsiao (2019), a combinação de atividades físicas e interações digitais transforma o aprendizado em uma experiência prática e significativa, promovendo maior retenção de conceitos e engajamento.

Abrahamson & Lindgren (2014) destacam que a manipulação da representação física de conceitos abstratos pode facilitar a compreensão de ideias complexas, especialmente em áreas como a matemática e as ciências. Esta abordagem tem se mostrado particularmente eficaz em disciplinas que exigem a compreensão de conceitos abstratos, como matemática, física e computação, o que a torna especialmente relevante para o ensino de POO. Assim, espera-se que, no ensino de POO, a Aprendizagem Corporificada ofereça oportunidades únicas para superar desafios comuns relacionados à abstração, por meio de atividades práticas que conectem conceitos como encapsulamento, herança e polimorfismo a experiências concretas.

A eficácia da Aprendizagem Corporificada tem sido estudada em diferentes contextos educacionais. Lindgren et al. (2016) mostraram que interações corporificadas em ambientes de realidade mista aumentam o engajamento e favorecem a compreensão conceitual em disciplinas de *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM). De maneira complementar, Yu & Denham (2024) evidenciaram que atividades digitais baseadas em movimento promovem maior elaboração cognitiva, gerando ganhos mais consistentes em tarefas de aprendizagem complexas.

Gonçalves et al. (2021) abordam cenários enativos de ensino para crianças por meio da robótica e da tecnologia ubíqua. Esses cenários exploram dimensões ligadas à autonomia, ao acoplamento, à corporificação e ao social. Já Valente et al. (2021) e Caceffo et al. (2022) apresentam pesquisas com crianças que estudam o ensino por meio da enação e da corporificação no desenvolvimento do pensamento computacional, da colaboração e da articulação em atividades conjuntas.

Em contextos específicos de programação e computação, Walkington et al. (2024) demonstraram que experiências corporificadas mediadas por tecnologias interativas favorecem a construção de modelos mentais mais estáveis e transferíveis no ensino de álgebra e de ciência da computação. Além disso, Kontra et al. (2015) mostraram que experiências físicas durante o processo de aprendizagem intensificam a compreensão conceitual, especialmente em tarefas cognitivas de alta abstração.

Ao revisar especificamente o papel da interação corporal total no ensino de conceitos abstratos, Malinverni & Pares (2014) identificaram que representações visuais acopladas ao corpo podem facilitar a aprendizagem de conceitos matemáticos abstratos ao oferecer suporte perceptivo direto. Esses achados convergem para demonstrar o potencial da Aprendizagem Corporificada na mediação de conteúdos altamente abstratos, como é o caso dos conceitos fundamentais de POO, cuja corporificação constitui o foco central do EPLM.

2.3 Trabalhos Relacionados

A partir dos 11 trabalhos inicialmente selecionados na revisão da literatura apresentada por Catini Neto (2025), identificou-se que 5 estão diretamente alinhados ao objetivo principal deste artigo. Esta constatação evidencia uma primeira lacuna na literatura: a escassez de estudos que abordam especificamente a integração da Aprendizagem Corporificada no ensino de computação.

A Tabela 1 apresenta uma síntese das principais características de cada estudo, incluindo o público-alvo, o tema abordado na computação, a abordagem pedagógica e as tecnologias utilizadas.

Tabela 1: Comparação dos trabalhos relacionados e deste artigo.

Artigo	Público do estudo	Assunto na computação	Abordagem pedagógica para aplicar os conceitos de Aprendizagem Corporificada	Tecnologias
Chung & Hsiao (2019)	Ensino Médio e Ensino Superior	Pensamento Computacional e Programação	A abordagem pedagógica integra a aprendizagem baseada em problemas ao design visual em um ambiente virtual, visando aprimorar o pensamento computacional e o conhecimento de programação. Os alunos realizam tarefas, como a criação de esculturas 3D on-line, promovendo a aprendizagem incorporada por meio de exibições imersivas e do suporte remoto de colegas. Este método concentra-se na resolução de problemas de design visual por meio de programação, aumentando o envolvimento, a aquisição de conhecimento e a aprendizagem autodirigida.	A implementação envolveu o uso de tecnologias de Realidade Aumentada (RA) com sensores móveis para captar interações físicas, como gestos na tela e movimentos corporais, via acelerômetros e giroscópios, integrados em um aplicativo móvel chamado Ogmented.
Banic & Gamboa (2019)	Ensino Médio	Ciência da Computação e Programação	A abordagem pedagógica do trabalho utilizou conceitos de design visual em ambientes de aprendizagem virtuais imersivos e online, para os alunos pudessem explorar e manipular objetos em um espaço virtual tridimensional (3D), usando a linguagem de scripting Linden para programar a aparência e o comportamento dos objetos virtuais. Por ser online, os alunos puderam ter acesso a partir de suas casas, o que permitiu ocorrer troca de experiências entre os colegas e continuar a aprendizagem.	A implementação envolveu o uso de tecnologias de Ambiente Virtual Online, permitindo que os alunos criem e manipulem esculturas 3D em ambientes imersivos, com sistemas de exibição imersiva e suporte remoto de colegas.
Litts et al. (2019)	Ensino Fundamental	Ensino de Programação	A abordagem pedagógica deste artigo explora a aprendizagem incorporada por meio das lentes de crianças que criam seus próprios jogos de Realidade Mista. A abordagem permite que as crianças incorporem algoritmos computacionais, depurando-os e interagindo fisicamente com o ambiente do jogo. Elas se envolvem em um processo iterativo de depuração digital-para-físico-para-digital, aprimorando sua compreensão dos conceitos computacionais. Este processo criativo e prático facilita a compreensão e o envolvimento mais profundos com a tecnologia, incorporando a aprendizagem por meio da brincadeira e do design.	A implementação envolveu o uso de tecnologias de Realidade Mista (RM) para permitir que crianças projetem e depurem jogos, por meio de uma plataforma específica para desenvolvimento, usando <i>Global Positioning System</i> (GPS), iBeacons, RA e QR Code, em um aplicativo acessível somente em dispositivos iOS.
Resnyansky (2022)	Ensino Médio	Ensino de Programação	A abordagem pedagógica deste documento centra-se no uso de tecnologias de Realidade Aumentada e de Interface de Utilizador Tangível para apoiar a aprendizagem de linguagens de programação. O Ambiente de Aprendizagem de Programação de Realidade Aumentada Tangível visa integrar perspectivas educacionais e tecnológicas, promovendo uma aprendizagem ativa e incorporada por meio da interação natural com objetos 3D e informações aumentadas. Este ambiente melhora o aprendizado, permitindo que os alunos manipulem e interajam fisicamente com os elementos do código, o que promove uma compreensão mais profunda dos conceitos.	A implementação envolveu o uso de Realidade Aumentada e Interfaces de Usuário Tangíveis, que utilizam manipuladores físicos com rastreamento baseado em marcadores e visualização em RA, executados em dispositivos como o Microsoft HoloLens.
Pillat et al. (2012)	Ensino Médio	<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i> (STEM)	A abordagem pedagógica deste trabalho apresenta um sistema de Realidade Mista projetado para ensinar disciplinas STEM, com princípios de aprendizagem incorporados. O sistema suporta metáforas de corpo inteiro, permitindo que os alunos usem movimentos físicos para compreender conceitos complexos. O ambiente de Realidade Mista inclui elementos virtuais, áudio espacial e uma rede de sensores integrada para criar um espaço de aprendizagem imersivo, no qual o movimento e o posicionamento do corpo promovem a compreensão dos tópicos STEM.	A implementação envolveu o uso de um sistema que emprega uma combinação de elementos virtuais, áudio espacial e uma rede integrada de sensores, utilizando projeções em grande escala e a fusão de sensores, incluindo Kinect e scanners a laser, para rastrear os movimentos físicos dos usuários.

Artigo	Público do estudo	Assunto na computação	Abordagem pedagógica para aplicar os conceitos de Aprendizagem Corporificada	Tecnologias
<i>Este Trabalho – EPLM</i>	<i>Professores e Alunos do Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio</i>	<i>Programação Orientada a Objetos</i>	<i>Trata-se de um método de ensino que integra diferentes práticas, como atividades de encenação (role-playing), a manipulação de objetos físicos e a interação com sistemas digitais, incluindo um sistema de reconhecimento de imagens e outro de reconhecimento de movimentos.</i>	<i>A implementação combina diferentes tecnologias: Alice 3D para representação visual de conceitos, sistema de reconhecimento de imagem para herança, sistema de reconhecimento de movimento para polimorfismo, e objetos físicos (caixas preparadas que representam diferentes níveis de acesso) para encapsulamento, além de um sistema LMS personalizado para centralizar os recursos.</i>

A partir desta análise comparativa, pode-se identificar aspectos relacionados à aplicação da Aprendizagem Corporificada no ensino de computação, tais como:

- *Tecnologias Imersivas no Ensino*: Chung & Hsiao (2019) e Resnyansky (2022) concentram-se no uso de realidade aumentada, enquanto Banic & Gamboa (2019) investigam ambientes virtuais. Litts et al. (2019) expandem essa abordagem ao trabalharem com realidade mista, integrando elementos físicos e digitais. Embora estas abordagens apresentem resultados promissores, frequentemente demandam infraestrutura tecnológica sofisticada, o que pode limitar sua aplicação em contextos educacionais com recursos limitados.
- *Abordagens Interativas e Gamificação*: Outro aspecto identificado é a integração de elementos de jogos e de interatividade no processo de ensino. Pillat et al. (2012) apresentam como elementos de gamificação podem ser efetivamente aplicados no ensino de conceitos STEM, enquanto Litts et al. (2019) utilizam o design de jogos como ferramenta para ensinar algoritmos. Esta abordagem tem se mostrado particularmente eficaz no aumento do engajamento dos alunos, embora nem sempre mantenha foco específico nos conceitos fundamentais de POO.

Os trabalhos analisados também trouxeram contribuições de diferentes naturezas, tais como: *metodológicas*, onde Chung & Hsiao (2019) desenvolveram um framework para integração de gestos e *feedback* visual, enquanto Banic & Gamboa (2019) propuseram um método de design visual para ambientes virtuais; e, *tecnológicas*, onde Resnyansky (2022) apresentou um sistema para programação tangível, Litts et al. (2019) desenvolveram uma plataforma inovadora para design de jogos em realidade mista, enquanto Pillat et al. (2012) desenvolveram um sistema de realidade mista para ensino de STEM.

A análise da literatura revelou lacunas importantes que este trabalho busca preencher. Primeiramente, observa-se uma dependência de tecnologias de alto custo e infraestrutura sofisticada nos trabalhos analisados, por exemplo: Litts et al. (2019) utilizam dispositivos iOS exclusivos com GPS, iBeacons e Realidade Aumentada (RA); Resnyansky (2022) emprega Microsoft HoloLens para interfaces tangíveis; enquanto Pillat et al. (2012) necessitam de sistemas de projeção em grande escala, Kinect e scanners a laser. Embora tecnologicamente avançadas, essas soluções criam barreiras substanciais à adoção em instituições brasileiras com recursos limitados, especialmente em escolas técnicas e públicas.

Em segundo lugar, verifica-se que nenhum dos trabalhos relacionados aborda especificamente os conceitos fundamentais de POO. Os estudos concentram-se em pensamento computacional (Chung & Hsiao, 2019), programação de scripts em ambientes virtuais (Banic & Gamboa, 2019), ensino de algoritmos (Litts et al., 2019), ou conceitos STEM amplos (Pillat et al., 2012). Conceitos específicos de POO, como encapsulamento, herança e polimorfismo, não

recebem tratamento individualizado e corporificado, o que deixa uma lacuna no ensino deste paradigma.

Terceiro, observa-se, na maioria dos trabalhos analisados, a ausência de avaliações metodologicamente robustas, com grupos experimentais e de controle bem definidos, o que limita a mensuração objetiva da eficácia das intervenções propostas. Esta lacuna metodológica dificulta a validação científica dos benefícios da Aprendizagem Corporificada no contexto específico de ensino de programação.

No contexto nacional, pesquisadores têm investigado diversas abordagens ativas para o ensino de programação. Calderon et al. (2024) evidenciaram, em survey com 102 docentes, que metodologias ativas são amplamente adotadas, mas carecem de investigações específicas sobre POO. Já Santiago et al. (2023) avaliaram uma metodologia de aprendizagem baseada em projetos em disciplinas de computação. Enquanto Giacobbo (2023) relatou o uso de atividades lúdicas no ensino de POO em um curso técnico de informática.

Esses trabalhos reforçam o interesse crescente da comunidade brasileira de Informática na Educação ao apresentarem alternativas pedagógicas para o ensino de programação. Contudo, os trabalhos analisados não adotam a aprendizagem corporificada como fundamento central do ensino de POO, o que evidencia a contribuição do EPLM para a produção nacional da área.

O EPLM se distingue por preencher simultaneamente as lacunas supracitadas. Metodologicamente, estrutura-se com base no modelo ADDIE e incorpora uma avaliação comparativa entre os grupos experimental e controle, permitindo a verificação estatística de sua eficácia no ensino de POO. Tecnicamente, prioriza ferramentas acessíveis e de código aberto, como Alice 3D, Objetos Físicos Pedagógicos e Sistemas Baseados em Webcam, o que viabiliza sua adoção em contextos com infraestrutura limitada.

Pedagogicamente, o EPLM concentra-se exclusivamente nos seis conceitos fundamentais de POO, oferecendo estratégias corporificadas específicas e diferenciadas para cada um deles. Essa combinação de acessibilidade tecnológica, rigor metodológico e foco específico em POO posiciona o EPLM como uma contribuição relevante para o campo. Espera-se que o método proposto contribua para democratizar o acesso à Aprendizagem Corporificada no ensino de POO, especialmente em contextos educacionais diversos.

3 O Método EPLM

O método EPLM utiliza o modelo ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) para estruturar suas fases. A escolha deste modelo se justifica por sua flexibilidade e pela capacidade de estruturar sistematicamente o desenvolvimento de experiências educacionais, o que permite o equilíbrio entre a inovação pedagógica e o rigor metodológico. Assim, o EPLM foi projetado em cinco fases principais, alinhadas ao modelo ADDIE, conforme ilustrado na Figura 1.

Além disso, foi desenvolvido um LMS como ferramenta de apoio ao método. Ele utiliza uma extensão personalizada do WordPress com os *plugins* LearnDash e Tutor LMS. O LMS foi projetado para oferecer uma estrutura flexível, estendível, que permita organizar e entregar conteúdo, mantendo a integração com ferramentas interativas desenvolvidas neste trabalho. As ferramentas digitais utilizadas neste trabalho estão disponíveis para download e reuso na plataforma GitHub em <https://github.com/catini/eplm>.

Cada fase do EPLM (Figura 1) é descrita nas subseções a seguir, com detalhamento das atividades e das ferramentas utilizadas para atingir os objetivos do método.

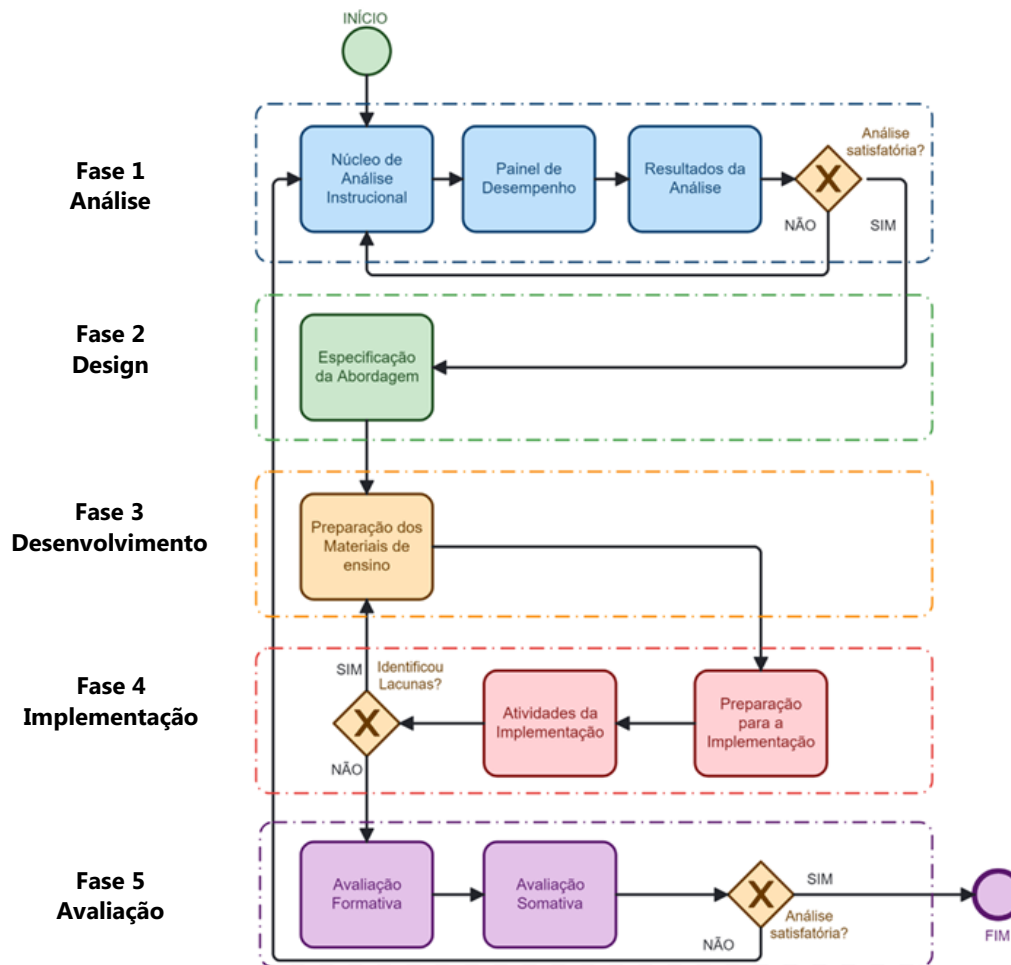


Figura 1: Visão geral do EPLM.

3.1 Fase 1 – Análise

A fase de análise integra importantes atividades de diagnóstico e levantamento de dados que subsidiam o design, a implementação e a avaliação do método EPLM, incluindo o *núcleo de análise instrucional*, o uso do *painel de desempenho* e a *avaliação dos resultados da análise*. O *núcleo de análise instrucional* inclui as seguintes ações:

- **Identificação de Necessidades de Aprendizagem:** Um questionário inicial (pré-teste) é aplicado a todos os alunos da sala para aferir o conhecimento prévio sobre POO, como classes, objetos, encapsulamento, herança e polimorfismo. Essa avaliação visa identificar lacunas no aprendizado e avaliar a necessidade de estudos prévios.
- **Definição dos Objetivos de Aprendizagem:** Com base nas lacunas identificadas, estabelece-se um conjunto de objetivos claros e mensuráveis para o método. Esses objetivos abrangem: (1) compreensão dos conceitos fundamentais de POO; (2) o desenvolvimento de habilidades práticas, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração; (3) a integração das atividades de Aprendizagem Corporificada para tornar o aprendizado mais significativo e tangível.
- **Análise do Público-Alvo:** A análise do público-alvo considera fatores como faixa etária (ex.: 15 a 18 anos), experiência prévia em programação (nível introdutório) e receptividade à metodologia proposta. Essa etapa é essencial para validar a adequação da turma e garantir que os alunos se beneficiem das atividades planejadas.

- **Análise de Recursos Disponíveis:** Um inventário detalhado dos recursos físicos e tecnológicos disponíveis é realizado, e deve abranger: (1) Computadores, incluindo a avaliação da capacidade técnica para rodar o software Alice 3D e o LMS EPLM; (2) Espaço físico, com a verificação de salas adequadas para atividades práticas e interativas, como as encenações de Aprendizagem Corporificada; Software e materiais didáticos, incluindo a checagem da versão do software Alice 3D e disponibilidade de materiais como guias, vídeos tutoriais e slides.

Já o uso do Painel de Desempenho, uma funcionalidade do LMS desenvolvida, desempenha papel importante nesta fase, ao centralizar os instrumentos de avaliação e permitir o acompanhamento em tempo real. Com duas áreas principais: a *Área de Coleta de Dados* incluiu o formulário de avaliação inicial (pré-teste) para aferir o nível de conhecimento prévio da turma, e a *Área de Avaliação* disponibilizou os questionários para medir o desempenho nos testes realizados após a aplicação do método.

Os dados obtidos nesta fase são então avaliados para servir de base ao planejamento das próximas etapas. Com isso, é possível confirmar se os alunos apresentavam lacunas significativas nos conceitos básicos de POO, validar a adequação do público-alvo à metodologia proposta e identificar os recursos disponíveis e realizar ajustes no planejamento para otimizar a implementação do método.

3.2 Fase 2 – Design

A fase de design transforma as informações coletadas na análise em um plano estruturado que orienta a implementação do método EPLM. Durante esta fase, realiza-se a especificação da abordagem (Figura 1), na qual se definem os objetivos de aprendizagem específicos, as estratégias pedagógicas e os materiais didáticos necessários para que os conceitos de POO sejam ensinados e aprendidos de maneira interativa, concreta e reflexiva.

O design do EPLM baseia-se nos resultados obtidos na Fase 1, considerando os desafios enfrentados pelos alunos na abstração de conceitos como classes, objetos, métodos, herança, polimorfismo e encapsulamento. Além disso, o *feedback* dos professores na etapa de validação deve ser incorporado, especialmente as sugestões que levam à inclusão de características no LMS e nos sistemas interativos, bem como à adoção da prática de polimorfismo.

A especificação da abordagem adotada no método EPLM visa garantir que as atividades pedagógicas planejadas conectem os conceitos fundamentais de POO, como encapsulamento, herança e polimorfismo, a representações tangíveis e digitais. Alinhado aos princípios da Aprendizagem Corporificada, o design enfatiza a importância de atividades que envolvam os alunos de forma prática e reflexiva, destacando-as. Assim, a especificação da conexão com os conceitos de POO prioriza estratégias que permitam vivenciar esses conceitos por meio de atividades como encenações, manipulação de objetos físicos e uso de sistemas interativos. Por exemplo:

- **Classes, objetos e métodos:** são explorados por meio da encenação (*Role-playing*) com Alice 3D, que une a arte da representação/encenação à tecnologia acessível, permitindo que os alunos vivenciem fisicamente os conceitos e os implementem no software. Além disso, os alunos trabalham em pares, o que potencializa ainda mais o aprendizado.
- **Encapsulamento:** é explorado por meio de ferramentas tangíveis, como caixas preparadas para representar os diferentes níveis de visibilidade.
- **Herança:** é trabalhada com o auxílio de um sistema de reconhecimento de imagens, o que permite a aplicação prática do conceito em uma experiência visual e interativa.

- Polimorfismo: é abordado por meio de um sistema de reconhecimento de movimentos, que integra aspectos físicos e computacionais para ilustrar a adaptação de métodos a diferentes classes.

Já as atividades interativas são planejadas para incluir tanto ferramentas tangíveis quanto tecnológicas, garantindo que os alunos explorem os conceitos de POO de diferentes maneiras. O design da abordagem prioriza o engajamento, a criatividade e a reflexão dos alunos sobre as atividades realizadas. Isso inclui a integração de elementos corporificados, como encenações e manipulações físicas, às ferramentas tecnológicas, como o software Alice 3D e os sistemas interativos hospedados no LMS.

Além do planejamento das atividades, definem-se as formas de avaliação a serem utilizadas para medir a eficácia do método. A avaliação é concebida para incluir o *feedback* dos alunos sobre as atividades realizadas, a medição da retenção dos conceitos por meio de testes específicos e a coleta de dados qualitativos e quantitativos para ajustar as atividades, se necessário.

3.3 Fase 3 – Desenvolvimento

Nesta fase, baseada no modelo ADDIE, preparam-se os materiais de ensino (Figura 1) planejados nas etapas anteriores (Figura 1). Isso inclui tanto os materiais físicos quanto os sistemas interativos.

Os materiais de ensino devem ser projetados para apoiar as atividades pedagógicas e facilitar a compreensão dos conceitos de POO. Com base nos objetivos definidos nas fases de análise e de design, por exemplo, podem ser necessários slides e planos de aula que apresentem conteúdos introdutórios e explicações detalhadas dos conceitos de POO. Esses materiais servem como base teórica para as atividades práticas e interativas e incluem vídeos, tutoriais sobre o uso do Alice 3D, descrições de atividades práticas, guias sobre Aprendizagem Corporificada, bem como formulários de feedback, exercícios e avaliações.

Além disso, sistemas interativos devem ser utilizados, adaptados ou desenvolvidos nesta etapa. Um conjunto previamente desenvolvido está disponível na plataforma GitHub: <https://github.com/catini/eplm>. Esses sistemas incluem:

- *Aplicativo de Reconhecimento de Imagens (Herança)*: Permite que os alunos relacionem conceitos de herança a objetos físicos e digitais, auxiliando na abstração e na compreensão prática desses conceitos.
- *Aplicativo de Reconhecimento de Movimento (Polimorfismo)*: Desenvolvido para representar a flexibilidade do polimorfismo, conectando movimentos físicos a ações programáticas.
- *LMS EPLM*: Além de centralizar os materiais de ensino e as avaliações, o LMS hospeda os sistemas interativos, tornando-os acessíveis aos alunos (Figura 3).

Todos os sistemas foram desenvolvidos especificamente para o EPLM, utilizando tecnologias de baixo custo e de código aberto, com o propósito exclusivo de apoiar as atividades do EPLM. A Figura 2 apresenta a arquitetura do Sistema EPLM, ilustrando a integração entre o LMS, a interface do usuário, os módulos de conteúdo e os módulos interativos. A Figura 3 apresenta a tela principal do LMS EPLM.

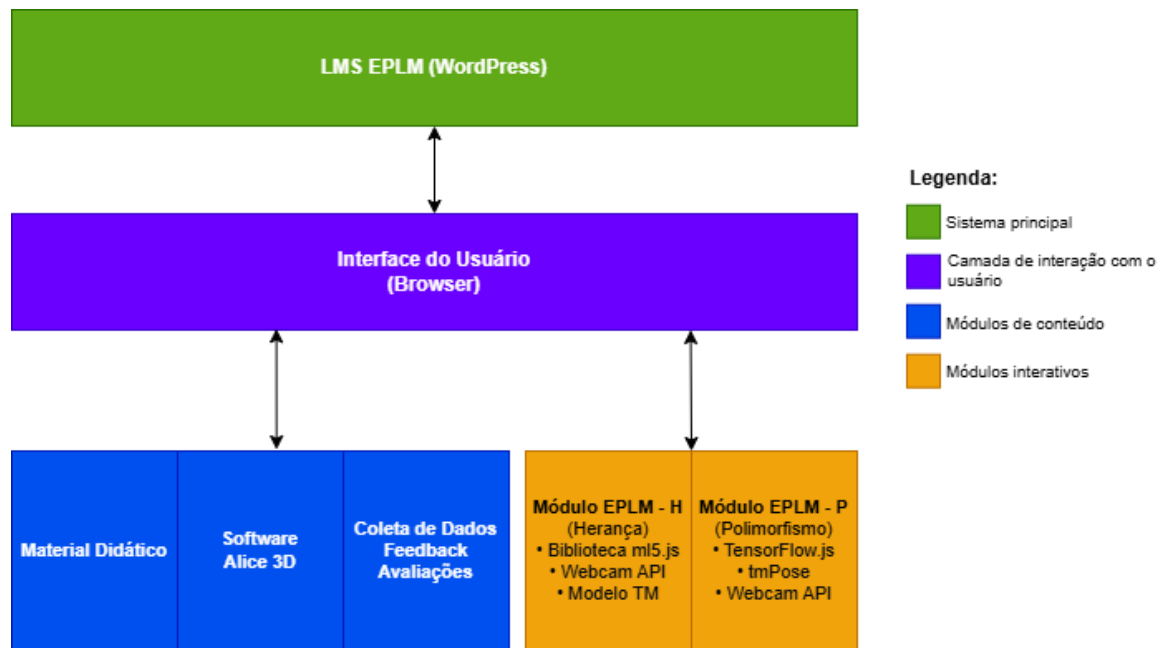


Figura 2: Arquitetura do Sistema EPLM.

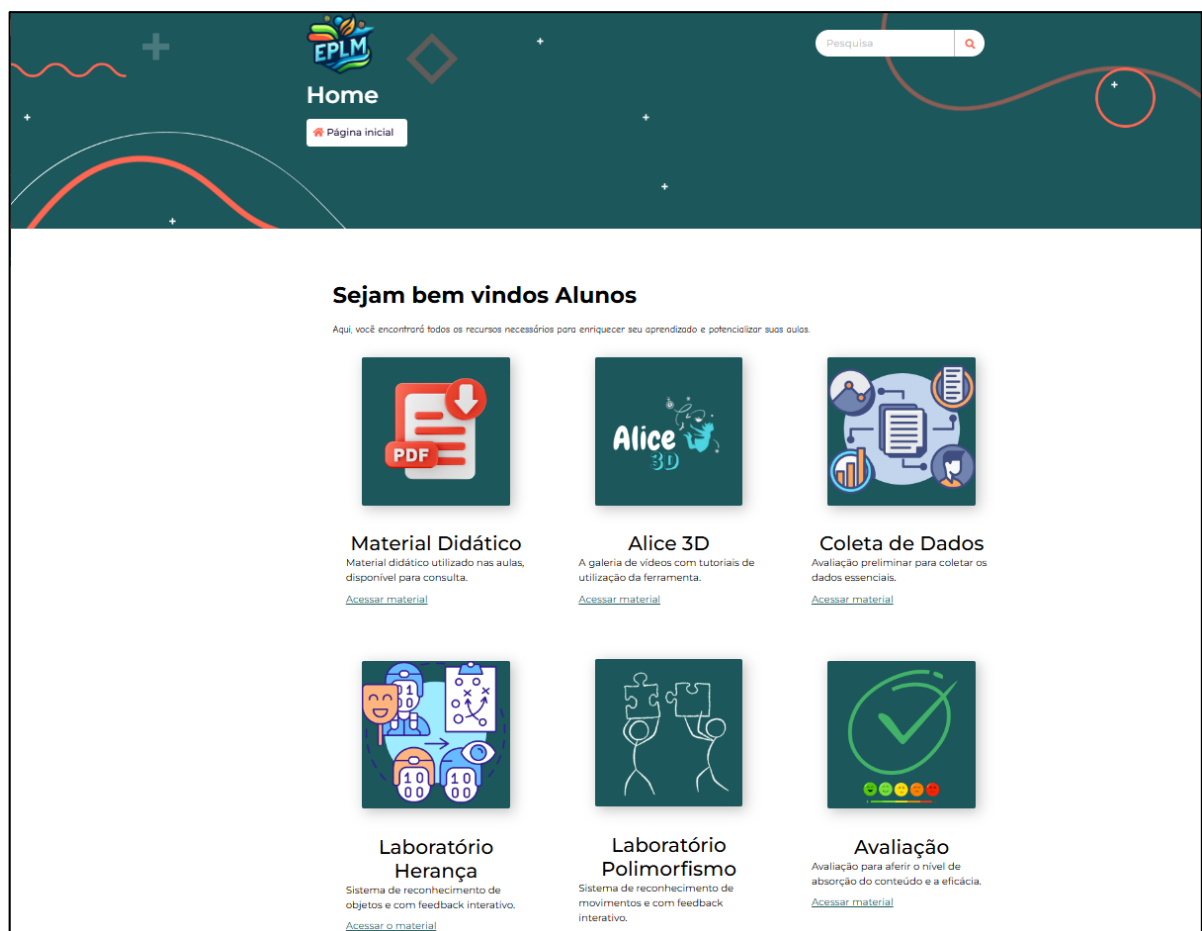


Figura 3: Tela principal do Sistema EPLM (LMS).

3.4 Fase 4 – Implementação

A fase de implementação é o momento em que o EPLM é colocado em prática, permitindo que os alunos interajam com os conceitos de POO em um ambiente de aprendizado, tanto no formato tangível quanto no digital. Para tanto, inclui a *preparação para a implementação* e as *atividades da implementação* (Figura 1).

Durante esta fase, o professor monitora a execução das atividades para identificar possíveis lacunas na aprendizagem, dificuldades técnicas ou necessidades de ajustes no material. Caso sejam identificadas, retorna-se à preparação para os devidos ajustes; caso contrário, prossegue-se com as atividades planejadas.

A implementação deve ocorrer preferencialmente nas aulas regulares das disciplinas de POO. As atividades a serem realizadas pelos alunos incluem:

- *Encenação e Representação no Alice 3D:* Alunos, em duplas, participam de atividades práticas para representar conceitos de classes, objetos e métodos. Enquanto um aluno encena o conceito por meio de gestos e movimentos, o outro utiliza o software Alice 3D para transferir essas representações para o ambiente digital.
- *Uso de Ferramentas Tangíveis:* Para o conceito de encapsulamento, por exemplo, caixas de papelão podem ser utilizadas como recurso. Diferentes configurações das caixas representavam níveis de acesso: aberta (+), fechada (#) e trancada (-). O aplicativo de reconhecimento de imagens pode ser empregado para ilustrar herança, e o aplicativo de reconhecimento de movimento pode ser usado para polimorfismo. Esses aplicativos estão integrados ao LMS para facilitar o acesso e a utilização.
- *Exercícios e Avaliações:* Durante e após as atividades, os alunos respondem a questionários formativos, o que auxilia no monitoramento do aprendizado e na adaptação das práticas em tempo real.
- *Feedback e Engajamento:* O *feedback* dos alunos é coletado após cada sessão por meio de questionários no LMS, o que permite ajustes imediatos na metodologia e na execução das atividades.

3.5 Fase 5 – Avaliação

Essa etapa envolve tanto a coleta de dados quantitativos quanto a qualitativa, utilizando instrumentos e critérios previamente definidos. A fase de avaliação é estruturada em dois grupos principais de atividades: a *avaliação formativa* e a *avaliação somativa* (Figura 1).

Com base nas avaliações formativas e somativas, realiza-se uma análise para determinar se os resultados são satisfatórios. São considerados critérios a compreensão efetiva dos conceitos de POO, o alcance dos objetivos de aprendizagem previamente definidos e as atividades realizadas. Caso os resultados não sejam satisfatórios, retorna-se à etapa de análise para revisá-los.

A avaliação formativa é realizada em paralelo à implementação. Ela busca acompanhar continuamente o progresso dos alunos em determinadas etapas do método. Questionários devem fornecer *feedback* imediato ao professor, permitindo ajustes em tempo real nas estratégias de ensino. Exemplos de instrumentos a serem utilizados incluem questionários de autoavaliação aplicados para verificar a compreensão dos conceitos trabalhados em cada aula temática e *feedback* qualitativo recolhido por meio de comentários abertos nos questionários, com ênfase na experiência dos alunos nas atividades realizadas com o método EPLM.

A avaliação somativa deve ser realizada ao final do ciclo de implementação, para medir os resultados gerais dos alunos. Instrumentos sugeridos para avaliação somativa incluem uma prova final, aplicada para avaliar a absorção dos conceitos de POO; um questionário de satisfação que

aborda aspectos como facilidade de aprendizado, engajamento e utilidade das atividades realizadas; e uma avaliação de desempenho em atividades práticas.

4 Aplicação do Método EPLM

Esta seção descreve a aplicação prática do EPLM na disciplina de Sistemas Web I, destinada a alunos do curso Profissional de Técnico em Informática para Internet da Etec Pedro Ferreira Alves. O método foi avaliado em condições reais de ensino, com o objetivo de verificar seu uso e compará-lo ao grupo de controle, abordando temas como classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo. A subseção 4.1 apresenta o contexto de aplicação, os participantes e as questões éticas envolvidas, enquanto a subseção 4.2 sintetiza a execução das atividades.

4.1 Contexto, Participantes e Questões Éticas

Os participantes pertenciam originalmente a duas turmas distintas da disciplina Sistemas Web I do curso Técnico em Informática para Internet. Para fins deste estudo, optou-se por utilizar a estrutura organizacional já existente na instituição, designando a *Turma A* como Grupo Experimental (GE, $n = 20$) e a *Turma B* como Grupo Controle (GC, $n = 19$). A designação não pode ocorrer por sorteio, uma vez que a redistribuição dos alunos entre as turmas não era viável do ponto de vista acadêmico e administrativo.

Mesmo com perfis semelhantes, buscou-se garantir a comparabilidade entre os grupos por meio da aplicação de um pré-teste diagnóstico sobre conceitos de POO antes da intervenção. Os resultados desse pré-teste indicaram níveis de desempenho semelhantes entre as turmas, evidenciando condições iniciais comparáveis para a execução do estudo.

Ambas as turmas cursavam o mesmo período letivo, possuíam carga horária idêntica e eram ministradas pelo mesmo professor, o que assegurou condições pedagógicas semelhantes entre os grupos, exceto quanto à metodologia de ensino aplicada ao GE. A seguir, são descritos as turmas, o local, a duração e os materiais:

- *Turma A (20 Participantes) - GE*: Participou das atividades baseadas no EPLM.
- *Turma B (19 Participantes) - GC*: Recebeu somente as aulas com metodologias tradicionais, sem as atividades de Aprendizagem Corporificada. Houve a desistência de um aluno.
- *Local*: Laboratório de informática da Etec Pedro Ferreira Alves, com 1 computador por aluno, incluindo câmeras.
- *Duração e Dinâmica*: Foram realizados 5 encontros, cada um com 2 aulas de 50 minutos, totalizando 500 minutos por grupo. No primeiro encontro, os conceitos de classes e objetos foram trabalhados conjuntamente, dada a estreita relação conceitual entre eles; os encontros seguintes abordaram, respectivamente, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo.
- *Materiais Utilizados*: Slides, vídeos tutoriais, sistemas interativos, caixas tangíveis e o software Alice 3D.

A Tabela 2 apresenta os encontros (2 aulas) em laboratório com os respectivos conceitos de POO abordados, as atividades realizadas e as ferramentas utilizadas.

Tabela 2: Atividades, conceitos e ferramentas utilizadas.

Encontro	Conceito de POO	Atividade Realizada	Ferramenta Utilizada
1	Classes e Objetos	Encenação e implementação no Alice 3D	Alice 3D
2	Métodos	Exercícios interativos com foco em comportamento dos objetos	Alice 3D
3	Encapsulamento	Utilização de ferramentas tangíveis, como caixas, cadeados e outros objetos.	Ferramenta Tangível (Caixas, cadeado e objetos)
4	Herança	Hierarquia de classes com sistema de reconhecimento de imagem	Sistema de Reconhecimento de Imagem
5	Polimorfismo	Simulação de diferentes comportamentos com reconhecimento de movimento	Sistema de Reconhecimento de Movimento

A pesquisa foi analisada e autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES - UMC/SP, sob o CAAE 84889424.6.0000.5497, parecer n.º 7.344.744, atendendo a todos os requisitos éticos necessários para estudos envolvendo seres humanos. Destaca-se, ainda, que a pesquisa foi autorizada pela instituição onde foi realizada.

Fotos autorizadas foram tiradas durante as aulas para capturar os momentos de encenação, o uso dos sistemas interativos e as atividades com as ferramentas tangíveis. Embora as fotos tenham sido autorizadas para a divulgação científica, os rostos foram desfocados. Essas evidências serão utilizadas para complementar os resultados e validar a aplicação do método. A próxima subseção detalha a execução das atividades, visando ilustrar ao leitor a sua realização.

4.2 Execução das Atividades

As aulas foram realizadas com o apoio do LMS (Figura 3), que ajuda a estruturar o material didático, os tutoriais do Alice 3D, as áreas de coleta de dados e os laboratórios interativos de herança e polimorfismo. As aulas foram estruturadas para combinar momentos teóricos e práticos. Inicialmente, cada conceito foi apresentado por meio de slides e de discussões guiadas. Em seguida, os alunos participaram das atividades práticas, que incluíram:

- *Encenação e Representação Física:* Os alunos, em pares, utilizaram o corpo para representar os conceitos de classes, objetos e métodos. Por exemplo, considerando a classe "Veículo", um aluno se posiciona como um modelo físico que representa as características e comportamentos comuns a qualquer veículo (como capacidade de movimento e direção), enquanto seu par identifica e implementa esses elementos no Alice 3D, criando a classe correspondente. Em seguida, o primeiro aluno "instancia" um carro específico daquela classe, demonstrando características próprias como cor e modelo. Por fim, o aluno executa ações específicas, como "acelerar", "frear" ou "virar", que são então traduzidas pelo seu parceiro em métodos de implementação no Alice 3D, fazendo com que o veículo virtual execute as mesmas ações. Esta sequência permite que os alunos visualizem e compreendam como uma classe define um tipo (Veículo), como objetos são instâncias específicas dessa classe (um carro particular), e como os métodos descrevem seus comportamentos (acelerar, frear, virar).
- *Atividades Tangíveis:* Para encapsulamento, caixas foram utilizadas para ilustrar os níveis de visibilidade: caixas abertas representavam atributos públicos, caixas fechadas simbolizavam atributos protegidos e caixas com cadeados indicavam atributos privados.
- *Laboratórios Interativos:* Os conceitos de herança e polimorfismo foram explorados por meio de sistemas interativos desenvolvidos especificamente para este projeto. Os

alunos interagem com o sistema de reconhecimento de imagem para herança e com o sistema de reconhecimento de movimento para polimorfismo, conectando atividades práticas ao aprendizado digital.

Na Figura 4a, observa-se uma aluna realizando uma atividade de Aprendizagem Corporificada por meio da encenação (*role-playing*); a estudante representa uma classe, enquanto outro colega a traduz no software Alice 3D. A Figura 4b mostra a tela do Alice 3D com a implementação resultante, na qual os conceitos abstratos são visualizados em um ambiente 3D interativo. Esta sequência ilustra o ciclo completo planejado para esta atividade de Aprendizagem Corporificada, na qual o movimento físico (encenação) é traduzido em uma implementação digital concreta, permitindo que os alunos visualizem a conexão direta entre seus gestos e os conceitos de POO.

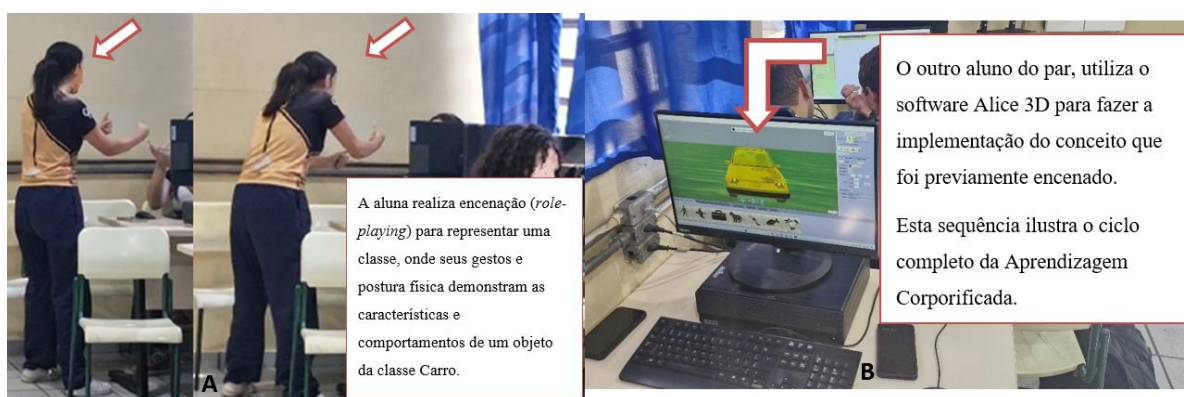


Figura 4: Aluna realiza encenação (a), enquanto outro aluno implementa o conceito (b).

A Figura 5a apresenta um aluno, durante uma atividade de Aprendizagem Corporificada, executando gestos que representam métodos de uma classe, evidenciando a tradução de conceitos abstratos em ações físicas concretas. A Figura 5b exibe a tela do computador em que o outro aluno está implementando os métodos digitalmente, executando o Alice 3D. Pode-se observar o ambiente de desenvolvimento, com sua estrutura de código à esquerda e um cenário 3D à direita, onde os métodos podem ser testados e visualizados em execução, completando, assim, o ciclo de aprendizagem que vai do físico ao digital.

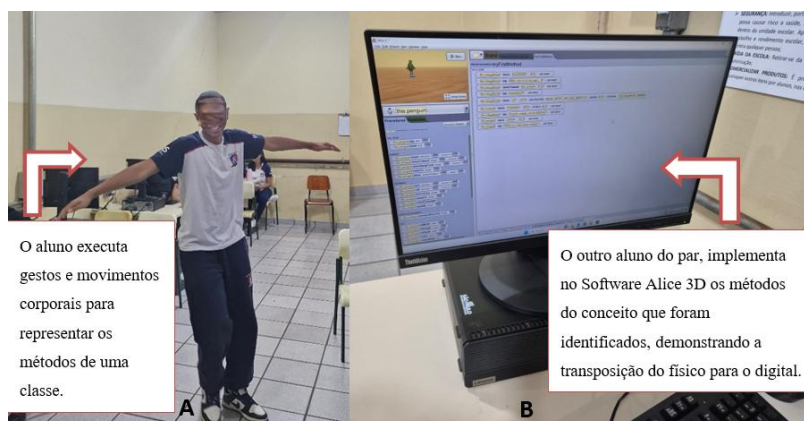


Figura 5: Par de alunos durante Atividade Corporificada: (a) executando gestos e (b) implementação digital.

A Figura 6 ilustra caixas, exemplos de objetos tangíveis, preparadas que representam diferentes níveis de visibilidade em POO: caixas com tampa aberta para atributos públicos (+), caixas com tampa fechada para atributos protegidos (#) e caixas com cadeado para atributos privados (-).



Figura 6: Exemplo de ferramentas tangíveis: caixas preparadas para a aula.

A Figura 7 mostra um aluno utilizando o módulo de herança do sistema EPLM. A interface exibe um exemplo prático do conceito de herança, usando a classe Moto, que herda características da classe Veículo. Quando uma imagem válida é detectada, o sistema fornece *feedback* por meio de um alerta visual verde que pisca três vezes e emite um sinal sonoro (bipe), tornando a interação mais dinâmica. O sistema então apresenta, de forma visual e interativa, como a classe filha (Moto) herda atributos e métodos da classe pai (Veículo), além de possuir características próprias que a tornam única. Esta combinação de elementos visuais, sonoros e textuais torna o conceito abstrato de herança mais tangível para os alunos.



Figura 7: Aluno interagindo com o sistema Modulo Herança.

A Figura 8a apresenta a aplicação do conceito de polimorfismo em um sistema de reconhecimento de movimento. Nessa atividade, a aluna realiza diferentes gestos, interpretados pelo sistema como implementações de métodos (Figura 8b), ilustrando, de forma física, o conceito de polimorfismo. Os alunos executam movimentos específicos e o sistema responde a diferentes gestos; por fim, o resultado é discutido de maneira colaborativa, de modo a deixar clara a integração entre o movimento físico e o conceito abstrato.

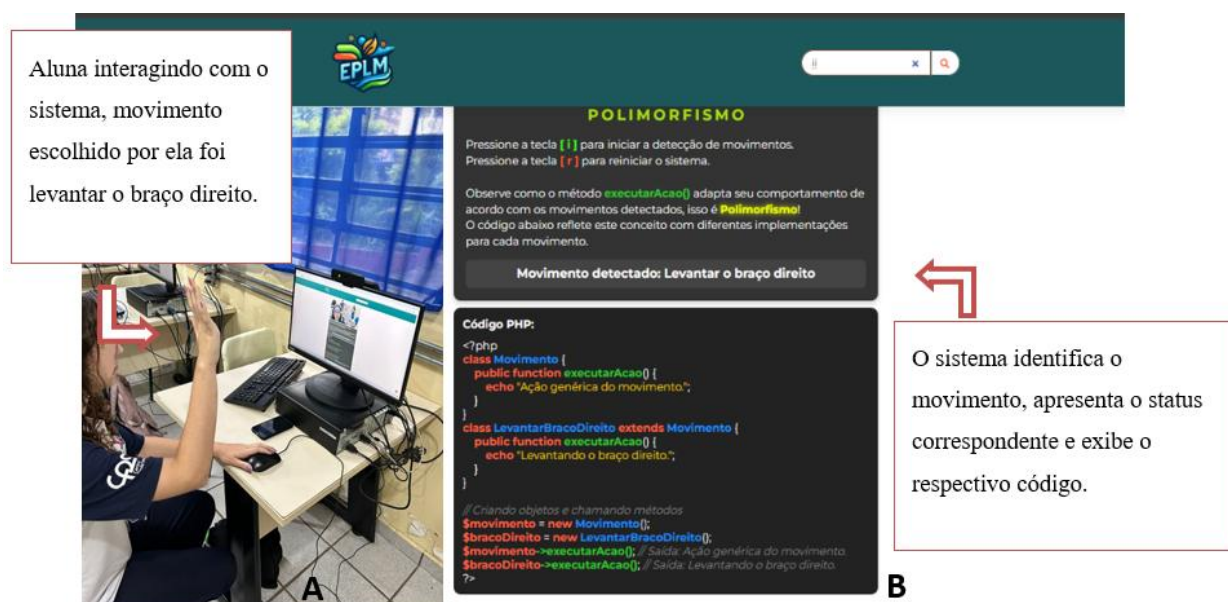


Figura 8: Aluna interagindo com o Modulo Polimorfismo (A) e o sistema exibe o respectivo código (B).

5 Resultados, Análise e Discussão

A avaliação do EPLM foi realizada para medir sua eficácia no ensino de POO. Para isso, foram utilizados instrumentos de análise quantitativos e qualitativos, como questionários de *feedback*, avaliações dos conceitos trabalhados e observações realizadas durante as aulas.

A subseção 5.1 apresenta os resultados sobre o engajamento e a receptividade ao método, bem como a eficácia na compreensão dos conceitos, na aplicação prática e na retenção. Já a subseção 5.2 apresenta resultados quantitativos sobre o desempenho dos alunos nos testes finais. A subseção 5.3 discute os resultados, os desafios e as perspectivas futuras. A subseção 5.4 discute as limitações e as ameaças à validade, bem como as respectivas estratégias para mitigá-las.

5.1 Resultados sobre engajamento, receptividade, compreensão, aplicação e retenção

A Figura 9a apresenta o percentual de alunos que consideraram positiva a experiência com aulas baseadas na Aprendizagem Corporificada. A totalidade dos participantes (100%) avaliou a metodologia como agradável, com 85% concordando fortemente e 15% concordando que a abordagem foi envolvente e motivadora. A Figura 9b apresenta o percentual de alunos que recomendaram o uso da Aprendizagem Corporificada em outras aulas de POO ou em disciplinas semelhantes. A maioria dos participantes (95%) avaliou positivamente a metodologia, com 80% concordando fortemente e 15% concordando que o método é aplicável e eficaz em outros contextos educacionais.

Quanto ao interesse em ampliar o uso do método, a Figura 9c mostra que a maioria dos participantes (95%) manifestou o desejo de que a abordagem de Aprendizagem Corporificada fosse incorporada a mais aulas de POO. Dentre eles, 85% concordaram fortemente e 10% concordaram com a aplicação frequente da metodologia, destacando seu impacto positivo no engajamento e no aprendizado. Conforme a Figura 9d, aproximadamente 85% dos alunos afirmaram que as aulas com a metodologia de Aprendizagem Corporificada chamaram sua atenção para o estudo de POO, sendo que 40% concordaram fortemente e 45% concordaram com a afirmação. Esses dados reforçam o impacto positivo da abordagem no engajamento dos estudantes, destacando sua eficácia em tornar os conceitos de POO mais atrativos e envolventes. Essa percepção foi reforçada em depoimentos como: *"Gostei de aprender POO dessa forma. Não parecia uma aula comum, foi mais divertido e eu consegui entender melhor."* (Aluno da Turma A).

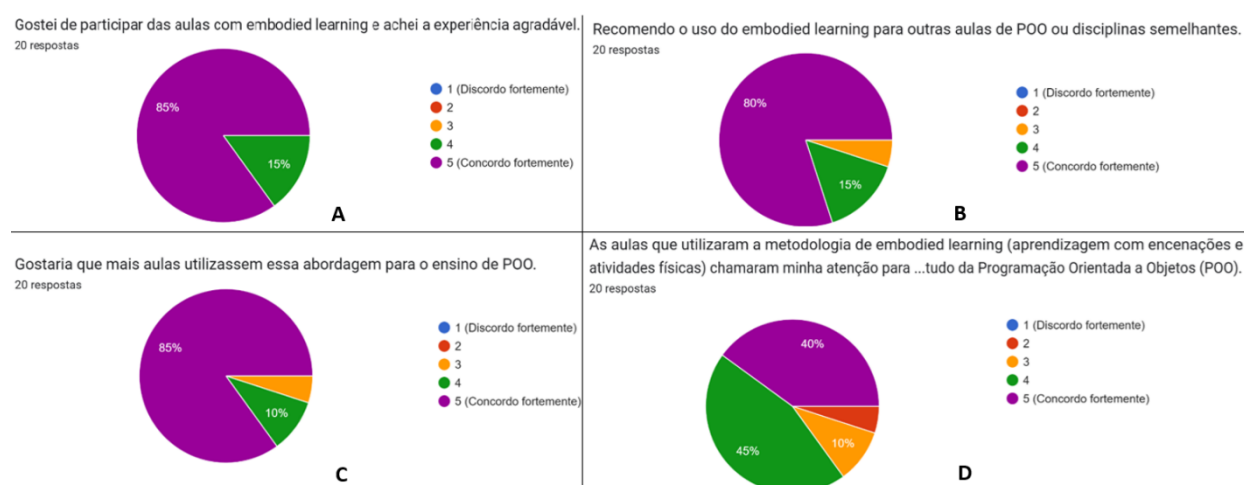


Figura 9: Percepção dos alunos sobre a agradabilidade da experiência (A), recomendação (B), uso em mais aulas (C) e se chamou a atenção para o estudo de POO (D).

Conforme a Figura 10a, a maioria dos participantes (95%) relatou que as atividades práticas de encenação, como representar classes e objetos em dupla, ajudaram a compreender e visualizar os conceitos de POO. Dentre os respondentes, 40% concordaram fortemente (5) e 55% concordaram (4) com essa afirmação. Conforme a Figura 10b, os resultados mostram que 95% dos alunos consideraram claras e bem explicadas as atividades práticas utilizadas nas aulas de EPLM, evidenciando a eficácia da metodologia na apresentação e na aplicação dos conceitos.

Quanto à percepção da metodologia, conforme a Figura 10c, 80% dos alunos a avaliaram como clara e intuitiva. Desses, 45% concordaram (4) e 35% concordaram fortemente (5) que o método facilitou a compreensão dos conceitos de POO, reforçando a eficácia da abordagem no ensino de conceitos abstratos. A Figura 10d ilustra que 80% dos alunos consideraram as atividades práticas envolvendo objetos físicos eficazes para consolidar seu entendimento sobre o encapsulamento, com 50% concordando fortemente e 30% concordando.

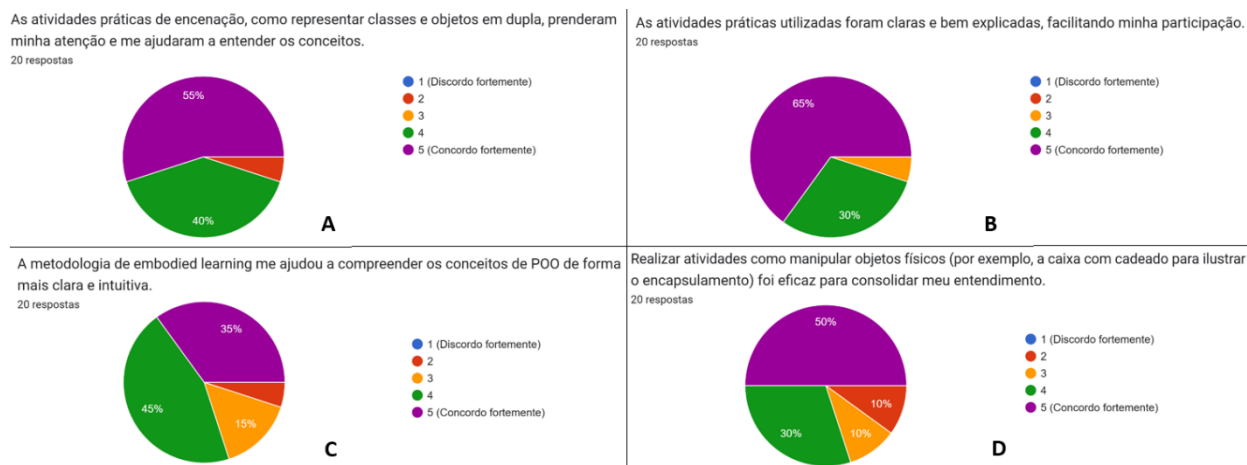


Figura 10: Percepção dos alunos sobre a eficácia das atividades práticas de encenação em duplas (A), a clareza das instruções das atividades (B), a compreensão de forma clara e intuitiva (C) e a eficácia da manipulação de objetos físicos no aprendizado (D).

Um aluno ainda destacou a eficácia da abordagem tangível: *"Usar a caixa com cadeado para entender o encapsulamento foi muito bom. Eu lembro disso sempre que preciso explicar."* (Aluno da Turma A).

A Figura 11a mostra que 80% dos alunos consideraram as atividades práticas da Aprendizagem Corporificada úteis para recordar os conceitos de POO em outras situações de programação, com 10% concordando fortemente e 70% concordando. A Figura 11b mostra que 80% dos alunos relataram que as atividades práticas ajudaram a conectar os conceitos de POO a situações práticas e concretas, com 45% concordando fortemente e 45% concordando.

Quanto à compreensão de conceitos específicos, a Figura 11c mostra que 90% dos alunos relataram que as atividades práticas contribuíram significativamente para a compreensão do conceito de herança, dos quais 60% concordaram fortemente e 30% concordaram. Por fim, a Figura 10d mostra que 90% dos alunos relataram uma melhor compreensão do conceito de polimorfismo devido às atividades práticas, com 40% concordando fortemente e 50% concordando. Essa percepção foi reforçada por comentários como: *"A atividade de reconhecimento de movimento para polimorfismo foi muito interessante. Ficou claro como isso funciona no código."* (Aluno da Turma A).

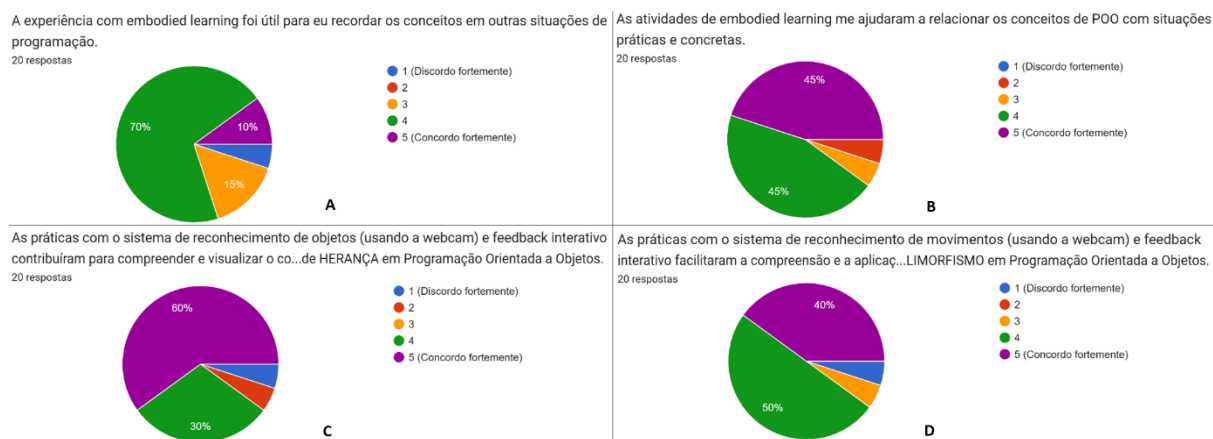


Figura 11: Percepção dos alunos sobre a utilidade da experiência em outros contextos de programação (A), relação entre POO e situações práticas (B), eficácia na compreensão de herança (C) e na compreensão de polimorfismo (D).

5.2 Resultados de desempenho em testes

A avaliação quantitativa evidenciou o impacto do EPLM no ensino de conceitos fundamentais de POO. Os dados coletados permitiram uma análise comparativa entre o GE (Turma A) e o GC (Turma B).

A Figura 12a apresenta o desempenho comparativo entre as turmas no conceito de Classes e Objetos. Os resultados mostram uma diferença expressiva: a Turma A (grupo experimental) alcançou 90% de aproveitamento, enquanto a Turma B (grupo controle) atingiu 65%, o que representa uma diferença de 25 pontos percentuais. Este resultado sugere que as atividades práticas de Aprendizagem Corporificada, especialmente o trabalho em pares e as encenações em dupla com o Alice 3D, foram particularmente eficazes para a compreensão deste conceito fundamental.

A Figura 12b apresenta o desempenho das turmas na compreensão do conceito de método. A análise revela que a Turma A obteve 85% de aproveitamento, superando significativamente a Turma B, que alcançou 63%, o que representa uma diferença de 22 pontos percentuais. Esta diferença considerável indica que a abordagem prática do EPLM, na qual os alunos puderam encenar e implementar métodos no Alice 3D, contribuiu substancialmente para uma melhor assimilação desse conceito.

A Figura 12c apresenta os resultados comparativos no contexto do conceito de encapsulamento. A Turma A apresentou aproveitamento de 87%, em contraste com 66% da Turma B, o que representa uma diferença de 21 pontos percentuais. O uso de ferramentas tangíveis, como caixas e cadeados, que representam diferentes níveis de acesso, mostrou-se uma estratégia eficaz para tornar este conceito abstrato mais concreto e compreensível para os alunos do grupo experimental.

A Figura 12d apresenta os resultados relativos ao conceito de herança. A Turma A alcançou 84% de aproveitamento, enquanto a Turma B atingiu 61%, o que evidencia uma diferença de 23 pontos percentuais. O sistema de reconhecimento de imagens desenvolvido especificamente para este conceito mostrou-se uma ferramenta promissora para a sua compreensão, mesmo sendo um dos conceitos mais complexos de POO.

A Figura 12e apresenta os resultados do conceito de polimorfismo, normalmente um dos mais desafiadores em POO. A Turma A obteve 80% de aproveitamento, em comparação com 58% da Turma B, o que representa uma diferença de 22 pontos percentuais. O sistema de reconhecimento de movimentos, que permitiu que os alunos experimentassem fisicamente diferentes implementações de um mesmo método, mostrou-se uma abordagem eficaz para tornar o conceito abstrato mais tangível e compreensível.

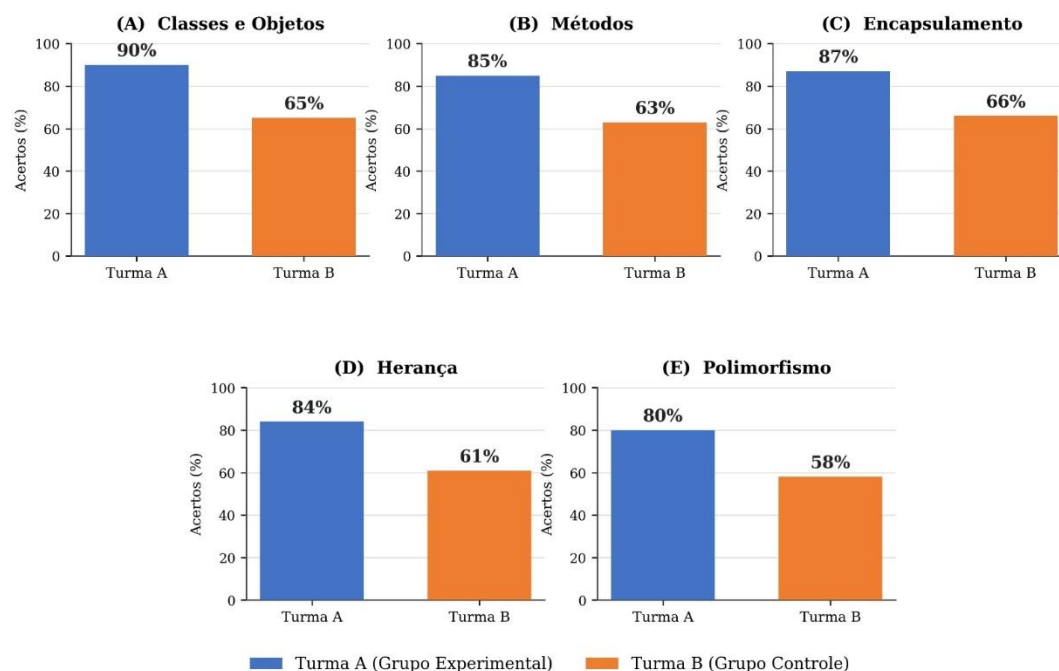


Figura 12: Médias de acertos por turma para cada conceito.

A média final de cada aluno foi calculada como a média dos desempenhos em todos os conceitos. A Figura 13 apresenta o Box Plot dos alunos dos dois grupos. Para a análise estatística apresentada na Figura 13, optou-se por igualar o número de participantes entre os grupos (embora as amostras não sejam pareadas). Considerando que o GE inicialmente possuía 20 alunos, enquanto o GC contava com 19 (devido a uma desistência durante o curso), um aluno do GE foi excluído desta análise específica. Para tanto, foi removido o participante cuja nota correspondia à mediana do grupo, minimizando, assim, o impacto na análise dos dados.

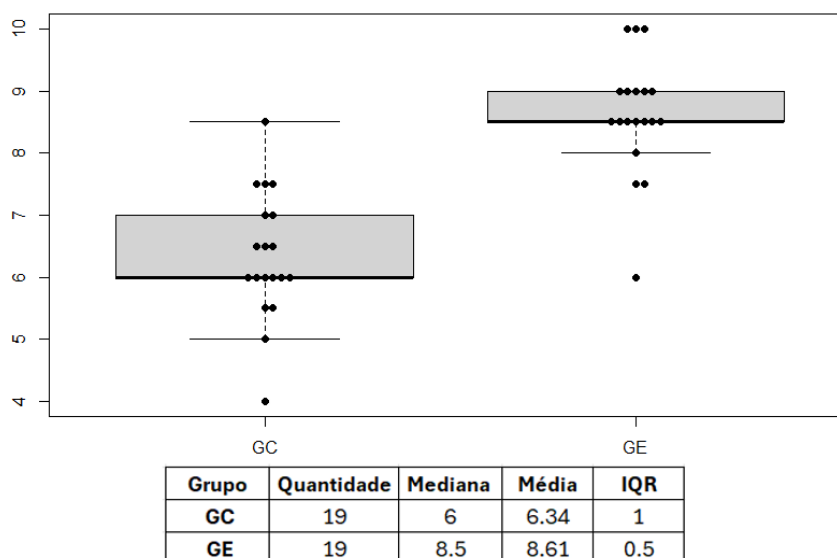


Figura 13: Box Plot e estatística por grupo das médias finais dos alunos.

A Figura 13 também apresenta as estatísticas por grupo, com a respectiva mediana, média e intervalo interquartil (IQR). Observa-se também que a maior nota obtida na Turma A (grupo experimental) foi de 10, enquanto na Turma B (grupo controle) foi de 8,5. A menor nota registrada na Turma A foi de 6, em contraste com 4 na Turma B.

Foi realizado o teste de Shapiro–Wilk para avaliar a normalidade das amostras; embora o GC esteja normalmente distribuído (p -value de 0,6177), o GE não apresenta distribuição normal (p -value de 0,02756), sugerindo o uso de um teste não paramétrico. Assim, para testar a significância em relação às notas do GE e do GC, e em função das características da amostra, foi utilizado o Teste U de Mann-Whitney. Este é um teste não paramétrico que serve para testar hipóteses sobre duas amostras independentes. O Teste U de Mann-Whitney é particularmente útil em situações com amostras menores.

O nível de significância adotado de 0,01 (ou seja, 99% de confiança) foi adotado para as seguintes hipóteses: H_0 : não há diferença de pontuação entre os participantes dos GC e GE; H_A há diferença de pontuação entre os participantes dos GC e GE. O valor obtido para o p -value foi $2.719e-06$. Portanto, rejeita-se a hipótese nula H_0 e conclui-se que há diferença na pontuação entre os GC e os GE. Resultado, assim, em uma diferença significativa no desempenho dos grupos ao considerar a população estudada (38 alunos: 19 do GE e 19 do GC).

5.3 Análise e Discussão

Os resultados observados nas subseções 5.1 e 5.2 sugerem que o EPLM desempenhou um papel positivo na articulação entre os conceitos teóricos de POO e sua aplicação prática. A abordagem de Aprendizagem Corporificada mostrou bom potencial para promover a retenção e a aplicação dos conhecimentos adquiridos, com a maioria dos alunos relatando compreensão significativa e maior confiança ao trabalhar com conceitos como herança e polimorfismo. Além disso, segundo a percepção dos alunos, as atividades práticas com o EPLM facilitaram a conexão entre os conceitos de POO e objetos tangíveis, bem como entre movimentos executados.

Os resultados da avaliação do desempenho dos alunos nos testes (subseção 5.2) sugerem que o EPLM não apenas facilitou a compreensão inicial, mas também contribuiu para um desempenho superior nesses testes. Em especial, a abordagem baseada em Aprendizagem Corporificada mostrou-se eficaz para conceitos mais complexos, como herança e polimorfismo, que normalmente representam maiores desafios para os alunos de POO.

Os resultados superiores do grupo experimental em todas as métricas avaliadas indicam que a integração de estratégias interativas e tangíveis no ensino de POO com Aprendizagem Corporificada é uma alternativa válida e justifica a realização de estudos adicionais. É importante destacar também dificuldades e desafios durante a execução do método, entre os principais estão:

- Adaptação ao Ritmo de Aprendizagem: É preciso ter cautela quanto ao tempo de aprendizagem dos alunos; o professor, como mediador do processo, deve estabelecer conexões explícitas entre os fundamentos de POO e as atividades de Aprendizagem Corporificada. Visando assim, garantir que todos os alunos compreendam como as experiências físicas se relacionam com os conceitos abstratos.
- Interações com Ferramentas Digitais: Problemas técnicos pontuais no Alice 3D e nos sistemas interativos foram resolvidos com suporte imediato, mas ajustes podem ser necessários; por isso, é fundamental avaliar e preparar o ambiente.

Correções na execução das atividades ou ajustes na utilização dos softwares, embora pontuais, exigem alterações rápidas e precisas. O sucesso do EPLM requer que os professores estejam dispostos a adaptar suas práticas pedagógicas e a dedicar tempo adicional ao planejamento e à preparação das atividades corporificadas. Isso leva à demanda por pesquisas sobre estratégias de formação de professores e pelo desenvolvimento de objetos educacionais com esse propósito.

A eficácia do EPLM depende fortemente do papel do professor como mediador entre as experiências físicas (gestos, encenações e manipulação de objetos tangíveis) e as representações digitais (Alice 3D, sistemas de reconhecimento). Esta mediação requer um conjunto de

competências específicas que incluem: (1) capacidade de planejar e estruturar atividades corporificadas alinhadas aos conceitos de POO; (2) habilidade para conduzir práticas colaborativas, orientando os alunos durante as encenações e a manipulação de objetos; (3) domínio técnico básico das ferramentas tecnológicas utilizadas (Alice 3D, LMS, sistemas de reconhecimento); e (4) sensibilidade para estabelecer conexões explícitas entre as experiências físicas e os conceitos abstratos de POO.

É importante destacar também que o EPLM foi concebido com base na realidade dos recursos disponíveis ao docente. As ferramentas escolhidas são de baixo custo e permitem que professores familiarizados com POO executem o método após um curto período de preparação inicial, incluindo a exploração das ferramentas, a organização dos materiais tangíveis e a adaptação dos roteiros de aula. Essa preparação pode ser apoiada por materiais estruturados (guias, tutoriais em vídeo e exemplos práticos) disponibilizados junto ao método. Embora a formação docente seja um fator essencial para a ampla adoção do EPLM, as competências necessárias podem ser vistas como extensões do repertório de habilidades dos professores de programação, que provavelmente já as possuem em parte.

5.4 Limitações e Ameaças à Validade

Como principal limitação, destaca-se que a amostra deste estudo ($n=38$, considerando exclusões metodológicas para equalização dos grupos) é reduzida e concentrada em um único contexto institucional: alunos do segundo ano do ensino técnico integrado ao ensino médio de uma instituição pública específica. Essa limitação amostral restringe a validade externa dos achados, ou seja, a capacidade de generalizar os resultados para outros níveis educacionais (ex.: ensino superior, fundamental), perfis de alunos distintos (ex.: faixa etária, experiência prévia em programação) ou contextos institucionais diversos (ex.: escolas privadas, universidades, cursos à distância). Estudos futuros devem incluir amostras maiores, com maior diversidade de contextos e de perfis de participantes, para validar a eficácia do EPLM em diferentes cenários educacionais.

Além da limitação quanto ao tamanho da amostra, este estudo apresenta limitações e ameaças à validade que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Em relação à validade interna, três aspectos merecem destaque, seguidos das respectivas estratégias para mitigá-los:

- *Efeito de seleção* – os grupos experimentais e controle foram formados a partir de turmas já existentes; esta ameaça foi mitigada pela aplicação de pré-testes que confirmaram níveis similares de conhecimento sobre POO entre os participantes;
- *Efeito Hawthorne* – os alunos do grupo experimental poderiam ter se esforçado mais por saberem que participavam de um estudo, porém, a coleta de feedback qualitativo específico sobre cada atividade permitiu distinguir o impacto do método em si do entusiasmo pela novidade;
- *Efeito do pesquisador* – o fato de o mesmo professor ter conduzido ambos os grupos garante consistência metodológica, mas introduz potencial viés, parcialmente mitigado pela aplicação de instrumentos de avaliação padronizados e pelo uso de critérios objetivos predefinidos.

Quanto à validade externa, reconhece-se que a aplicação do método em um único contexto institucional (ensino técnico) limita a generalização dos resultados. Adicionalmente, o efeito de novidade das tecnologias utilizadas (sistemas de reconhecimento de imagem e de movimento, objetos tangíveis) pode ter influenciado positivamente o engajamento dos alunos, embora as avaliações específicas de cada tipo de atividade ajudem a isolar os aspectos metodológicos dos efeitos da inovação tecnológica em si. A infraestrutura necessária (laboratório com computadores individuais, webcams e conexão à internet), embora acessível, pode não estar disponível em todos os contextos educacionais.

Em termos de validade de construto, os instrumentos de avaliação foram estruturados para abranger os conceitos fundamentais de POO, com questões em múltiplos formatos, conforme apresentado na metodologia. O uso combinado de análises quantitativas e qualitativas, incluindo o Teste U de Mann-Whitney, forneceu validação objetiva das diferenças observadas entre os grupos, minimizando vieses de confirmação. Finalmente, quanto à validade estatística de conclusão, o tamanho da amostra (n=38 após equalização dos grupos) foi mitigado pela escolha do teste U de Mann-Whitney, adequado para amostras menores. O intervalo temporal do estudo, limitado a um semestre letivo, impede a avaliação da retenção de longo prazo dos conceitos, embora os dados sobre a aplicação prática ofereçam indicadores iniciais promissores.

Apesar das limitações e ameaças supracitadas, a consistência dos resultados obtidos com diferentes instrumentos de análise sustenta a validade das conclusões apresentadas. A transparência na identificação dessas ameaças visa contribuir para pesquisas futuras que as abordem por meio de replicações em maior escala, com diferentes perfis de alunos e contextos institucionais.

6 Conclusão

O ensino de POO tem sido desafiador devido aos conceitos complexos e ao alto nível de abstração exigido. Isso implica investigar novos métodos de ensino que estimulem a aprendizagem dos alunos. Para tanto, o presente trabalho apresentou o EPLM, um método inovador baseado na Aprendizagem Corporificada para o ensino de POO. A pesquisa integrou atividades interativas, ferramentas tangíveis e o LMS ao ensino de conceitos abstratos, como classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo.

Os resultados relativos ao desempenho dos alunos em testes sugerem a eficácia do método, uma vez que o GE apresentou desempenho consistentemente superior em todos os conceitos avaliados. Esta diferença indica o potencial das experiências corporificadas para facilitar a compreensão de conceitos abstratos de POO.

Quando os alunos do GE foram questionados sobre engajamento, receptividade, compreensão, aplicação e retenção, destacaram a experiência positiva com o EPLM. O alto nível de engajamento e satisfação dos participantes sugere que o EPLM pode não apenas ter melhorado o desempenho acadêmico, mas também ter potencial para tornar o processo de aprendizagem mais envolvente e significativo.

Com base nas limitações identificadas neste estudo, propõem-se diretrizes específicas para os próximos passos desta pesquisa. No que diz respeito ao desenvolvimento e aprimoramento do EPLM, uma próxima atividade de investigação consiste na aplicação do método em diferentes níveis educacionais, como ensino fundamental, graduação ou até mesmo pós-graduação. Além disso, existe a possibilidade de replicação do EPLM por meio da formação de redes de professores nos ensinos estadual, federal e privado. Isso permitirá avaliar sua aplicabilidade em contextos institucionais distintos, com infraestruturas e perfis de alunos diversos, contribuindo para a consolidação e a generalização dos resultados aqui apresentados.

Este trabalho reafirma a importância das inovações no ensino de programação e aponta que a Aprendizagem Corporificada pode ser uma abordagem eficaz para tornar conceitos abstratos mais acessíveis e compreensíveis. As contribuições apresentadas abrem caminho para pesquisas futuras e aplicações práticas que podem continuar a transformar o ensino de POO.

Para mitigar as limitações associadas ao tamanho da amostra, propõe-se realizar estudos em maior escala. Esta ampliação do estudo permitiria validar estatisticamente os resultados obtidos e identificar as contribuições do uso da Aprendizagem Corporificada no ensino de POO.

Além disso, propõe-se acompanhar o desempenho dos alunos por períodos mais longos, o que permitirá avaliar a retenção dos conceitos de POO ao longo do tempo, bem como verificar como as experiências corporificadas influenciam o aprendizado de conceitos de programação mais avançados. Novas tecnologias, aplicações e sistemas de apoio à Aprendizagem Corporificada também devem ser estudados. Por fim, estudos futuros poderão investigar estratégias de formação continuada e de acompanhamento docente para facilitar a replicação do EPLM em diferentes instituições.

Referências

- Abrahamson, D., & Lindgren, R. (2014). Embodiment and Embodied Design. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd ed., pp. 358–376). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.022> [GS Search]
- Ahmad, A., Chokshi, H., De Ruvo, G., & Giacaman, N. (2018). Interactive Learning of Abstract Programming Concepts with Interactive OOP. *2018 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTICE)*, 90–97. <https://doi.org/10.1109/LaTICE.2018.00004> [GS Search]
- Banic, A. & Gamboa, R. (2019). Visual Design Problem-based Learning in a Virtual Environment Improves Computational Thinking and Programming Knowledge. *Proceedings of the 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. Osaka, Japan: IEEE. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/VR.2019.8798013> [GS Search]
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded Cognition. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 617–645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639> [GS Search]
- Caceffo, R., Gonçalves, D. A., Bonacin, R., Reis, J. C., Valente, J. A., Baranauskas, M. C. C. (2022) Children's social interactions within a socioenactive scenario. *Computers & Education*, v. 176, p. 104324. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104324> [GS Search]
- Calderon, I., Oran, A. C., Feitosa, E., & Silva, W. (2024). Um Survey sobre o Uso de Metodologias Ativas no Ensino de Programação em Universidades Brasileiras. *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, 35, 2163-2177. <https://doi.org/10.5753/sbie.2024.242282> [GS Search]
- Carvalho, V. A. & Teixeira, G. F. (2012). *Programação orientada a objetos: Curso técnico de informática*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Disponível em: <https://proedu.rnp.br/handle/123456789/706>
- Catini Neto, C. (2025). Um método baseado em aprendizagem corporificada para o ensino de conceitos de programação orientada a objetos [Dissertação de Mestrado, Centro Universitário Campo Limpo Paulista]. [GS Search]
- Chung, C.-Y., & Hsiao, I.-H. (2019). An exploratory study of augmented embodiment for computational thinking. *Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces: Companion*, 37–38. <https://doi.org/10.1145/3308557.3308676> [GS Search]
- Dávila, W., & Giraffa, L. (2023). Ensino de Programação Orientada a Objetos Para Iniciantes: Uma Metodologia para Programação Criativa. *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, 34, Passo Fundo/RS. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação. p. 335-344. <https://doi.org/10.5753/sbie.2023.235067> [GS Search]
- Diaz-Leyva, T., & Chamorro-Atalaya, O. (2020). Analysis of Learning Difficulties in Object Oriented Programming in Systems Engineering Students at UNTELS. *Advances in Science*,

- Technology and Engineering Systems Journal*, 5(6), 1704–1709. <https://doi.org/10.25046/aj0506203> [GS Search]
- Franco, C. R. (2014). *Programação Orientada a Objetos*. Uniasselvi.
- Giacobo, D. (2023). Relato de Experiência de uma atividade de Stop! ou Adedonha nas disciplinas de Banco de Dados e Programação Orientada a Objetos. *Anais do Workshop de Informática na Escola (WIE)*, 29, 1273-1279. <https://doi.org/10.5753/wie.2023.234260> [GS Search]
- Gonçalves, D. A., Caceffo, R. E., Valente, J. A., & Baranauskas, M. C. C. (2021). *Design of Socioenactive Systems Based on Physiological Sensors and Robot Behavior in Educational Environments*. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29, 1356–1376. <https://doi.org/10.5753/rbie.2021.2104> [GS Search]
- Gonçalves, D. A., Caceffo, R., Valente, J. A., Bonacin, R., Reis, J. C., & Baranauskas, M. C. C. (2024). Enactive interaction in technology-based learning environments: A systematic literature review. *Educational Technology & Society*, 27(2). [https://doi.org/10.30191/ETS.202404_27\(2\).RP02](https://doi.org/10.30191/ETS.202404_27(2).RP02) [GS Search]
- Gutiérrez, L. E., Guerrero, C. A., & López-Ospina, H. A. (2022). Ranking of problems and solutions in the teaching and learning of object-oriented programming. *Education and Information Technologies*, 27(5), 7205–7239. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10929-5> [GS Search]
- Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-Romanowicz, C., Birchfield, D. A., & Savio-Ramos, C. (2016). Effects of Embodied Learning and Digital Platform on the Retention of Physics Content: Centripetal Force. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01819> [GS Search]
- Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical Experience Enhances Science Learning. *Psychological Science*, 26(6), 737–749. <https://doi.org/10.1177/0956797615569355> [GS Search]
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to Western thought* (Nachdr.). Basic Books. [GS Search]
- Lewis, J., & Loftus, W. (2017). *Java software solutions: Foundations of program design* (Ninth edition). Pearson. [GS Search]
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174-187. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001> [GS Search]
- Litts, B. K., Chauhan, A., Mortensen, C. K., & Matthias, K. (2019). I'm Drowning in Squirrels!: How Children Embody and Debug Computational Algorithms Through Designing Mixed Reality Games. *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children*, 267–273. <https://doi.org/10.1145/3311927.3323129> [GS Search]
- Lu, O. H. T., Huang, J. C. H., Huang, A. Y. Q., & Yang, S. J. H. (2017). Applying learning analytics for improving students engagement and learning outcomes in an MOOCs enabled collaborative programming course. *Interactive Learning Environments*, 25(2), 220–234. <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1278391> [GS Search]
- Malinverni, L., & Parés, N. (2014). Learning of abstract concepts through full-body interaction: A systematic review. *Educational Technology & Society*, 17(4), 100–116. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.100> [GS Search]

- Martins, V. F., de Almeida Souza Concilio, I., & de Paiva Guimarães, M. (2018). Problem based learning associated to the development of games for programming teaching. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1577–1589. <https://doi.org/10.1002/cae.21968> [GS Search]
- Mitchell, J. C. (2003). *Concepts in programming languages*. Cambridge University Press. [GS Search]
- Pillat, R., Nagendran, A., & Lindgren, R. (2012). A mixed reality system for teaching STEM content using embodied learning and whole-body metaphors. *Proceedings of the 11th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry. Anais...* Singapore: ACM. <https://doi.org/10.1145/2407516.2407584> [GS Search]
- Resnyansky, D. (2022). A Tangible Augmented Reality Programming Learning Environment (TARPLE) for Active, Guided Learning. *Proceedings of the 2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. Christchurch, New Zealand: IEEE. <https://doi.org/10.1109/VRW55335.2022.00330> [GS Search]
- Santiago, C., Menezes, J. W., & Aquino, F. J. (2023). Proposta e Avaliação de uma Metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos em Disciplinas de Engenharia de Software através de uma Sequência Didática. *Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE)*, 31, 31-59. <https://doi.org/10.5753/rbie.2023.2817> [GS Search]
- Sheetz, S. D., Irwin, G., Tegarden, D. P., Nelson, H. J., & Monarchi, D. E. (1997). Exploring the Difficulties of Learning Object-Oriented Techniques. *Journal of Management Information Systems*, 14(2), 103–131. <https://doi.org/10.1080/07421222.1997.11518167> [GS Search]
- Skulmowski, A., & Rey, G. D. (2018). Embodied learning: Introducing a taxonomy based on bodily engagement and task integration. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1), Article 6. <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0092-9> [GS Search]
- Valente, J. A., Caceffo, R., Bonacin, R., Reis, J. C., Gonçalves, D. A., Baranauskas, M. C. C. (2021) Embodied-based environment for kindergarten children: Revisiting constructionist ideas. *BRITISH Journal of Educational Technology*, v. 52, p. 986-1003, 2021. <https://doi.org/10.1111/bjet.13078> [GS Search]
- Walkington, C., Nathan, M. J., Huang, W., Hunnicutt, J., & Washington, J. (2024). Multimodal analysis of interaction data from embodied education technologies. *Educational Technology Research and Development*, 72(5), 2565–2584. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10254-9> [GS Search]
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625–636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322> [GS Search]
- Yu, J., & Denham, A. R. (2024). Utilizing augmented reality for embodied mental rotation training: A learning analytics study. *British Journal of Educational Technology*, 55(2), 499–518. <https://doi.org/10.1111/bjet.13397> [GS Search]
- Zanetti, H. A. P., Borges, M. A. F., & Ricarte, I. L. M. (2022). Aplicação de um Método para Ensino de Programação Orientada a Objetos por meio de Aprendizagem Significativa e Computação Física. *Anais do XXX Workshop sobre Educação em Computação (WEI 2022)*, 37–48. <https://doi.org/10.5753/wei.2022.222953> [GS Search]
- Zanetti, H. A. P., Borges, M. A. F., Ricarte, I. L. M. (2023). ComFAPOO: Método de Ensino de Programação Orientada à Objetos Baseado em Aprendizagem Significativa e Computação Física. *Revista Brasileira de Informática na Educação, [S. l.]*, v. 31, p. 01–30. <https://doi.org/10.5753/rbie.2023.2851> [GS Search]