



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

**Carlos Catini Neto**

Abril / 2025

Dissertação de Mestrado em Ciência da  
Computação

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

Esse documento corresponde à dissertação apresentada à Banca Examinadora no curso de Mestrado em Ciência da Computação da UNIFACCAMP – Centro Universitário Campo Limpo Paulista.

Campo Limpo Paulista, 02 de abril de 2025.

CARLOS CATINI NETO

Prof. Dr. Rodrigo Bonacin (Orientador)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca Central da Unifaccamp

C358m

Catini Neto, Carlos

Um método baseado em aprendizagem corporificada para o ensino de conceitos de programação orientada a objetos / Carlos Catini Neto.

Campo Limpo Paulista, SP: Unifaccamp, 2025.

122 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bonacin

Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Ciência da Computação) – Centro Universitário Campo Limpo Paulista – Unifaccamp.

1. Programação orientada à objetos. 2. Aprendizagem corporificada. 3. Cognição corporificada. 4. Ensino de programação. 5. Experiência sensorial. 6. Motora. I. Bonacin, Rodrigo. II. Centro Universitário Campo Limpo Paulista. III. Título.

CDD – 005.1

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, primeiramente, por me conceder saúde, sabedoria e determinação para superar todos os desafios ao longo desta jornada acadêmica. Sua presença foi ainda mais significativa no momento mais difícil que enfrentei durante o mestrado, quando minha esposa e meu filho estiveram internados correndo risco de vida. Sem a força divina, não teria conseguido prosseguir.

À minha esposa Juliana e ao meu filho Nicolas, por todo amor, por compreenderem minha ausência devido à dedicação aos estudos e por serem minha maior motivação para persistir.

Aos meus pais, Rita e Marcílio por todo apoio, amor e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus queridos irmãos, Rita, pela paciência, compreensão e ajuda inestimável nos estudos, e Marcílio, pelo apoio constante e preocupação com meu bem-estar. O carinho e suporte de vocês foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui.

Ao meu professor e orientador, Dr. Rodrigo Bonacin, expresso minha profunda gratidão por ter me aceitado como orientando. Sua dedicação, paciência e conhecimento foram fundamentais em todo o período de orientação. Seus conselhos e direcionamentos transformaram não apenas esta pesquisa, mas minha visão acadêmica.

A todos aqueles que, mesmo não citados nominalmente, contribuíram de alguma forma para a concretização deste sonho.

**Resumo.** *O aprendizado de Programação Orientada a Objetos (POO) é um desafio para docentes e alunos devido ao alto nível de abstração e conceitos complexos. Assim, se faz necessária a pesquisa por métodos de ensino alternativos e inovadores. Esta dissertação apresenta um método de ensino inovador para POO, denominado EPLM (Embodied Programming Learning Method), fundamentado em uma metodologia de Aprendizagem Corporificada (Embodied Learning). O objetivo foi integrar atividades interativas, ferramentas tangíveis, tecnológicas e experiências concretas corporificadas para facilitar a compreensão de conceitos abstratos, como classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo. A pesquisa revelou resultados positivos, incluindo maior engajamento dos alunos, melhoria na retenção dos conceitos e validação de técnicas custo acessível para aplicação em diferentes contextos educacionais. O estudo sugere que a abordagem proposta promoveu um aprendizado dinâmico e significativo, além de estimular competências transversais como pensamento crítico e resolução de problemas. Este trabalho contribui para a área de educação em computação ao ampliar o conhecimento teórico e prático sobre o uso da Aprendizagem Corporificada no ensino de programação orientada a objetos.*

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

**Abstract:** *Learning Object-Oriented Programming (OOP) is a challenging for teachers and students due to the high level of abstraction and complex concepts. Thus, research of alternative and innovative teaching methods is necessary. This master dissertation presents an innovative OOP teaching method, named EPLM (Embodied Programming Learning Method), based on an Embodied Learning methodology. The objective was to integrate interactive activities, tangible, technological tools, and concrete embodied experiences to facilitate the understanding of abstract concepts, such as classes, objects, methods, encapsulation, inheritance, and polymorphism. The research revealed positive results, including greater student engagement, improved concept retention, and validation of affordable techniques for application in different educational contexts. The study suggests that the proposed approach promoted dynamic and meaningful learning, in addition to stimulating transversal skills such as critical thinking and problem-solving. This work contributes to the computer science education field by expanding the theoretical and practical knowledge on the use of Embodied Learning in OOP teaching.*

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

## Sumário

1.	Introdução.....	1
1.1.	Contexto e Motivação.....	2
1.2.	Problemática e Justificativa .....	3
1.3.	Objetivos, Contribuições e Métodos .....	7
1.4.	Estrutura da Proposta.....	10
2.	Referencial Teórico e Metodológico .....	12
2.1.	Ensino de Programação Orientada e Objetos .....	12
2.1.1.	Conceitos Fundamentais de POO .....	13
2.1.2.	Estratégias Colaborativas no Ensino de POO.....	15
2.1.3.	Desafios e Complexidades no Ensino de POO.....	17
2.2.	Cognição Corporificada e Aprendizagem Corporificada .....	18
2.2.1.	Aprendizagem Corporificada e Outras Abordagens Ativas .....	20
2.2.2.	Estratégias para implementação do Aprendizagem Corporificada. ....	20
2.3.	Design Instrucional.....	23
2.3.1.	Modelo ADDIE .....	24
2.3.2.	Relevância do ADDIE para o Contexto desta Dissertação.....	26
2.4.	<i>Learning Management Systems</i> .....	27
2.4.1.	Definição e Relevância dos LMS no Ensino .....	27
2.4.2.	Principais Ferramentas LMS .....	28
2.4.3.	Benefícios dos LMS para este trabalho .....	28
3.	Revisão da Literatura e Trabalhos Relacionados.....	30
3.1.	Metodologia da Revisão de Literatura .....	30
3.2.	Resultados da Revisão de Literatura .....	31
3.3.	Discussão e Análise dos Resultados dos Trabalhos Relacionados.....	33

3.3.1.	Análise Comparativa dos Trabalhos Relacionados .....	34
3.3.2.	Tendências Identificadas e Contribuições dos Trabalhos Relacionados .....	36
3.3.3.	Lacunas e Diferencial da Dissertação .....	37
3.3.4.	Implicações para o Desenvolvimento do Método Proposto .....	38
4.	Método para o Ensino de Programação Orientada à Objetos baseada em Aprendizagem Corporificada - EPLM.....	39
4.1.	Desenvolvimento do EPLM .....	39
4.2.	Estrutura do EPLM baseada no modelo ADDIE.....	41
4.2.1.	Fase 1 - Análise .....	43
4.2.2.	Fase 2 - Design .....	45
4.2.3.	Fase 3 - Desenvolvimento .....	47
4.2.4.	Fase 4 - Implementação .....	49
4.2.5.	Fase 5 - Avaliação .....	50
5.	Aplicação do EPLM .....	52
5.1.	Contexto, Participantes e Conceitos da Aplicação .....	52
5.1.1.	Perfil dos Participantes .....	52
5.1.2.	Composição e Equilíbrio dos Grupos .....	53
5.1.3.	Ambiente de Aplicação.....	53
5.1.4.	Aspectos Éticos e Autorizações.....	54
5.1.5.	Tecnológicas das Ferramentas de Apoio ao EPLM.....	54
5.2.	Execução das Atividades .....	57
5.2.1.	Registro de Evidências .....	57
5.2.2.	Organização dos Recursos no LMS.....	57
5.2.3.	Organização das Aulas .....	58
5.2.4.	Exemplos de Atividades Realizadas.....	59

5.2.5.	Desafios e Ajustes Durante a Execução .....	69
6.	Análise e Discussão sobre Resultados da Aplicação do EPLM .....	70
6.1.	Análise Qualitativa e <i>Feedback</i> .....	70
6.1.1.	Engajamento e Receptividade ao Método .....	70
6.1.2.	Eficácia na Compreensão dos Conceitos .....	73
6.1.3.	Aplicação Prática e Retenção .....	75
6.2.	Resultados Quantitativos .....	78
6.2.1.	Análise Comparativa por Conceito.....	79
6.2.2.	Análise Estatística da Significância dos Resultados.....	83
7.	Conclusão .....	85
7.1.	Contribuições.....	85
7.2.	Limitações .....	86
7.2.1.	Ameaças à Validade .....	87
7.3.	Trabalhos Futuros .....	90
8.	Referências .....	91
	APÊNDICE I – Questionário de verificação de nível de compreensão a Programação Orientada a Objetos Turma A (experimento) e Turma B (controle) .....	96
	APÊNDICE II – Avaliação Feedback do Método EPLM aplicado a Turma A (experimento)..	102
	APÊNDICE III - GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS NO EPLM POR CONCEITO .....	107



## Glossário

ADDIE	<i>Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation</i> - Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação
LMS	<i>Learning Management System</i> - Sistema de gestão de aprendizagem
3D	Três Dimensões
CMS	<i>Sistema de Gerenciamento de Conteúdo</i>
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
RM	Realidade Mista
POO	Programação Orientada a Objetos
EPLM	<i>Embodied Programming Learning Method</i>
X-Lobe	Tecnologia de reconhecimento de movimentos
Teachable Machine	Ferramenta para aprendizado de máquina da Google
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
GIT	Sistema de controle de versão para gerenciamento de código fonte.
ACM Direct	Plataforma digital que fornece acesso a milhões de documentos científicos.
IEEE Xplore	Plataforma digital que fornece acesso a milhões de documentos científicos.
Alice 3D	Software educacional desenvolvido pela Carnegie Mellon University que permite criar animações e jogos 3D
Role-playing	Técnica pedagógica onde os alunos assumem papéis específicos em simulações ou encenações.
Springer Link	Plataforma digital que fornece acesso a milhões de documentos científicos.
Science Direct	Plataforma digital que fornece acesso a milhões de documentos científicos.

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1. Parâmetro da Pesquisa de Extração de Dados .....	30
Tabela 2. Critérios de seleção da revisão sistemática.....	31
Tabela 3. Comparação dos Trabalhos Relacionados e a Dissertação.....	34
Tabela 4. Atividades, conceitos e ferramentas utilizadas.....	53

## Lista de Figuras

Figura 1. Fluxo metodológico para o desenvolvimento EPLM.....	40
Figura 2. Visão geral EPLM.....	42
Figura 3. Arquitetura do Sistema EPLM .....	56
Figura 4. Tela principal do Sistema EPLM (LMS) .....	58
Figura 5. Atividade de Encenação e Implementação no Alice 3D .....	60
Figura 6. Conteúdo Implementado no Alice 3D.....	61
Figura 7. Atividade de Encenação e Implementação no Alice 3D. ....	62
Figura 8. Ferramentas tangíveis, objetos utilizados.....	63
Figura 9. Ferramentas tangíveis, caixas preparadas para aula.....	63
Figura 10. Ferramentas tangíveis, laboratório pronto para aula .....	64
Figura 11. Aluno interagindo com o sistema Modulo Herança.....	65
Figura 12. Alunos durante aula de Herança.....	66
Figura 13. Alunos recebem instruções durante a aula de polimorfismo.....	67
Figura 14. Alunos interagindo através do Movimento .....	68
Figura 15. Aluna interagindo com o Modulo Polimorfismo .....	69
Figura 16. Satisfação com aulas de Aprendizagem Corporificada.....	71
Figura 17. Recomendação do uso .....	71
Figura 18. Satisfação caso outras disciplinas adotem o uso do EPLM .....	72
Figura 19. Contribuição da Aprendizagem Corporificada para POO.....	72
Figura 20. Eficácia das atividades práticas de encenação em duplas .....	73
Figura 21. Avaliação da clareza nas instruções das atividades.....	74
Figura 22. Eficácia da Aprendizagem Corporificada em POO .....	74
Figura 23. Eficácia da manipulação de objetos físicos no aprendizado .....	75

Figura 24. Utilidade da experiência em outros contextos de programação .....	76
Figura 25. Relação entre POO e situações práticas .....	77
Figura 26. Eficácia do sistema na compreensão de Herança.....	77
Figura 27. Eficácia do sistema na compreensão de polimorfismo .....	78
Figura 28. Comparação de desempenho no conceito de Classes e Objetos entre as turmas .....	79
Figura 29. Comparação de desempenho no conceito de Métodos entre as turmas .....	80
Figura 30. Comparação de desempenho no conceito de Encapsulamento entre as turmas .....	81
Figura 31. Comparação de desempenho no conceito de Herança entre as turmas .....	81
Figura 32. Comparação de desempenho no conceito de Polimorfismo entre as turmas .....	82
Figura 33. Box Plot e estatística por grupo das médias finais dos alunos. ....	84

## 1. Introdução

O ensino de programação, tal como o ensino de Programação Orientada a Objetos (POO), desempenha um 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 encontradas 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).

Este trabalho investiga essas dificuldades e propõe um método de ensino inovador baseado na Aprendizagem Corporificada (*Embodied Learning*). A proposta combina atividades práticas, sensoriais e interativas com o ensino de princípios de POO, permitindo que os alunos vivenciem fisicamente elementos antes restritos ao plano abstrato. Em Banic e Gamboa (2019), os autores destacam que alunos que assumem maior controle sobre seu aprendizado mostram maior engajamento e motivação, aspectos essenciais para o sucesso educacional. Assim, o método de ensino proposto visa prover ao docente meios alternativos para facilitar a aprendizagem de POO ao promover maior engajamento e motivação por meio do uso do corpo.

Para embasar o método proposto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, analisando práticas pedagógicas inovadoras, com destaque para o uso de tecnologias imersivas e tangíveis no ensino de computação. Essa revisão reforçou a relevância da Aprendizagem Corporificada como uma abordagem que não apenas facilita a compreensão de conceitos abstratos, mas também promove habilidades práticas e cognitivas essenciais.

Dessa maneira, busca-se tornar o aprendizado mais intuitivo e significativo, 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, oferecer um método de ensino que responde aos desafios contemporâneos do ensino de programação.

## **1.1. Contexto e Motivação**

O ensino de programação, tais como em disciplinas de POO, enfrenta desafios significativos que afetam tanto os alunos quanto os educadores. A complexidade inerente aos conceitos de POO, como abstração, classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo, pode contribuir para dificuldades no processo de aprendizagem, levando potencialmente a um menor rendimento acadêmico. Gutiérrez et al. (2022) reforça que essas dificuldades não estão restritas a conceitos avançados, mas também envolvem fundamentos básicos, como a construção da relação entre classe e objeto e seu desenvolvimento abstrato.

Esse cenário é agravado pelas metodologias tradicionais de ensino, que frequentemente adotam abordagens excessivamente teóricas, dificultando a aplicação prática dos conteúdos. Consequentemente, muitos estudantes se deparam com um abismo entre o aprendizado teórico e sua aplicabilidade prática, resultando em frustração e desmotivação. Como destacado por Martins et al. (2018), alunos desmotivados têm maior probabilidade de contribuir para as estatísticas de evasão escolar, especialmente em disciplinas de programação.

Esses fatores evidenciam a necessidade de inovações pedagógicas que abordem as dificuldades no aprendizado de POO, promovendo um ensino mais acessível e contextualizado. Abordagens que integrem práticas interativas, capazes de estimular o interesse dos alunos, podem não apenas melhorar o aprendizado, mas também reduzir as taxas de evasão, criando um ambiente de ensino mais engajador e eficaz.

A aprendizagem corporificada pode ser promissora para transformar o ensino de POO. Estudos como os de Chung e Hsiao (2019) demonstram que a combinação de atividades físicas e interações digitais torna a experiência de aprendizado mais prática e envolvente. Ao permitir que os alunos vivenciem os conceitos de POO de forma concreta, a abordagem facilita tanto a compreensão quanto a aplicação desses conhecimentos em situações reais de desenvolvimento de software.

Diferentemente das abordagens tradicionais, a aprendizagem corporificada enfatiza o aprendizado por meio de experiências sensoriais e físicas, tornando conceitos abstratos mais acessíveis e tangíveis. Segundo Chung e Hsiao (2019) essa metodologia

transforma a forma como os alunos interagem com os conteúdos, resultando em maior engajamento e retenção do conhecimento. Além disso, ao estimular os estudantes a projetar e criar suas próprias experiências de aprendizado, como destacado por Litts et al. (2019), a aprendizagem corporificada promove habilidades fundamentais como criatividade, pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe.

A aprendizagem corporificada tem mostrado resultados promissores em estudos que destacam o aumento do engajamento e da retenção de conceitos, especialmente em áreas tradicionalmente abstratas como ciência da computação Chung e Hsiao (2019). Além disso, ao integrar interações sensório-motoras ao aprendizado, essa abordagem promove uma experiência educacional mais significativa e alinhada às demandas contemporâneas de ensino.

## **1.2. Problemática e Justificativa**

Este trabalho busca explorar os benefícios da aprendizagem corporificada no ensino de POO, com o objetivo de superar as barreiras tradicionais de aprendizado, tornando o ensino mais atrativo e alinhado às demandas contemporâneas. Ao incorporar essa abordagem, espera-se contribuir não apenas para o aprendizado técnico, mas também para o desenvolvimento de competências essenciais para o mercado de trabalho e para o sucesso profissional dos alunos.

A implementação deste método apresenta desafios significativos tanto do ponto de vista computacional quanto educacional. Embora a aprendizagem corporificada ofereça uma perspectiva promissora, sua aplicação prática exige estudo e planejamento.

Do ponto de vista computacional, um dos principais desafios está no desenvolvimento de recursos e ferramentas que apoiem a metodologia de aprendizagem corporificada de forma eficaz. A construção de aplicações interativas, que integram o mundo físico e digital, já exige esforço técnico considerável. Além disso, muitos projetos enfrentam limitações relacionadas a infraestrutura, como recursos físicos e espaços adequados, o que pode gerar altos custos e complicações logísticas.

De acordo com Banic e Gamboa (2019) nem todos os alunos têm acesso às tecnologias avançadas necessárias para a implementação da aprendizagem corporificada, o que pode criar disparidades na experiência de aprendizagem. Isso torna fundamental a

busca por soluções tecnológicas de custo acessível, capazes de democratizar essa abordagem educacional.

No contexto educacional, a principal dificuldade reside na transposição de conceitos abstratos de POO para experiências concretas e interativas. Essa tarefa exige criatividade e uma compreensão pedagógica profunda para criar atividades que "corporifiquem" conceitos como encapsulamento, herança e polimorfismo.

Além disso, é necessário alinhar essas atividades aos objetivos de aprendizagem, garantindo que os alunos não apenas se engajem com os materiais interativos, mas também alcancem uma compreensão sólida dos princípios de POO. Segundo Litts et al. (2019) a conexão significativa entre o mundo físico e o digital é essencial para que a aprendizagem corporificada seja efetiva, mas pode ser um grande desafio em ambientes educacionais com recursos limitados.

Apesar dessas dificuldades, a abordagem apresenta o potencial de oferecer uma experiência de aprendizagem mais rica e envolvente. Ao proporcionar uma compreensão concreta de conceitos abstratos, espera-se um aumento no interesse e na retenção de conhecimento, possibilitando avanços significativos na educação em POO.

A complexidade dos conceitos de POO, combinada com a dificuldade de abstração por parte dos alunos, evidencia a necessidade urgente de explorar novos métodos de ensino. A aprendizagem corporificada se destaca como uma solução inovadora para esse problema, alinhando-se a pesquisas que apontam para maior retenção e compreensão de conceitos abstratos por meio de experiências concretas e interativas.

Este trabalho não apenas aborda lacunas significativas na educação em POO, mas também propõe inovações no ensino de POO, criando novas maneiras de apresentar esses conceitos. Draz et al. (2016) destacam que "os métodos tradicionais, baseados apenas em referências textuais, frequentemente falham em atrair o interesse dos alunos, ressaltando a importância de práticas pedagógicas mais eficazes".

O uso da aprendizagem corporificada no ensino de POO é particularmente relevante por seu potencial de:

- Estimular o engajamento dos alunos, reduzindo a evasão em disciplinas de programação.



- Melhorar a retenção e aplicação prática de conceitos abstratos.
- Promover habilidades como resolução de problemas, criatividade e trabalho em equipe, que são essenciais no mercado de trabalho.

Uma análise da literatura sobre o uso de aprendizagem corporificada no ensino de programação revela importantes lacunas. Embora existam estudos que explorem essa metodologia no ensino de ciência da computação em geral, poucos se concentram em conceitos de POO. Chung e Hsiao (2019) afirmam que a integração de atividades corporificadas no ensino de ciência da computação ainda é limitada e pouco explorada. Quando direcionada especificamente ao ensino de POO, essa literatura é praticamente inexistente, destacando a necessidade de estudos que conectem efetivamente a aprendizagem corporificada aos desafios dessa área.

Além disso, grande parte dos trabalhos existentes foca nos benefícios cognitivos dessa abordagem, não se aprofundando nos aspectos ligados à viabilidade prática em contextos educacionais com recursos limitados.

Embora a literatura sobre aprendizagem corporificada explore seus benefícios cognitivos e pedagógicos, conforme detalhado no Capítulo 3, a maioria dos trabalhos se concentra em ambientes altamente tecnológicos, que dependem de infraestrutura avançada, como realidade aumentada e sensores sofisticados. No entanto, essas abordagens podem ser inacessíveis para muitas instituições educacionais.

Este trabalho propõe um método em uma perspectiva diversa e adaptável para o uso da aprendizagem corporificada no ensino de POO. Por meio de alternativas pedagógicas que vão desde recursos simples, como caixinhas de papelão, até sistemas interativos baseados em tecnologias como reconhecimento de gestos e objetos, o método demonstra sua flexibilidade. Essa combinação não apenas torna a abordagem aplicável em diferentes contextos educacionais, mas também amplia suas possibilidades de aplicação, integrando experiências sensoriais e digitais de maneira até então inexistente no contexto de ensino de POO.

Essa diversidade reflete um diferencial significativo, permitindo que o método atenda tanto instituições com recursos limitados quanto aquelas que desejam explorar tecnologias mais avançadas. Assim, o foco deste estudo não é apenas mostrar a eficácia pedagógica da aprendizagem corporificada, mas também explorar e destacar sua

flexibilidade. A proposta visa servir como um guia que inspire diferentes formas de implementação, permitindo adaptações criativas e alinhadas às necessidades específicas de cada contexto educacional.

A implementação de um método baseado em aprendizagem corporificada no ensino de POO tem o potencial de oferecer diversas melhorias tecnológicas e pedagógicas em relação às metodologias existentes. Portanto, este trabalho se justifica ao buscar benefícios chave para o ensino de POO, tais como:

- **Estímulo à Criatividade e Inovação:** Ao permitir que os alunos experimentem conceitos de forma prática, o método fomenta a exploração de ideias criativas e o desenvolvimento de soluções inovadoras.
- **Melhoria na Compreensão de Conceitos Abstratos:** Ferramentas tecnológicas, como reconhecimento de gestos e objetos, ajudam a tornar conceitos como encapsulamento, herança e polimorfismo mais tangíveis e fáceis de entender.
- **Aumento da Motivação e Engajamento:** Atividades interativas que conectam teoria à prática despertam maior interesse dos alunos, promovendo uma experiência de aprendizado mais envolvente.
- **Desenvolvimento de Habilidades de Resolução de Problemas:** O método incentiva os alunos a aplicar conceitos de POO em cenários reais, aprimorando sua capacidade de resolver problemas complexos.
- **Fácil Acesso e Inclusão:** O método utiliza tecnologias e recursos sem custo, permitindo que instituições com infraestrutura limitada implementem o método de forma eficiente.
- **Feedback Instantâneo e Personalizado:** Sistemas tecnológicos permitem fornecer *feedback* em tempo real, ajudando os alunos a corrigir erros e melhorar sua compreensão de forma imediata.
- **Flexibilidade e Escalabilidade:** O método permite a adoção de recursos simples, como objetos físicos pedagógicos, ou a integração de sistemas interativos tecnológicos. Isso amplia sua aplicabilidade em diferentes contextos educacionais.

### 1.3. Objetivos, Contribuições e Métodos

Este trabalho visa responder a seguinte questão de pesquisa: *Como a abordagem de aprendizagem corporificada pode ser aplicada para melhorar a compreensão e assimilação da POO pelos alunos, levando em conta suas características e limitações no processo de aprendizado?*

Assim, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver um método inovador de ensino baseada na aprendizagem corporificada, que seja de custo acessível, prático e eficaz para o ensino de conceitos fundamentais de POO, oferecendo ao professor ferramentas e estratégias que, quando adequadamente aplicadas, promovem o engajamento, a motivação e a retenção do conhecimento pelos alunos. A hipótese deste estudo é que: *a utilização da aprendizagem corporificada no ensino de POO tem potencial de aumentar a compreensão e a retenção dos conceitos fundamentais, ao mesmo tempo que pode promover maior engajamento e motivação entre os alunos.*

Espera-se que o uso de atividades práticas e interativas, integradas a tecnologias acessíveis, permita aos alunos vivenciar os conceitos de POO de forma concreta, superando as limitações de metodologias tradicionais de ensino.

A condução deste estudo envolveu uma abordagem metodológica estruturada em etapas distintas, cada uma voltada para investigar, propor e avaliar uma solução inovadora baseada na aprendizagem corporificada para o ensino de POO. A seguir, apresentamos de forma breve os métodos empregados neste trabalho:

- *Avaliação de Abordagens e Métodos Existentes.* Foi realizada uma revisão da literatura para identificar e analisar métodos existentes no ensino de POO e no uso da aprendizagem corporificada. Essa etapa buscou mapear características, benefícios e limitações das abordagens atuais, fornecendo a base teórica para o desenvolvimento da solução proposta. Referências como Chung e Hsiao (2019) e Litts et al. (2019) destacam lacunas relevantes que serão abordadas. Foi investigado também como tecnologias e ferramentas existentes podem ser adaptadas ou otimizadas para atividades de aprendizagem corporificada aplicadas ao ensino de POO. A análise inclui ferramentas de custo acessível, como objetos físicos

pedagógicos, e soluções tecnológicas, como sistemas interativos baseados em sensores ou reconhecimento de movimentos.

- *Proposta de um Método de ensino para Aprendizagem Corporificada.* Com base nos resultados das etapas anteriores, foi elaborado um método que integra atividades práticas, interativas e acessíveis para facilitar a aprendizagem de POO. Esse método foi estruturado para promover uma transposição efetiva de conceitos abstratos de POO para experiências concretas, alinhando-se aos objetivos pedagógicos.
- *Desenvolvimento de Software e Recursos de Suporte.* Foi desenvolvido um conjunto de ferramentas digitais que integra tecnologias como o sistema LMS unificado (complementado com o Alice 3D e laboratórios para os conceitos de polimorfismo e herança). O desenvolvimento incluiu aplicações baseadas em sensores e reconhecimento de movimentos, com funcionalidades voltadas para proporcionar *feedback* instantâneo e engajamento dos alunos.
- *Análise Quantitativa e Qualitativa.* Para avaliar a eficácia do método proposto, foram conduzidas análises quantitativas e qualitativas com grupos experimentais e de controle. Os dados incluirão desempenho acadêmico, engajamento e percepção dos alunos. Técnicas de análise de dados permitirão identificar impactos no aprendizado e no engajamento dos alunos.
- *Aprimoramento do Método.* Com base nos resultados das avaliações, ajustes e melhorias foram realizados aprimorando o método e as ferramentas desenvolvidas, visando maior eficácia e aplicabilidade em diferentes contextos educacionais.

Destaca-se que este trabalho pretende oferecer contribuições significativas ao campo da Computação e da educação, com foco no ensino de POO. As principais contribuições de pesquisa esperadas incluem: (1) avanço no ensino de POO, uma vez que visa contribuir para uma melhor compreensão e assimilação dos conceitos abstratos de POO, (2) exploração de aprendizagem corporificada no ensino de computação ao oferecer uma perspectiva única que alia interações físicas e digitais, (3) proposta de método prático

e escalável, uma vez que ela busca aliar o custo de aplicação e inovação, sendo especialmente relevante para instituições com recursos limitados, (4) contribuições teóricas e empíricas para a literatura, espera-se fornecer *insights* sobre os desafios, benefícios e melhores práticas no uso de atividades físicas e interativas para ensinar conceitos complexos, (5) integração de tecnologias no ensino de POO, ao demonstrar como tecnologias acessíveis, como sensores, sistemas baseados em reconhecimento de movimentos e plataformas LMS, podem ser integradas a métodos pedagógicos inovadores e (6) conexão entre abstração e concretude no ensino, espera-se que por meio de atividades práticas, interativas e sensoriais, o trabalho oferecerá novas formas de conectar conceitos abstratos de POO com experiências concretas, enriquecendo o repertório pedagógico disponível para educadores na área de computação.

O *Embodied Programming Learning Method* (EPLM) é um método de ensino desenvolvido para que professores das disciplinas de POO possam planejar e desenvolver atividades com seus alunos de modo a estimular a Aprendizagem Corporificada. O professor assume papel central como mediador, sendo responsável por:

- Planejar e adaptar as atividades propostas pelo método ao seu contexto específico.
- Conduzir as práticas de Aprendizagem Corporificada em sala de aula.
- Utilizar as ferramentas tecnológicas e tangíveis como recursos pedagógicos.
- Avaliar o progresso dos alunos e realizar ajustes necessários.

Os alunos, como beneficiários do método, experimentam os resultados por meio da mediação do professor, que se refletem em seu engajamento, motivação e retenção do conhecimento. O sucesso do método depende fundamentalmente da apropriação e aplicação adequada pelos professores e alunos, que precisam estar convencidos de sua eficácia e preparados para sua utilização.

É importante destacar que, embora o EPLM tenha sido inicialmente aplicado e validado no contexto do ensino técnico, sua estrutura metodológica foi concebida com flexibilidade intencional, permitindo adaptações para diferentes níveis educacionais. As atividades de Aprendizagem Corporificada, os recursos tecnológicos e os objetos tangíveis podem ser ajustados conforme a complexidade apropriada para alunos do ensino

fundamental, médio, técnico e graduação, mantendo-se os princípios fundamentais que caracterizam o método.

#### **1.4. Estrutura da Proposta**

A dissertação é composta por sete capítulos, organizados da seguinte forma:

- Capítulo 1: Apresenta o contexto e a motivação do estudo, define a problemática, objetivos, contribuições e métodos, além de oferecer uma visão geral da estrutura do trabalho.
- Capítulo 2: Discute os fundamentos teóricos que embasam a pesquisa, incluindo conceitos sobre POO, aprendizagem corporificada e design instrucional, além de detalhar as técnicas e ferramentas utilizadas.
- Capítulo 3: Realiza uma revisão dos estudos existentes sobre a aprendizagem corporificada no ensino de computação, identificando lacunas e oportunidades que justificam a proposta desta pesquisa.
- Capítulo 4: Detalha o método desenvolvido, apresentando cada etapa do método proposto e como ele integra atividades interativas e tecnológicas no ensino de POO.
- Capítulo 5: Descreve o contexto de implementação do método, as atividades realizadas e os desafios enfrentados, além de apresentar evidências coletadas durante a execução.
- Capítulo 6: Analisa os resultados obtidos com base nos dados coletados, avaliando a eficácia do método proposto em termos de engajamento, compreensão e retenção de conceitos de POO.
- Capítulo 7: Resume os principais achados da pesquisa, discute as implicações pedagógicas e contribuições teóricas, além de apontar limitações e direções para trabalhos futuros.
- Apêndice I: Questionário de verificação de nível de compreensão a Programação Orientada a Objetos - Turma A (Grupo Experimental). Contém perguntas diagnósticas utilizadas antes e após a aplicação do método, visando avaliar o impacto da abordagem no entendimento dos conceitos de POO.

- Apêndice II: Questionário de verificação de nível de compreensão a Programação Orientada a Objetos - Turma B (Grupo Controle). Apresenta as questões aplicadas à turma controle, que seguiu metodologia tradicional, para comparação dos resultados com a Turma A.
- Apêndice III: Avaliação de Feedback do Método EPLM aplicado à Turma A (Grupo Experimental). Relata a percepção dos alunos quanto à eficácia, engajamento e receptividade da abordagem de aprendizagem corporificada.
- Apêndice IV: Interface do LMS *Embodied Programming Learning Method* (EPLM). Ilustra o sistema LMS desenvolvido especificamente para suportar a aplicação prática do EPLM.

## **2. Referencial Teórico e Metodológico**

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos e metodológicos que embasam este trabalho, explorando conceitos-chave, abordagens pedagógicas e métodos utilizados. A seguir, são discutidos temas como aprendizagem corporificada, design instrucional, ensino de POO e a integração de tecnologias educacionais. Esses elementos fornecem o arcabouço necessário para a compreensão e aplicação do método proposto.

### **2.1. Ensino de Programação Orientada e Objetos**

A programação possui grande relevância no ensino em cursos de Ciência da Computação, isso porque as habilidades desenvolvidas à partir dos seus conceitos são utilizadas em diferentes contextos da tecnologia da informação, extrapolando o âmbito da programação somente, portanto, a medida que a tecnologia avança a sua importância também aumenta. Lu et al. (2017) ressalta que, com o rápido desenvolvimento da tecnologia da informação, as habilidades de programação se tornaram cada vez mais cruciais. Os mesmos autores continuam afirmando que a importância do aprendizado de programação como uma habilidade fundamental que precisa ser desenvolvida em vários níveis educacionais, desde o ensino médio até a faculdade.

O desenvolvimento de software moderno está diretamente ligado a POO, isso faz com que seja um conceito fundamental nos cursos de Ciência da Computação, especialmente aqueles que envolvem desenvolvimento de software e programação. Gutiérrez et al. (2022) enfatizam que o ensino de POO é crucial para os alunos adquirirem habilidades essenciais em programação e desenvolvimento de software. Em Diaz-Leyva e Chamorro-Atalaya (2020) é ressaltado que o aprendizado da POO é essencial para os estudantes que desejam atuar no desenvolvimento de software, pois a POO é o principal paradigma utilizado no desenvolvimento de software atualmente.

A POO é um estilo de programação fundamentado no conceito de objetos, entidades com suas propriedades (atributos) e ações (métodos). Este paradigma estrutura os programas como um conjunto de objetos interagindo entre si, organizados em categorias que são as classes. Para Lewis e Loftus (2017) a POO é definida como um paradigma de programação que se baseia na ideia de "objetos", que são instâncias de classes e possuem atributos e comportamentos específicos.



É de suma importância que o aluno tenha uma base sólida dos fundamentos de POO, logicamente isso está relacionado ao bom aproveitamento na compreensão dos conceitos básicos, que são fundamentais para a sua evolução no processo de aprendizagem. Para Armstrong (2006) destaca-se que a dificuldade em aprender POO pode estar relacionada à falta de consenso sobre os conceitos essenciais que definem essa abordagem. Existe forte literatura e para muitos dos estudos analisados os conceitos básicos de POO são, classes, objetos, métodos, herança, polimorfismo e encapsulamento (Armstrong (2006); DÁvila e Giraffa (2023); Diaz-Leyva e Chamorro-Atalaya (2020); Zanetti et al., 2022)).

### **2.1.1. Conceitos Fundamentais de POO**

Os conceitos fundamentais de POO incluem:

- *Abstração*: A abstração representa um conceito primordial tanto na POO quanto no Pensamento Computacional. Na POO, como destacado por Franco (2014), abstração refere-se ao processo de identificar as características essenciais de um objeto, deixando de lado detalhes não pertinentes ao contexto atual, permitindo a criação de classes que modelam entidades do mundo real de forma simplificada e eficiente. É interessante notar que a abstração também constitui um dos quatro pilares fundamentais do Pensamento Computacional, ao lado da decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmos Wing (2006).

Esta sobreposição de conceitos sugere uma integração natural entre o ensino de POO e do Pensamento Computacional, onde aprender um pode reforçar o entendimento do outro. Alunos que desenvolvem habilidades de abstração no contexto do Pensamento Computacional potencialmente estão construindo bases conceituais que facilitarão seu entendimento futuro dos princípios de POO Grover e Pea (2013).

- *Classes*: Em POO, uma classe é uma estrutura que define um tipo de objeto, especificando os atributos que o objeto pode conter e os métodos que podem ser aplicados a esse objeto. De acordo com Mitchell (2003) as classes são estruturas fundamentais que permitem a criação de objetos com

propriedades e comportamentos específicos, servindo como modelos para a criação de objetos e definindo seus atributos e métodos.

- *Objetos*: Uma instância em POO é a representação real de uma classe, ou seja, é um objeto específico criado a partir de uma classe. Uma instância refere-se à criação concreta de um objeto a partir de uma classe. Quando um objeto é instanciado, ele passa a existir na memória do computador com base na estrutura e comportamento definidos pela classe Lewis e Loftus (2017). Os autores ainda complementam dizendo que os objetos são instâncias das classes, que possuem atributos e comportamentos específicos.
- *Métodos*: Os métodos são responsáveis por definir o comportamento dos objetos de uma classe, ou seja, as ações que os objetos podem realizar. Eles representam as operações que podem ser executadas pelos objetos de uma classe e são essenciais para o funcionamento e interação entre os objetos. Para Mitchell (2003) os métodos são funções associadas a objetos e são utilizados para definir o comportamento dos objetos de uma determinada classe. Eles representam as ações que um objeto pode realizar e são essenciais para a interação entre objetos em um sistema orientado a objetos.
- *Herança*: A herança é um conceito muito importante na POO, isso porque sua utilização é um facilitador permitindo que uma classe adquira propriedades e funções de outra classe, por isso, uma classe descendente tem a capacidade de ampliar e aproveitar as funcionalidades de sua classe antecessora, contribuindo para o reaproveitamento de código além de promover uma estruturação hierárquica dos objetos. Mitchell (2003) corrobora quando diz que a herança é um conceito fundamental e que permite que uma classe herde atributos e métodos de outra classe, facilitando a reutilização de código e a organização hierárquica de classes. A herança é uma característica importante para a criação de relacionamentos entre classes e para a construção de hierarquias de classes em sistemas orientados a objetos.
- *Polimorfismo*: O polimorfismo é um dos princípios fundamentais da POO e refere-se à capacidade de objetos de classes diferentes responderem de

maneira distinta a uma mesma mensagem. Isso significa que um mesmo método pode ser implementado de formas diferentes em classes distintas. Para (Carvalho, 2011) o polimorfismo é um importante conceito da POO e refere-se à capacidade de um mesmo método se comportar de maneiras diferentes dependendo do objeto que o invoca. Através do polimorfismo, um método pode ser implementado de formas distintas em classes diferentes, permitindo que objetos de classes diferentes possam executar o mesmo método de maneira específica para cada classe, isso proporciona por exemplo, flexibilidade e reutilização de código, uma vez que um método pode ser compartilhado por diversas classes, adaptando-se ao contexto de cada uma delas.

- *Encapsulamento*: O encapsulamento é uma técnica utilizada para restringir o acesso direto aos atributos de um objeto, garantindo que seu estado interno seja protegido e acessado apenas por meio de métodos específicos da classe, permitindo que a complexidade interna de um objeto fique permaneça oculta, fornecendo uma interface clara e controlada para interagir com ele. Ao encapsular os atributos de um objeto, evita-se que seu estado seja modificado de forma inadequada, garantindo a integridade dos dados e facilitando a manutenção do código.

### **2.1.2. Estratégias Colaborativas no Ensino de POO**

O ensino de programação pode ser potencializado através de diferentes estratégias pedagógicas, com destaque para as abordagens colaborativas. O trabalho em pares, em particular, tem demonstrado resultados significativos no contexto educacional da computação. Nagappan et al. (2003) demonstram que esta abordagem aumenta significativamente a taxa de conclusão dos cursos e melhora a qualidade do código produzido pelos alunos, além de desenvolver maior confiança na programação.

Em McDowell et al. (2003) apresentam evidências de que estudantes que trabalham em pares não apenas têm maior probabilidade de permanecer nos cursos, mas também completam o curso com notas mais altas e demonstram maior interesse em seguir carreiras relacionadas à computação. Esta abordagem colaborativa tem se mostrado particularmente

eficaz para o aprendizado de conceitos complexos, como os encontrados na programação orientada a objetos.

Hanks (2008) complementa que a prática colaborativa desenvolve habilidades essenciais de comunicação e facilita a compreensão dos conceitos de programação. O autor destaca que, além dos benefícios técnicos, o trabalho em pares promove o desenvolvimento de habilidades sociais e profissionais importantes para a carreira em computação.

Estudos mais recentes, como o de Umapathy e Ritzhaupt (2017), através de uma meta-análise abrangente, confirmam a eficácia do trabalho em pares no contexto educacional, destacando benefícios como melhor compreensão conceitual, maior engajamento dos alunos e desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas. A colaboração entre pares tem se mostrado especialmente valiosa no ensino de POO, onde conceitos abstratos podem ser discutidos e explorados conjuntamente.

É importante distinguir o trabalho em pares na programação (pair programming), utilizado neste método, do Peer Instruction desenvolvido por Eric Mazur Crouch e Mazur (2001). Enquanto o Peer Instruction é uma metodologia estruturada de ensino que envolve discussões entre alunos após questões conceituais, no presente trabalho utilizamos o trabalho em pares como uma estratégia colaborativa onde dois alunos trabalham juntos, potencializando o aprendizado mútuo através da reflexão compartilhada.

No contexto do nosso método para ensino de POO, o trabalho em pares é implementado de forma que um aluno encena os conceitos por meio de gestos e representações físicas, enquanto o outro transpõe essas representações para o ambiente digital. Esta abordagem colaborativa promove a reflexão conjunta sobre conceitos abstratos, permitindo que um aluno potencialize o aprendizado do outro através da discussão contínua sobre as decisões e implementações Williams et al. (2000). Esta dinâmica mostrou-se particularmente eficaz para conceitos complexos, facilitando a transposição entre o mundo físico e as abstrações da programação.

### **2.1.3. Desafios e Complexidades no Ensino de POO**

O processo de ensino e aprendizagem de POO é complexo e apresenta dificuldades. Desde o início do ensino desse paradigma, pesquisadores já relatavam problemas encontrados por seus alunos Zanetti et al. (2022).

A mudança de paradigma da estruturada para a orientação objetos é um problema para muitos alunos, isso porque na grande maioria dos cursos relacionados a programação o aprendizado de programação inicia com a programação estruturada e depois num determinado momento ou disciplina inicia-se a POO. No estudo Diaz-Leyva e Chamorro-Atalaya (2020) foi identificado que os alunos enfrentam desafios significativos na progressão da abordagem de programação estruturada para a programação orientada a objetos. Os resultados destacaram a importância de compreender as dificuldades de aprendizagem dos alunos nesse contexto.

A compreensão dos conceitos básicos de POO pode ser ainda mais importante do que ensinar para o aluno uma linguagem de programação orientada a objetos, isso porque completada esta etapa de maneira satisfatória será consideravelmente mais fácil aprender qualquer linguagem relacionada a este paradigma. Para Zanetti et al. (2022) ensinar POO vai além de ensinar linguagens e técnicas de programação, sendo essencial focar nos conceitos fundamentais do paradigma.

Os alunos enfrentam dificuldades em compreender conceitos abstratos e fundamentais da POO, os quais são essenciais para o desenvolvimento de software. Essa dificuldade em assimilar os conceitos abstratos da POO pode impactar negativamente o desempenho acadêmico dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais desafiador Diaz-Leyva e Chamorro-Atalaya (2020).

Um dos primeiros obstáculos enfrentados pelos alunos é a distinção entre classes, objetos e métodos. Para Gutiérrez et al. (2022), os alunos frequentemente enfrentam dificuldades em distinguir entre uma classe e um objeto, o que pode impactar sua capacidade de aplicar corretamente esses conceitos na prática, os autores complementam dizendo que os alunos também enfrentam dificuldades em assimilar a complexidade do conceito de método na programação orientada a objetos.

Para Ahmad et al. (2018) os conceitos abstratos da POO, como herança e polimorfismo, podem ser desafiadores para os alunos, especialmente por sua natureza distante de objetos do mundo real. Isso pode levar a concepções errôneas e dificuldades na aplicação prática desses conceitos.

## **2.2. Cognição Corporificada e Aprendizagem Corporificada**

A Cognição Corporificada (*Embodied Cognition*) é uma teoria que argumenta que os processos cognitivos humanos estão profundamente ligados ao corpo físico e às interações com o ambiente. Essa perspectiva desafia modelos cognitivos tradicionais que consideram a mente como separada do corpo, sugerindo que o aprendizado e o pensamento não ocorrem apenas no cérebro, mas também através das experiências sensoriais e motoras.

Segundo Barsalou (2008), a cognição não é isolada, mas sim um processo integrado que envolve percepção, ação e emoção. Essa teoria tem implicações significativas para a educação, pois sugere que incorporar o corpo no processo de aprendizado pode tornar o ensino mais eficaz, especialmente em disciplinas que envolvem conceitos abstratos, como a POO.

No ensino, a Cognição Corporificada sugere que as experiências sensoriais e motoras desempenham um papel essencial no processo de aprendizado, especialmente ao conectar informações teóricas a aplicações práticas. Essa abordagem oferece uma nova perspectiva para superar desafios educacionais em disciplinas técnicas e científicas.

O Aprendizagem Corporificada é uma abordagem educacional que aplica os princípios da Cognição Corporificada ao contexto de ensino, promovendo a integração de interações físicas, sensoriais e motoras como parte do processo de aprendizado. Essa abordagem propõe que, ao vivenciar fisicamente conceitos abstratos, os alunos podem estabelecer conexões mais significativas com os conteúdos, melhorando sua compreensão e retenção. Conforme destacado por Gonçalves et al. (2024), a literatura apresenta diversos benefícios da integração entre interações corporificadas e tecnologia no processo de aprendizagem, evidenciando o potencial dessa abordagem para criar ambientes educacionais mais efetivos.

O conceito de Aprendizagem Corporificada tem suas raízes na teoria da Cognição Corporificada, que sugere que a natureza do corpo humano influencia significativamente como e o que aprendemos. Esta abordagem pedagógica fundamenta-se nos trabalhos seminais de Lakoff e Johnson (1999), que argumentam que nossa compreensão do mundo é intrinsecamente ligada às nossas experiências corporais e sensório-motoras.

Para Wilson (2002) o aprendizado ocorre através da integração entre percepção sensorial e ação motora. Quando os alunos podem manipular fisicamente conceitos abstratos, eles desenvolvem uma compreensão mais profunda e duradoura. No contexto educacional, a Aprendizagem Corporificada tem demonstrado benefícios significativos:

- **Retenção Aprimorada:** Estudos conduzidos por Skulmowski e Rey (2018) indicam que a incorporação de movimentos físicos na aprendizagem pode aumentar significativamente a retenção de informações em comparação com métodos tradicionais.
- **Engajamento Ativo:** A natureza interativa da Aprendizagem Corporificada promove um maior envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem Johnson-Glenberg et al. (2016).
- **Compreensão Conceitual:** A manipulação física de conceitos abstratos pode facilitar a compreensão de ideias complexas, especialmente em áreas como matemática e ciências Abrahamson e Lindgren (2014).

De acordo com Chung e 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. Essa abordagem tem se mostrado eficaz em disciplinas que exigem a compreensão de conceitos abstratos, como matemática, física e computação.

No ensino de POO, a Aprendizagem Corporificada pode oferecer oportunidades únicas para superar desafios comuns relacionados à abstração. Por exemplo, atividades práticas que conectem os conceitos de encapsulamento, herança e polimorfismo a experiências concretas podem tornar esses conceitos mais acessíveis para os alunos, facilitando sua aplicação em cenários reais de desenvolvimento de software.

A implementação de Aprendizagem Corporificada tem se beneficiado de várias soluções técnicas que conectam interações físicas e digitais ao processo de ensino. A seguir, apresentamos algumas abordagens amplamente utilizadas.

### **2.2.1. Aprendizagem Corporificada e Outras Abordagens Ativas**

A Aprendizagem Corporificada compartilha alguns princípios com outras metodologias ativas de ensino, como o Problem-Based Learning (PBL) e o Peer Instruction, embora se diferencie em aspectos fundamentais. Enquanto o PBL enfoca a resolução de problemas contextualizados e o Peer Instruction prioriza a interação social e a discussão entre pares Crouch e Mazur (2001), a Aprendizagem Corporificada destaca-se por centralizar as experiências físicas e sensoriais no processo de aprendizagem.

Prince (2004) define as metodologias ativas como aquelas que exigem que os estudantes realizem atividades significativas e reflitam sobre elas, em contraste com abordagens passivas onde os alunos apenas recebem informação. Neste espectro, a Aprendizagem Corporificada pode ser considerada uma extensão das metodologias ativas, acrescentando a dimensão corporal e sensorial à experiência educativa Skulmowski e Rey (2018).

No contexto específico do ensino de programação, enquanto o PBL poderia envolver a criação de soluções para problemas reais e o Peer Instruction focaria na discussão conceitual entre pares, a Aprendizagem Corporificada propõe a materialização física de conceitos abstratos, como demonstrado neste trabalho com o uso de objetos tangíveis para representar encapsulamento e movimentos corporais para ilustrar polimorfismo.

### **2.2.2. Estratégias para implementação do Aprendizagem Corporificada**

Na literatura, diversas práticas e técnicas têm sido documentadas para implementar efetivamente o Aprendizagem Corporificada em contextos educacionais. Estas abordagens podem ser categorizadas em diferentes níveis de incorporação física e tecnológica.



Segundo Alibali e Nathan (2012), o uso de gestos e movimentos corporais durante o aprendizado não apenas auxilia na comunicação, mas também desempenha um papel crucial no processamento cognitivo. Em seu estudo longitudinal com estudantes de matemática, demonstraram que alunos que utilizavam gestos específicos para representar conceitos matemáticos apresentavam melhor compreensão e retenção do conteúdo.

Johnson-Glenberg et al. (2016) desenvolveram um framework para classificar as atividades de Aprendizagem Corporificada em quatro níveis de incorporação, onde a manipulação de objetos físicos representa um dos níveis mais básicos mas efetivos. Seus estudos demonstraram que a interação física com objetos tangíveis aumenta significativamente o engajamento e a compreensão conceitual.

Lindgren et al. (2016) foram desenvolvidos sistemas de realidade mista onde estudantes interagem fisicamente com conceitos científicos através de movimentos corporais rastreados por sensores. Seus resultados mostram ganhos significativos na compreensão conceitual e maior engajamento dos alunos.

Antle e Wise (2013), os autores apresentam um framework para o design de interfaces tangíveis para aprendizagem, destacando como diferentes tipos de mapeamentos entre ações físicas e conceitos abstratos podem suportar diferentes aspectos do processo de aprendizagem.

Malinverni e Pares (2014) apresentam uma análise sistemática do uso de tecnologias interativas para Aprendizagem Corporificada, categorizando as abordagens em:

- Sensores de movimento (como Kinect).
- Interfaces tangíveis.
- Realidade Aumentada.
- Ambientes imersivos.

A implementação de Aprendizagem Corporificada tem se beneficiado de várias soluções técnicas que conectam interações físicas e digitais ao processo de ensino. A seguir, apresentamos algumas abordagens amplamente utilizadas:

- a) *Ferramentas Baseadas em Realidade Aumentada e Virtual:*** As tecnologias de Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR) são amplamente

utilizadas para criar experiências imersivas que conectam teoria à prática. Essas ferramentas permitem que os alunos interajam com conceitos abstratos em um ambiente visual dinâmico e tridimensional.

Exemplo: Aplicativos de AR que representam hierarquias de classes como estruturas 3D, onde os alunos podem manipular objetos virtuais para entender relações como herança.

Relevância para POO: Conforme destacado por Abrahamson e Lindgren (2014), esses sistemas podem facilitar a tradução de conceitos abstratos em representações visuais e tangíveis, auxiliando no processo de compreensão ao conectar ideias complexas com experiências concretas, especialmente em áreas como matemática, ciências e computação.

- b) *Ferramentas Físicas e Tangíveis:*** Recursos físicos, como blocos, caixas ou cartões, oferecem soluções acessíveis para implementar a Aprendizagem Corporificada em contextos com infraestrutura limitada. Esses materiais permitem que conceitos abstratos sejam representados por objetos tangíveis.

Exemplo: Caixas de papelão podem ser usadas para ilustrar encapsulamento, demonstrando como atributos são protegidos dentro de um objeto.

Relevância para POO: Ferramentas tangíveis conectam a teoria de POO a experiências práticas, especialmente para conceitos como encapsulamento e herança.

- c) *Sistemas Baseados em Reconhecimento de Movimento:*** Tecnologias como sensores de movimento, incluindo Kinect, X-Lobe e Teachable Machine, têm sido utilizadas para integrar movimentos corporais ao aprendizado. Esses sistemas reconhecem gestos e os conectam a conceitos teóricos.

Exemplo: Um sistema pode ser programado para reconhecer gestos que representam diferentes implementações de um método, ilustrando o polimorfismo.

Relevância para POO: A interação física permite que os alunos experimentem conceitos de forma concreta, reforçando sua compreensão.

- d) *Ambientes de Programação Interativa*: Plataformas de programação interativa, como Alice 3D, Scratch e Code.org, combinam elementos da Aprendizagem Corporificada com interfaces visuais. Essas ferramentas ajudam os alunos a visualizar conceitos de POO enquanto praticam programação.

Exemplo: No Alice 3D, os alunos podem criar cenários onde objetos interagem, simulando conceitos.

Relevância para POO: Essas plataformas tornam o aprendizado mais acessível e envolvente, especialmente para iniciantes.

- e) *Representação e encenação (role-playing)*: Esta estratégia pedagógica permite que estudantes vivenciem corporalmente os processos computacionais, facilitando a compreensão de conceitos que tradicionalmente são apresentados apenas de forma teórica ou através de representações visuais estáticas.

Exemplo: Durante uma aula sobre classes, objetos e métodos, os alunos trabalham em duplas. Um aluno desempenha o papel de um objeto, executando ações e respondendo a comandos (métodos), enquanto o outro aluno implementa essas interações no Alice 3D.

Relevância para POO: A estratégia de representação e encenação é altamente relevante para POO porque ajuda os alunos a compreenderem a dinâmica entre classes, objetos e métodos de forma prática e interativa.

## 2.3. Design Instrucional

O Design Instrucional é uma disciplina que combina teorias da educação, psicologia e comunicação para planejar, desenvolver e implementar experiências de aprendizado eficazes e alinhadas às necessidades dos alunos. Sua função principal é criar ambientes educacionais que facilitem a aquisição de conhecimentos, habilidades e competências, promovendo o engajamento e a retenção do conteúdo aprendido. Segundo Molenda (2003) o design instrucional é um processo sistemático e deliberado, projetado para melhorar a eficácia do ensino e otimizar os resultados de aprendizagem.

No ensino de disciplinas técnicas, como POO, o Design Instrucional desempenha um papel fundamental, especialmente devido à complexidade e à natureza abstrata dos

conceitos envolvidos. Nesse contexto, o Design Instrucional auxilia na criação de estratégias que traduzem esses conceitos em atividades práticas, enquanto integram abordagens pedagógicas inovadoras e tecnologias educacionais. Como destacado por Filatro (2008), o design instrucional pode ser compreendido como a utilização sistemática de métodos de desenvolvimento e planejamento em técnicas e atividades para o ensino e projetos educacionais apoiados por alguma tecnologia.

Além disso, o avanço da tecnologia e a crescente necessidade de metodologias de ensino inclusivas e inovadoras têm ampliado o alcance do Design Instrucional. Estudos recentes destacam sua relevância no desenvolvimento de soluções personalizadas que atendam às diversas realidades educacionais, incluindo o uso de tecnologias digitais e abordagens como o Aprendizagem Corporificada.

### **2.3.1. Modelo ADDIE**

O modelo ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation e Evaluation*) é uma das estruturas mais amplamente utilizadas no campo do Design Instrucional. Sua aplicação envolve cinco etapas sequenciais que promovem uma abordagem sistemática e iterativa para o planejamento educacional. Segundo Molenda (2003) o ADDIE representa uma estrutura fundamental para o desenvolvimento de experiências educacionais que equilibram inovação e rigor metodológico. Essa flexibilidade e clareza tornam o ADDIE ideal para contextos educacionais diversificados.

Segundo Branch (2009), o ADDIE é um processo sistemático estruturado em fases de Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação, permitindo revisões em cada etapa de forma cíclica. Essa característica de ajuste contínuo é particularmente útil na concepção de abordagens mais inovadoras, como a Aprendizagem Corporificada, que demandam flexibilidade e adaptações constantes a partir do feedback dos alunos.

O Modelo ADDIE é composto pelas seguintes fases:

- a) *Análise (Analysis)*: A análise é a fase inicial do processo e foca na identificação das necessidades educacionais, características do público-alvo e definição de objetivos de aprendizado. Segundo Filatro (2008), essa etapa estabelece as bases para o planejamento, garantindo que as estratégias sejam alinhadas ao contexto educacional.

- b) *Desenho (Design)*: O design envolve o planejamento de estratégias pedagógicas, materiais e atividades que atendam às necessidades identificadas na análise. Nesta etapa, são definidos os objetivos de aprendizado, os métodos e os recursos necessários. Martenstyaro e Rosmansyah (2015) destacam que esta fase é crucial para alinhar objetivos e estratégias pedagógicas.
- c) *Desenvolvimento (Development)*: Durante o desenvolvimento, os materiais e ferramentas educacionais são criados com base no planejamento estabelecido. Isso inclui vídeos, manuais, softwares educativos e plataformas interativas. Branch (2009), enfatiza que é essencial adequar esses produtos às características e necessidades do público-alvo, garantindo clareza, engajamento e alinhamento aos objetivos estabelecidos.
- d) *Implementação (Implementation)*: A implementação refere-se à execução do plano educacional, incluindo a preparação dos instrutores e alunos, bem como a aplicação prática das estratégias desenvolvidas. Segundo Martenstyaro e Rosmansyah (2015) a implementação é onde o plano se transforma em ação, sendo uma fase crítica para o sucesso do ensino.
- e) *Avaliação (Evaluation)*: A avaliação, que ocorre de forma contínua e final, mede a eficácia do plano educacional, identificando pontos fortes e áreas de melhoria. Molenda (2003) destaca que a avaliação é essencial para promover um ciclo contínuo de aperfeiçoamento no processo educacional.

A flexibilidade no modelo ADDIE reflete sua capacidade de adaptação a diferentes contextos e públicos-alvo. Por exemplo, a fase de Análise pode incluir ferramentas diagnósticas variadas, dependendo do perfil dos alunos e das condições institucionais. Essa abordagem permite personalizar os objetivos educacionais e alinhar os materiais desenvolvidos às reais necessidades dos aprendizes. Segundo Molenda (2003), a fase de análise no ADDIE é crucial para identificar requisitos de aprendizado específicos e criar soluções personalizadas, permitindo um ajuste eficiente às realidades de diferentes públicos.

Além disso, a flexibilidade também se manifesta na escolha de tecnologias e recursos. Como destacado em Constancio et al. (2018), a flexibilidade é uma característica

importante do modelo ADDIE, permitindo que ele seja adaptado às necessidades específicas de cada curso e contexto educacional. Essa integração amplia as possibilidades do modelo e torna a experiência educacional mais adaptável e relevante.

A iteração é outra característica vital do modelo ADDIE. Em vez de ser um processo linear, ele permite revisões constantes em todas as fases. Por exemplo, durante a fase de Desenvolvimento, os materiais educacionais podem ser testados em pilotos e revisados antes da implementação final. Isso garante maior qualidade e relevância das soluções instrucionais.

Na fase de Avaliação, o feedback obtido não apenas mede a eficácia do processo educacional, mas também fornece dados valiosos para retroalimentar e aprimorar fases anteriores. Segundo Molenda (2003) essa abordagem iterativa é essencial por contribuir para que os materiais e estratégias permaneçam alinhados com os objetivos educacionais ao longo do tempo.

### **2.3.2. Relevância do ADDIE para o Contexto desta Dissertação**

No contexto deste estudo, a flexibilidade e a iteração do modelo ADDIE serão aplicadas para integrar métodos inovadores, como a aplicação da Aprendizagem Corporificada ao ensino de POO. Por exemplo, a fase de Design incluirá o planejamento de atividades que combinem tecnologias acessíveis com práticas interativas baseadas em conceitos de POO, enquanto a fase de Avaliação utilizará feedback de alunos para ajustes contínuos no método proposto.

Branch e Kopcha (2014) Explora diferentes modelos de design instrucional e ressalta a versatilidade do ADDIE para acomodar metodologias emergentes. Esse texto evidência como o modelo consegue absorver novas tecnologias e estratégias pedagógicas, reafirmando sua capacidade de integrar atividades práticas e mais contextualizadas, como as de Aprendizagem Corporificada em seu processo cíclico de análise, design, desenvolvimento, implementação e avaliação.

Molenda (2003) discute como o ADDIE evoluiu ao longo do tempo e se mantém relevante justamente por permitir adaptações que incorporem práticas pedagógicas diversas o que inclui abordagens inovadoras que envolvam o corpo e o ambiente.

Para Chung e Hsiao (2019) o uso de abordagens interativas, como a Aprendizagem Corporificada, complementa o Design Instrucional ao oferecer atividades práticas que ajudam a transpor conceitos abstratos para o nível concreto. Isso reforça que o Design Instrucional não apenas suporta, mas potencializa a aplicação de estratégias inovadoras, permitindo maior alinhamento entre os objetivos pedagógicos e os métodos de ensino.

## ***2.4. Learning Management Systems***

Os *Learning Management Systems* (LMS) têm desempenhado um papel central na transformação digital da educação, oferecendo ferramentas para o gerenciamento, organização e entrega de conteúdo educacional em ambientes virtuais. No contexto do ensino de POO e da implementação de abordagens como a Aprendizagem Corporificada, os LMS oferecem uma infraestrutura essencial para apoiar estratégias pedagógicas inovadoras.

### **2.4.1. Definição e Relevância dos LMS no Ensino**

Os LMS são plataformas digitais desenvolvidas para facilitar o gerenciamento de cursos, proporcionando um ambiente virtual que integra planejamento, execução e avaliação de atividades educacionais. De acordo com Martins et al. (2018), os LMS são ferramentas críticas que facilitam não apenas a organização de conteúdos educacionais, mas também o monitoramento do progresso dos alunos, promovendo uma experiência de aprendizado mais interativa e colaborativa. Essas plataformas desempenham um papel central no suporte à personalização do ensino e na promoção de um aprendizado mais eficaz por meio da integração de ferramentas digitais.

A relevância dos LMS se intensifica em contextos em que é necessário adaptar métodos de ensino a demandas contemporâneas, como a inclusão de atividades práticas e interativas. Esses sistemas possibilitam que os alunos acessem conteúdos de maneira flexível, de qualquer lugar e em qualquer horário, ampliando o alcance e a eficácia do aprendizado, como destacado por Chung e Hsiao (2019) na aplicação de ferramentas tecnológicas em ensino interativo.

### 2.4.2. Principais Ferramentas LMS

A diversidade de ferramentas LMS disponíveis oferece opções que atendem a diferentes demandas educacionais e contextos institucionais. Abaixo, destacam-se algumas das mais utilizadas:

- Moodle: Uma plataforma de código aberto amplamente utilizada, conhecida por sua flexibilidade e adaptabilidade. Permite a customização de atividades e a integração com ferramentas externas, tornando-se ideal para instituições que buscam uma solução robusta e extensível.
- WordPress: Com *plugins* como LearnDash e Tutor LMS, o WordPress pode ser transformado em uma poderosa plataforma LMS. Sua interface amigável e sua capacidade de integração com outras ferramentas tornam-no uma escolha popular para projetos educacionais personalizados.
- Blackboard: Um LMS comercial robusto que se destaca por suas ferramentas de colaboração, como fóruns e wikis, além de relatórios detalhados sobre o desempenho dos alunos. É amplamente adotado em universidades e instituições corporativas.
- Google Classroom: Uma solução gratuita e integrada ao Google Workspace, ideal para escolas e pequenos cursos que desejam uma interface leve e fácil de usar.
- Canvas: Um LMS moderno com funcionalidades avançadas, como integração com sistemas de *analytics* e suporte para dispositivos móveis. É amplamente utilizado em instituições de ensino superior que priorizam a experiência do usuário e a inovação tecnológica.

### 2.4.3. Benefícios dos LMS para este trabalho

Os LMS desempenham um papel estratégico no suporte ao Design Instrucional e na integração de metodologias inovadoras, como a Aprendizagem Corporificada. Essas plataformas permitem que as etapas do modelo ADDIE sejam implementadas de forma coesa, com destaque para a organização dos materiais na fase de Desenvolvimento e a entrega dos conteúdos na fase de Implementação.



Dentre os benefícios no suporte ao Design Instrucional destaca-se:

- Centralização de Conteúdo: Facilita o acesso a materiais, promovendo uma organização estruturada e intuitiva.
- Monitoramento do Aprendizado: Ferramentas de análise integradas permitem que educadores acompanhem o progresso e identifiquem áreas de dificuldade dos alunos.
- Interatividade: Recursos como *quizzes*, fóruns e tarefas gamificadas promovem maior engajamento dos alunos.

Dentre as possibilidades de integração com Aprendizagem Corporificada destaca-se:

- Flexibilidade para Experimentos Interativos: Atividades baseadas em Aprendizagem Corporificada, como simulações e laboratórios virtuais, podem ser configuradas no LMS para permitir uma aplicação prática dos conceitos de POO.
- *Feedback* Imediato: Sistemas de feedback em tempo real, integrados ao LMS, ajudam os alunos a corrigir erros rapidamente e reforçar o aprendizado.
- Acessibilidade: Permite que atividades baseadas em Aprendizagem Corporificada sejam realizadas remotamente, ampliando o alcance para contextos educacionais com recursos limitados.

### 3. Revisão da Literatura e Trabalhos Relacionados

Este capítulo detalha revisão da literatura realizada e os principais trabalhos relacionados. A Seção 3.1 apresenta a metodologia de revisão empregada, a Seção 3.2 apresenta os resultados da revisão da literatura e a Seção 3.3 apresenta a análise dos resultados com destaque aos principais trabalhos relacionados à esta dissertação e o diferencial da pesquisa e as implicações para o desenvolvimento do método aqui proposto.

#### 3.1. Metodologia da Revisão de Literatura

A análise sistemática da literatura consiste em uma compilação dos achados de pesquisas que se concentram em um tópico particular. Esta seção visa elucidar o método adotado para a análise feita neste estudo. Segundo Sampaio e Mancini (2007), análises sistemáticas são elaboradas de forma meticulosa, clara e que permitam reprodução. Tal análise orienta a criação de projetos, apoia possíveis pesquisas futuras e destaca os métodos de investigação empregados em determinado campo.

A revisão aqui apresentada segue o guia de análise sistemática proposto por Kitchenham (2004). A abordagem estabelecida pela autora estrutura uma análise sistemática em três fases centrais: planejamento, implementação e reflexão sobre a análise.

No estágio de planejamento, reconhece-se a relevância da análise e estabelece-se seu protocolo. O primeiro passo foi formular a questão central desta revisão de literatura: *Quais técnicas estão sendo aplicadas para a utilização de Aprendizagem Corporificada no ensino de computação?*

Tendo a questão principal da revisão determinada, pôde-se fixar o protocolo da investigação. Na Tabela 1 estão apresentados os critérios determinados para a investigação, que abrangem a tática de busca, os bancos de dados explorados e os termos-chave adotados nas buscas.

**Tabela 1. Parâmetro da Pesquisa de Extração de Dados**

Parâmetro	Descrição
Estratégia	Artigos de 2010 a 2024 publicados em revistas e congressos, em inglês.
Fontes de pesquisa	ACM DL, IEEE Xplore, Science Direct e Springer Link.
String de busca	" <i>embodied learning</i> " AND ("programming" OR "algorithm" OR "computer science" OR "computational thinking")

Três ações foram realizadas para obter a seleção preliminar, são elas: (1) definição das *strings* de busca, (2) execução das buscas e (3) seleção preliminar dos trabalhos.

O objetivo desta análise é Aprendizagem Corporificada no ensino de computação, e para isso, determinados termos-chave foram empregados na *string* de busca principal. A formulação da consulta foi desenvolvida a partir desses termos, utilizando os operadores lógicos “AND” e “OR”, atendendo às especificidades de cada base de dados escolhida:

O foco desta revisão em Aprendizagem Corporificada no ensino de computação, foram utilizadas as seguintes palavras chaves, na *string* de busca principal. A construção da *string* de busca foi feita a partir dos termos chaves utilizando-se os operadores lógicos “AND” e “OR”, e respeitando as particularidades de busca de cada base selecionada:

*"embodied learning" AND ("programming" OR "algorithm" OR "computer science" OR "computational thinking")*

Executada a busca inicial, obteve-se um total de 58 artigos, sendo 11 de IEEE Xplore, 4 de Science Direct, 3 de ACM Digital Library e 40 de Springer Link. Após, foi necessário refinar a pesquisa utilizando critérios de inclusão e exclusão aplicados a partir da leitura do Título, Palavras Chaves e Resumo de cada artigo. Os critérios definidos para incluir ou excluir os estudos da análise são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2. Critérios de seleção da revisão sistemática.**

<b>Critério</b>	<b>ID</b>	<b>Descrição</b>
Inclusão	I1	Considerar pesquisas que envolvam aprendizagem corporificada aplicado no ensino de ciência da computação.
	I2	Considerar pesquisas que envolvam aprendizagem corporificada aplicado no ensino de algoritmo e programação.
	I3	Considerar pesquisas que envolvam aprendizagem corporificada aplicado no ensino de computação em geral.
Exclusão	E1	Artigos com idiomas diferentes do Inglês e do Português
	E2	Artigos do mesmo título, tema e autor, em diferentes bases
	E3	Artigos que possuam apenas título e resumo, sem corpo

### **3.2. Resultados da Revisão de Literatura**

A partir do resultado da pesquisa inicial e da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão detalhados na Tabela 2, os 58 artigos inicialmente identificados foram reduzidos

a 11 artigos relevantes para análise detalhada. Esta filtragem evidencia a escassez de estudos que abordam especificamente a integração da Aprendizagem Corporificada no ensino de computação, particularmente no contexto de POO. A seguir, apresenta-se a síntese desses trabalhos selecionados.

Chung e Hsiao (2019) desenvolvem um sistema de realidade aumentada que integra reconhecimento de gestos ao ensino de ciência da computação. O sistema transforma conceitos abstratos em experiências sensório-motoras durante o processo de aprendizagem, demonstrando melhorias significativas na compreensão dos alunos.

Zhang et al. (2021) apresentam uma revisão sistemática que analisa 14 estudos sobre Aprendizagem Corporificada no contexto educacional. Os autores identificam como o design instrucional baseado em cognição incorporada pode melhorar os resultados de aprendizagem, fornecendo diretrizes práticas para implementação.

Banic e Gamboa (2019) implementam um sistema de aprendizagem baseado em problemas de design visual em ambiente virtual. A solução utiliza exibições imersivas e suporte remoto, demonstrando aumento no engajamento e na compreensão dos conceitos de programação.

Litts et al. (2019) desenvolvem um método para ensino de algoritmos computacionais através da criação de jogos em realidade mista. O estudo demonstra como crianças compreendem e depuram conceitos computacionais através da integração entre experiências físicas e digitais.

Thorburn (2018) apresenta uma análise das perspectivas de Deweyan aplicadas à educação física. O autor estabelece conexões entre Aprendizagem Corporificada e desenvolvimento social e moral, demonstrando como os princípios educacionais de Dewey podem contribuir para as práticas atuais de educação física.

Dufva e Dufva (2019) propõem uma estrutura teórica sobre a integração entre aprendizado incorporado e digitalização na educação. Os autores demonstram como diferentes formas de conhecimento, além do pensamento racional, podem capacitar indivíduos a compreenderem e participarem de uma sociedade digitalizada.

Chettaoui et al. (2020) desenvolvem um espaço multimodal e adaptável para Aprendizagem Corporificada. O sistema implementa experiências de aprendizagem

interativas através de movimentos corporais, utilizando o sistema solar como estudo de caso para demonstrar a eficácia da abordagem.

Schmidt et al. (2019) apresentam um estudo experimental sobre os efeitos da Aprendizagem Corporificada no ensino de línguas estrangeiras. Os autores avaliam o impacto de atividades físicas específicas no aprendizado de vocabulário e no desempenho atencional de crianças, comparando resultados com métodos tradicionais de ensino.

Resnyansky (2022) propõe um ambiente de aprendizagem que combina interfaces tangíveis e realidade aumentada. O sistema permite interação natural com materiais didáticos e contextualização das informações no espaço 3D, facilitando a instrução de programação.

Taylor et al. (2021) analisam o papel do corpo físico na aprendizagem ativa em robótica. Embora o estudo não esteja diretamente relacionado à Aprendizagem Corporificada no ensino de computação, os autores contribuem com insights sobre a importância da interação física no processo de aprendizagem.

Pillat et al. (2012) implementam um sistema de realidade mista para ensino de conceitos STEM. A solução permite que os usuários utilizem seus corpos para representar conceitos, melhorando a compreensão e retenção através de metáforas corporais.

### **3.3. Discussão e Análise dos Resultados dos Trabalhos Relacionados**

A partir dos 11 trabalhos inicialmente selecionados na revisão da literatura, identificou-se que apenas 5 estão diretamente alinhados com o objetivo principal deste trabalho, que é identificar métodos para utilização de Aprendizagem Corporificada no ensino de computação. Esta constatação já evidencia uma primeira lacuna significativa na literatura: a escassez de estudos que abordam especificamente a integração da Aprendizagem Corporificada no ensino de computação.

A análise aprofundada destes cinco trabalhos relacionados demonstra que os alunos apresentam melhor aprendizado quando interagem com o conteúdo usando seus corpos e sentidos, em vez de apenas ouvir ou ler sobre o assunto. Esta observação é corroborada por Chung e Hsiao (2019), que enfatizam como as experiências sensorio-motoras podem melhorar a cognição e compreensão do material de aprendizagem.

### 3.3.1. Análise Comparativa dos Trabalhos Relacionados

Para facilitar a compreensão e comparação sistemática dos trabalhos relacionados, a Tabela 3 apresenta uma síntese das principais características de cada estudo, incluindo público-alvo, assunto abordado na computação, abordagem pedagógica e tecnologias utilizadas.

**Tabela 3. Comparação dos Trabalhos Relacionados e a Dissertação.**

Artigo	Público do estudo	Assunto na computação	Abordagem pedagógica para aplicar os conceitos de Aprendizagem Corporificada	Tecnologias
Chung e Hsiao (2019)	Ensino Médio e Ensino Superior	Pensamento Computacional e Programação	A abordagem pedagógica integra a aprendizagem baseada em problemas com design visual em um ambiente virtual para melhorar 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 suporte remoto de colegas. Este método se concentra na resolução de problemas de design visual usando programação, o que aumenta o envolvimento, a aquisição de conhecimento e a aprendizagem autodirigida.	A implementação envolveu o uso de tecnologias de Realidade Aumentada junto com sensores móveis para capturar interações físicas, como gestos na tela e movimentos corporais, através de acelerômetros e giroscópios, integrados em um aplicativo móvel chamado Ogmented.
Banic e 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 através das lentes de crianças que criam seus próprios jogos de Realidade Mista. A abordagem pedagógica permite que as crianças incorporem algoritmos computacionais	A implementação envolveu o uso de tecnologias de Realidade Mista para permitir que crianças projetem e depurem jogos, através de uma

			depurando e interagindo fisicamente com o ambiente do jogo. As crianças 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 através da brincadeira e do design.	plataforma específica para desenvolvimento usando GPS, iBeacons, Realidade Aumentada e QR Code em um aplicativo acessível apenas em dispositivos iOS.
Resnyansky (2022)	Ensino Médio	Ensino de Programação	A abordagem pedagógica neste documento centra-se na utilização de tecnologias de Realidade Aumentada e Interface de Utilizador Tangível para apoiar a aprendizagem de linguagens de programação. O Ambiente de Aprendizagem de Programação de Realidade Aumentada Tangível (TARPLE) visa integrar perspectivas educacionais e tecnológicas, promovendo uma aprendizagem ativa e incorporada através da interação natural com objetos 3D e informação aumentada. Este ambiente melhora o aprendizado, permitindo que os alunos manipulem e interajam fisicamente com os elementos do código, promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos de programação por meio de experiências incorporadas.	A implementação envolveu o uso de Realidade Aumentada e Interfaces de Usuário Tangíveis, que utiliza manipulativos físicos com rastreamento baseado em marcadores e visualização RA, rodando em dispositivos como Microsoft Hololens.
Pillat et al. (2012)	Ensino Médio	Ensino relacionado ao STEM	A abordagem pedagógica deste trabalho apresenta um sistema de Realidade Mista projetado para ensinar disciplinas STEM usando 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 onde o movimento e o posicionamento do corpo ajudam a promover 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 fusão de sensores, incluindo Kinect e scanners a laser, para rastrear movimentos físicos dos usuários.
<i>Esta Dissertação – EPLM</i>	<i>Professores e Alunos do Ensino Técnico</i>	<i>Programação Orientada a Objetos</i>	<i>Trata-se de um método de ensino que integra diferentes práticas, como atividades práticas de encenação (role-playing), objetos</i>	<i>A implementação combina diferentes tecnologias: Alice 3D para</i>

	<i>Integrado ao Ensino Médio</i>		<i>tangíveis com manipulação de objetos físicos e interação com sistemas digitais, um sistema para reconhecimento de imagens e um outro sistema para reconhecimento de movimentos.</i>	<i>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>
--	----------------------------------	--	--	---

### 3.3.2. Tendências Identificadas e Contribuições dos Trabalhos Relacionados

A partir desta análise comparativa, podemos identificar padrões e tendências significativas na aplicação do Aprendizagem Corporificada no ensino de computação, tais como:

- *Tecnologias Imersivas no Ensino:* Um grupo de pesquisadores tem explorado o uso de tecnologias imersivas para facilitar o aprendizado. Chung e Hsiao (2019) e Resnyansky (2022) concentram-se no uso de realidade aumentada, enquanto Banic e Gamboa (2019) investigam ambientes virtuais. Litts et al. (2019) expandem essa abordagem ao trabalhar com realidade mista, integrando elementos físicos e digitais. Embora estas abordagens demonstrem resultados promissores, frequentemente demandam infraestrutura tecnológica sofisticada, o que pode limitar sua aplicação em contextos educacionais com recursos limitados.
- *Abordagens Interativas e Gamificação:* Outra tendência significativa é a integração de elementos de jogos e interatividade no processo de ensino. Pillat et al. (2012) demonstram 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 programação orientada a objetos.

Os trabalhos analisados trouxeram contribuições importantes em diferentes aspectos:

- a) *Metodológicos*: Chung e Hsiao (2019) desenvolveram um framework para integração de gestos e feedback visual, enquanto Banic e Gamboa (2019) propuseram um método de design visual para ambientes virtuais. Estas contribuições fornecem bases metodológicas importantes para o desenvolvimento de novas abordagens.
- b) *Tecnológicos*: Resnyansky (2022) apresentou o sistema TARPLE para programação tangível, e Litts et al. (2019) desenvolveram uma plataforma inovadora para design de jogos em realidade mista. Pillat et al. (2012) desenvolveram um Sistema de realidade mista para ensino de STEM. Estas inovações demonstram novas possibilidades de interação entre elementos físicos e digitais.

### **3.3.3. Lacunas e Diferencial da Dissertação**

A análise da literatura revelou importantes lacunas abordadas na dissertação:

- a) *Foco em PPO*: Embora existam alguns estudos sobre ensino de programação em geral, há uma notável escassez de trabalhos que abordam especificamente os desafios do paradigma orientado a objetos. Conceitos fundamentais como encapsulamento, herança e polimorfismo raramente são tratados de forma específica nas abordagens de Aprendizagem Corporificada.
- b) *Acessibilidade e Escalabilidade*: Grande parte das soluções propostas depende de tecnologias avançadas e caras, criando barreiras para sua implementação em instituições com recursos limitados. Existe uma clara necessidade de abordagens mais acessíveis e escaláveis.

- c) *Avaliação de Eficácia*: Há uma carência de estudos que apresentem avaliações sistemáticas com grupos de experimento e controle padronizados para medir o impacto das intervenções propostas.

#### **3.3.4. Implicações para o Desenvolvimento do Método Proposto**

A análise destes trabalhos evidencia a necessidade de desenvolver métodos que não apenas integrem diferentes abordagens, mas também abordem especificamente os desafios do ensino de POO, mantendo-se acessíveis e adaptáveis a diferentes contextos educacionais. Este panorama justifica e orienta o desenvolvimento do método EPLM proposto neste trabalho, que busca preencher estas lacunas identificadas na literatura.

#### **4. Método para o Ensino de Programação Orientada à Objetos baseada em Aprendizagem Corporificada - EPLM**

Este capítulo apresenta o desenvolvimento do *Embodied Programming Learning Method* (EPLM), um método de ensino inovador para POO. O EPLM combina os princípios da Aprendizagem Corporificada com o modelo ADDIE, integrando atividades práticas e ferramentas tecnológicas para facilitar a compreensão de conceitos abstratos, como classes, objetos, encapsulamento, herança e polimorfismo.

O EPLM foi concebido para abordar as principais dificuldades enfrentadas por alunos ao aprenderem POO, como a abstração e a aplicação prática dos conceitos. A estruturação do método foi fundamentada na revisão apresentada no Capítulo 3, que explorou as possibilidades e lacunas do uso de Aprendizagem Corporificada na educação, especialmente em ciência da computação. Além disso, foi validado em um estudo piloto com professores, garantindo que as etapas do método sejam claras, práticas e aplicáveis ao contexto educacional.

O EPLM é um método de ensino desenvolvido para melhorar a compreensão e assimilação dos conceitos fundamentais de POO. O método foi concebido para integrar os princípios do ADDIE, fundamentado nas teorias de Aprendizagem Corporificada, e utiliza ferramentas como o Alice 3D, sistemas interativos em um LMS, e materiais tangíveis.

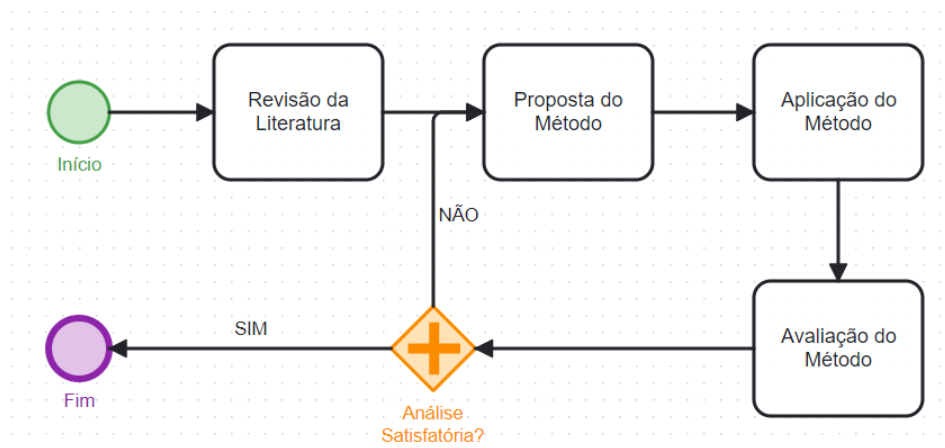
O objetivo principal do EPLM é abordar os desafios educacionais associados ao ensino de POO, transformando conceitos abstratos em experiências concretas e envolventes. A solução proposta combina atividades físicas (como o uso de caixas para encapsulamento e sistemas interativos para polimorfismo) com representações digitais, criando uma ponte entre o mundo real e o mundo computacional.

O processo utilizado para a metodologia de pesquisa é apresentado na Figura 1, que mostra as suas etapas sequenciais. A seguir, apresenta-se a descrição de cada etapa deste processo metodológico.

##### **4.1. Desenvolvimento do EPLM**

O ciclo metodológico proposto neste trabalho foi desenvolvido incorporando elementos iterativos semelhantes aos modelos sistêmicos de design instrucional

apresentados por Branch (2009), porém adaptados ao contexto particular desta pesquisa, seguindo uma estrutura em quatro etapas principais, conforme ilustrado na Figura 1. A seguir, apresenta-se a descrição de cada etapa.



**Figura 1. Fluxo metodológico para o desenvolvimento EPLM**

- a) *Revisão da Literatura:* Nesta etapa, efetuamos a análise aprofundada dos estudos anteriores relacionados ao método para demonstrar sua necessidade e importância, com base em fundamentos de pesquisas anteriores;
- b) *Proposta do método:* Com base nas lacunas identificadas na literatura, desenvolvemos a estrutura inicial do EPLM seguindo o modelo ADDIE. A proposta foi apresentada a dois professores com experiência em disciplinas de POO em um estudo piloto. Ambos consideraram o método viável para aplicação nas aulas, destacando seu potencial para tornar conceitos abstratos mais acessíveis. Um dos professores enfatizou que o método "favorece a compreensão dos conceitos ao abordá-los de uma maneira visual e interativa", particularmente útil para conceitos como métodos e encapsulamento. O feedback dos professores contribuiu para refinamentos importantes no método, como contribuições importantes que levaram a remodelagem do sistema de polimorfismo, utilizando o rastreamento de movimentos e apresentação dinâmica do código em php, a centralização de recursos em um LMS unificado (substituindo a organização inicial em "pastas do OneDrive e links individualizados") e o aprimoramento das

abordagens corporificadas específicas para alguns dos conceitos de POO. Nesta etapa, as atividades práticas foram alinhadas com princípios pedagógicos, garantindo que cada elemento do método tivesse um propósito educacional claro.

- c) *Aplicação do método:* O EPLM foi aplicado em um contexto educacional real com alunos da segunda série do curso técnico de Informática para Internet, divididos em dois grupos: experimental (20 alunos) e controle (19 alunos). A aplicação ocorreu em cinco encontros, cada um focado em um conceito específico de POO (classes e objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo). Durante esta etapa, coletamos evidências através de registros fotográficos, questionários e observações diretas da interação dos alunos com as atividades propostas.
- d) *Análise dos resultados:* A avaliação foi conduzida por meio de instrumentos quantitativos e qualitativos. Analisamos o desempenho dos alunos em testes específicos sobre os conceitos de POO, comparando os resultados entre os grupos experimental e controle. Adicionalmente, coletamos feedback dos alunos sobre sua experiência com o método, avaliando aspectos como engajamento e compreensão dos conceitos. Os resultados desta avaliação determinaram se o método atingiu seus objetivos.

## **4.2. Estrutura do EPLM baseada no modelo ADDIE**

O EPLM foi projetado com cinco etapas principais, alinhadas ao modelo ADDIE, como mostrado na Figura 2.

O EPLM foi projetado seguindo o modelo ADDIE, cuja escolha fundamenta-se na sua capacidade de integrar abordagens inovadoras de ensino em um framework sistemático e flexível Branch e Kopcha (2014). Além disso, para Molenda (2003) e Branch e Kopcha (2014), o modelo ADDIE concilia o rigor metodológico necessário com a flexibilidade indispensável para estratégias de ensino experimentais, mostrando-se apropriado para a inserção de abordagens corporificadas no ensino de programação.

A relevância do ADDIE para o EPLM também encontra respaldo em estudos que destacam sua versatilidade para incorporar práticas pedagógicas que envolvem o corpo e o ambiente, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada (Molenda, 2003; Branch e Kopcha, 2014). Assim, a estrutura do EPLM, ilustrada na Figura 2, foi organizada em cinco fases principais, que passam pela Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação. Cada uma dessas etapas foi adaptada para contemplar o uso de estratégias corporificadas (encenações, uso de objetos tangíveis, sistemas interativos) integradas ao ensino de conceitos de Programação Orientada a Objetos.

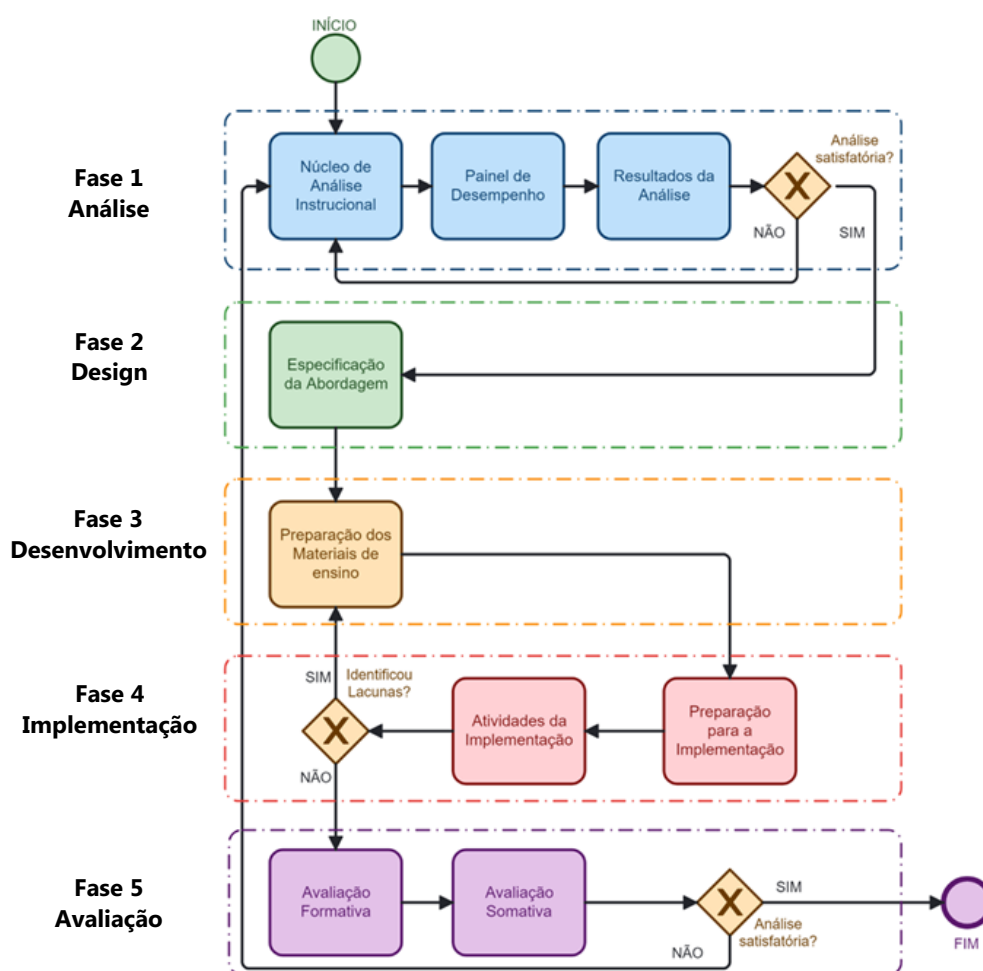


Figura 2. Visão geral EPLM

#### **4.2.1. Fase 1 - Análise**

A Fase 1, denominada Análise, é a etapa inicial e uma das mais cruciais no desenvolvimento do método EPLM. Nesta fase, busca-se compreender as necessidades educacionais dos alunos, identificar lacunas de aprendizado e definir os objetivos e recursos necessários para a implementação do método. O foco central desta fase é coletar informações detalhadas que fundamentem a proposta pedagógica, garantindo sua eficácia e alinhamento ao contexto educacional.

A análise do público-alvo deve considerar o nível educacional dos alunos, adaptando as expectativas e a complexidade das atividades conforme necessário. Esta flexibilidade é um aspecto inerente ao design do EPLM, permitindo que educadores o implementem em diferentes contextos mantendo sua eficácia pedagógica.

##### **4.2.1.1. Análise Instrucional**

A análise instrucional integra importantes atividades de diagnóstico e levantamento de dados que subsidiarão o design, a implementação e a avaliação do método EPLM. Ele contempla as seguintes atividades:

*Necessidades de Aprendizagem:* Um questionário inicial (pré-teste) é aplicado a todos os alunos da sala para aferir seu conhecimento prévio sobre POO, como classes, objetos, encapsulamento, herança e polimorfismo. Essa avaliação tem como objetivo identificar lacunas no aprendizado e verificar se a turma apresentava o perfil adequado para participar do estudo.

*Definição dos Objetivos de Aprendizagem:* Com base nas lacunas identificadas, são estabelecidos objetivos claros e mensuráveis para o método. Esses objetivos abrangeram:

- Compreensão dos conceitos fundamentais de POO.
- O desenvolvimento de habilidades práticas, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração.
- A integração das atividades de Aprendizagem Corporificada para tornar o aprendizado mais significativo e tangível.

*Análise do Público-Alvo* Realizada uma avaliação eletiva com os alunos para identificar fatores como faixa etária (ex.: 15 a 18 anos), experiência prévia em programação (nível introdutório), eventuais limitações físicas e receptividade à metodologia proposta. Essa avaliação foi essencial para validar a adequação da turma e assegurar que os alunos pudessem se beneficiar plenamente das atividades planejadas.

*Análise de Recursos Disponíveis:* Um inventário detalhado dos recursos físicos e tecnológicos disponíveis é realizado, e deve abranger:

- *Computadores:* Avaliação da capacidade técnica para rodar o software Alice 3D e o LMS EPLM.
- *Espaço físico:* Verificação de salas adequadas para atividades práticas e interativas, como as encenações de Aprendizagem Corporificada.
- *Software e materiais didáticos:* Checagem da versão do Alice 3D e disponibilidade de materiais como guias, vídeos tutoriais e slides.

#### **4.2.1.2. Painel de Desempenho**

O Painel de Desempenho, uma funcionalidade do LMS desenvolvido, desempenha um papel crucial nesta fase ao centralizar os instrumentos de avaliação e permitir o acompanhamento em tempo real. Com duas áreas principais:

- *Área de Coleta de Dados:* Incluiu o formulário de avaliação inicial (pré-teste), que aferiu o nível de conhecimento prévio da turma.
- *Área de Avaliação:* Disponibiliza os questionários para medir a absorção dos conceitos após a aplicação do método.

Com o suporte do Google Forms, os dados coletados podem ser analisados em tempo real, gerando relatórios automatizados com gráficos e tabelas, facilitando a interpretação das informações e a identificação de lacunas no aprendizado.

#### **4.2.1.3. Resultados da Análise**

Os dados obtidos nesta fase fornecem uma base para o 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.
- Identificar os recursos disponíveis e realizar ajustes no planejamento para otimizar a implementação do método.

Essa fase também destaca a importância de centralizar todos os recursos e avaliações no LMS, eliminando barreiras logísticas e permitindo maior foco nos objetivos de aprendizado.

#### **4.2.2. Fase 2 - Design**

A Fase de Design é fundamental no modelo ADDIE, pois transforma as informações coletadas na análise em um plano estruturado que orienta a implementação do método EPLM. Durante esta fase, são definidos os objetivos de aprendizagem específicos, as estratégias pedagógicas e os materiais didáticos necessários para que os conceitos de POO sejam ensinados de forma interativa e concreta.

O design do EPLM se baseia nos resultados obtidos na Fase 1, considerando os desafios encontrados pelos alunos em relação à 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 prática de polimorfismo.

##### **4.2.2.1. Especificação do EPLM**

A especificação da abordagem utilizada no método EPLM tem como objetivo 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 envolvessem os alunos de forma prática e reflexiva.

*Conexão com os Conceitos de POO:* A especificação prioriza estratégias que permitissem vivenciar os conceitos por meio de atividades como encenações, manipulação de objetos físicos e o uso de sistemas interativos. Por exemplo:

- Classes, objetos e métodos: são explorados através da encenação (*Role-playing*) com Alice 3D, que une a arte da representação/encenação com tecnologia de custo acessível, permitindo que os alunos vivenciem fisicamente os conceitos e implementam 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 imagem, permitindo a aplicação prática do conceito em uma experiência visual e interativa.
- Polimorfismo: é abordado com um sistema de reconhecimento de movimentos, integrando aspectos físicos e computacionais para ilustrar a adaptação de métodos em diferentes classes.

*Planejamento das Atividades Interativas:* As atividades são planejadas para incluir tanto ferramentas tangíveis quanto tecnológicas, garantindo que os alunos possam explorar 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.

*Alinhamento com os Princípios de Aprendizagem Corporificada:* O design do método busca promover o envolvimento ativo dos alunos com os conceitos de POO, permitindo que eles vivenciem os conceitos no mundo físico antes de transpô-los para o ambiente digital. Isso inclui a integração de elementos corporificados, como encenações e manipulações físicas, às ferramentas tecnológicas, como o Alice 3D e os sistemas interativos hospedados no LMS.

*Planejamento da Avaliação:* Além do planejamento das atividades, são definidas as formas de avaliação que são utilizadas para medir a eficácia do método. A avaliação foi pensada de forma a incluir:

- Feedback dos alunos sobre as atividades realizadas.
- Medição da retenção dos conceitos por meio de teste específico.

- Coleta de dados qualitativos e quantitativos para ajustar o método, se necessário.

A especificação da abordagem nesta fase estabelece uma estrutura sólida para as etapas subsequentes de desenvolvimento e implementação do método, garantindo que o EPLM esteja alinhado aos objetivos pedagógicos definidos.

### **4.2.3. Fase 3 - Desenvolvimento**

Nesta etapa do modelo ADDIE, os materiais de curso planejados nas etapas anteriores são produzidos e podem envolver entre outras coisas, a gravação de vídeos de instrução, a criação de slides de apresentação, a configuração de ambientes para os alunos e a preparação de exercícios.

Para uma formulação mais clara, esta etapa é subdividida em duas etapas, conforme descritas nas próximas subseções.

#### **4.2.3.1. Preparação dos Materiais de ensino**

Os materiais de ensino foram projetados para apoiar as atividades pedagógicas e facilitar a compreensão dos conceitos de POO. Eles foram elaborados com base nos objetivos definidos na fase de análise e design, e incluem:

- *Slides e Planos de Aula:* Apresentam conteúdos introdutórios e explicações detalhadas dos conceitos de POO, como classes, objetos, encapsulamento, herança e polimorfismo. Esses materiais servem como base teórica para as atividades práticas e interativas.
- *Vídeos Tutoriais:* São desenvolvidos para guiar os alunos no uso do Alice 3D, explicando passo a passo como utilizar a ferramenta nas atividades práticas, como representar classes, objetos e métodos.
- *Atividades Práticas e Guias:* Proporcionam suporte para a realização das tarefas de Aprendizagem Corporificada, incluindo a utilização de ferramentas tangíveis, como as caixas para encapsulamento, e dos sistemas interativos.

- *Avaliações, Questionários, Diagnósticos e de Feedback:*
  - Um questionário inicial é elaborado para avaliar o nível de conhecimento prévio dos alunos em POO e identificar lacunas de aprendizagem.
  - Questionários de *feedback* são aplicados com o objetivo de coletar a percepção dos alunos sobre as atividades realizadas, sua relevância e dificuldades encontradas.
  - *Exercícios e Avaliações* são desenvolvidos para medir a absorção dos conceitos trabalhados durante a aplicação do EPLM.

#### **4.2.3.2. Desenvolvimento dos Sistemas Interativos**

Os sistemas interativos utilizados no EPLM foram criados especificamente para atender aos objetivos do método, destacando-se por sua integração com os conceitos de POO e os princípios do Aprendizagem Corporificada. Estes sistemas incluem:

- *Sistema de Reconhecimento de Imagens (Herança):* Permite que os alunos relacionem conceitos de herança a objetos físicos e digitais, auxiliando na abstração e compreensão prática desse conceito.
- *Sistema 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 avaliações, o LMS hospeda os sistemas interativos, tornando-os acessíveis para os alunos. Sua criação leva em consideração as necessidades específicas do método, garantindo uma experiência integrada e eficiente.

Todos os sistemas foram desenvolvidos especificamente para o EPLM, utilizando tecnologias acessíveis e de código aberto, com o propósito exclusivo de apoiar as atividades do EPLM e oferecer uma experiência de aprendizado prática e significativa. Esses sistemas serão registrados no INPI e estarão disponíveis em plataforma GIT na versão final desta dissertação.

#### **4.2.4. 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 tangível e digital. Essa etapa é essencial para validar o método, garantindo que as estratégias pedagógicas e os recursos desenvolvidos nas fases anteriores sejam aplicados conforme planejado.

##### **4.2.4.1. Preparação para a Implementação**

Antes da aplicação do EPLM, devem ser realizados ajustes finais nos materiais didáticos, no LMS, e nos sistemas interativos. Todos os recursos, incluindo os vídeos tutoriais, os slides, os sistemas interativos, e os questionários devem ser revisados para garantir sua acessibilidade e funcionalidade. A sala de aula deve estar organizada de forma a facilitar tanto as atividades físicas quanto as digitais, respeitando o espaço necessário para as práticas de Aprendizagem Corporificada.

##### **4.2.4.2. Atividades da Implementação**

A implementação deve ocorrer preferencialmente como aulas regulares de disciplinas que envolvem POO. As atividades a ser 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 transpor essas representações para o ambiente digital.
- *Uso de Ferramentas Tangíveis:*
  - Para ensinar encapsulamento, caixas de papelão podem ser utilizadas como recurso pedagógico. Diferentes configurações das caixas representavam níveis de acesso: aberta (+), fechada (#), e trancada (-).
  - O sistema de reconhecimento de imagens pode ser empregado para ilustrar herança, e o sistema de reconhecimento de movimento ser

usado para polimorfismo. Esses sistemas estão integrados ao LMS para facilitar o acesso e a aplicação.

- *Exercícios e Avaliações:* Durante e após as atividades, os alunos respondem a questionários formativos, auxiliando no monitoramento do aprendizado e na adaptação das práticas em tempo real.
- *Feedback e Engajamento:* O feedback dos alunos é coletado de forma anônima após cada sessão, por meio de questionários disponíveis no LMS, permitindo ajustes na metodologia e na execução das atividades.

#### **4.2.5. Fase 5 - Avaliação**

A fase de avaliação foi projetada para medir a eficácia das atividades usando o EPLM na aprendizagem de conceitos de POO. Essa etapa envolve tanto a coleta de dados quantitativos quanto qualitativos, utilizando instrumentos e critérios previamente definidos. A fase de avaliação é estruturada em dois componentes principais, Avaliação Formativa e a Avaliação Somativa.

A partir das avaliações formativa e somativa, realiza-se uma análise para determinar se os resultados são satisfatórios. São considerados critérios como a compreensão efetiva dos conceitos de POO, o alcance dos objetivos de aprendizagem definidos, as atividades realizadas e o nível atingido. Caso os resultados não sejam satisfatórios, retorna-se à etapa de análise para revisar as etapas.

##### **4.2.5.1. Avaliação Formativa**

A avaliação Formativa é realizada durante o processo de implementação, a avaliação formativa busca acompanhar o progresso dos alunos em determinadas etapas do método. Questionários devem fornecer *feedback* imediato ao professor, permitindo ajustes nas estratégias de ensino.

Exemplos de instrumentos a serem utilizados incluem:

- i. *Questionários de Autoavaliação:* Aplicados para verificar a compreensão dos conceitos trabalhados em cada aula temática.

- ii. *Feedback Qualitativo*: Recolhido de forma anônima por meio de comentários abertos nos questionários, com ênfase na experiência dos alunos nas atividades usando o método EPLM.

#### **4.2.5.2. Avaliação Somativa**

A avaliação somativa deve ser realizada ao final do ciclo de implementação, com o objetivo de medir os resultados gerais dos alunos.

Instrumentos sugeridos para avaliação somativa:

- i. *Avaliação de Conhecimento*: Uma prova final pode ser aplicada para analisar a absorção dos conceitos de POO.
- ii. *Questionário de Satisfação*: Inclui aspectos como facilidade de aprendizado, engajamento, e utilidade prática das atividades propostas.
- iii. *Avaliação de Desempenho*: Para verificar a eficácia das atividades realizadas com método EPLM.

## **5. Aplicação do EPLM**

Este capítulo descreve a aplicação prática do EPLM na disciplina de Sistemas Web I, para alunos do Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Informática para Internet, da Etec Pedro Ferreira Alves. O método foi avaliado em condições reais de ensino, visando verificar sua eficácia no aprendizado dos conceitos de POO e comparar com grupo de controle, abordando temas como classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo.

A aplicação foi realizada em um ambiente controlado e incluiu atividades interativas e tangíveis baseadas nos princípios da Aprendizagem Corporificada. Este capítulo detalha cada etapa da aplicação e apresenta evidências documentais, incluindo registro por fotos, que corroboram o processo.

### **5.1. Contexto, Participantes e Conceitos da Aplicação**

A aplicação do EPLM ocorreu em contexto educacional real, envolvendo alunos da segunda série do curso técnico de Informática para Internet integrado ao Ensino Médio, da Etec Pedro Ferreira Alves.

#### **5.1.1. Perfil dos Participantes**

O estudo contou inicialmente com 39 alunos, com faixa etária entre 16 e 17 anos, sendo 21 do sexo feminino (53,8%) e 18 do sexo masculino (46,2%). Foram aplicados dois instrumentos de avaliação inicial: um questionário eletivo (coletando dados demográficos e experiência prévia com programação (algoritmo)) e um pré-teste sobre conceitos de POO. Todos os participantes possuíam conhecimento prévio em programação e algoritmos, oriundo de disciplinas cursadas no primeiro ano do curso técnico, porém não tinham conhecimento e nem tinham cursado nenhuma disciplina relacionada a Programação Orientada a Objetos, conforme verificado no pré-teste. Este perfil homogêneo em termos de formação básica em programação e fato de não ter os fundamentos sobre POO, garantiu que as diferenças observadas nos resultados pudessem ser atribuídas ao método aplicado e não a disparidades no conhecimento inicial.



### 5.1.2. Composição e Equilíbrio dos Grupos

Com base nos resultados do pré-teste sobre conceitos de POO, os alunos foram divididos em dois grupos com desempenho inicial equivalente:

- Grupo Experimental (Turma A): Composto por 20 alunos que participaram das atividades baseadas no EPLM.
- Grupo Controle (Turma B): Formado por 19 alunos que receberam apenas aulas com metodologias tradicionais.

Esta divisão cuidadosa foi fundamental para garantir que as diferenças observadas nos resultados pudessem ser atribuídas à intervenção metodológica (EPLM), e não a disparidades preexistentes entre os grupos.

### 5.1.3. Ambiente de Aplicação

As atividades foram realizadas no laboratório de informática da instituição, equipado com computadores individuais com webcams, permitindo a aplicação adequada de ambas as metodologias. A aplicação ocorreu durante 5 encontros para cada grupo, com duração de 100 minutos por encontro, totalizando 500 minutos por grupo. Cada encontro abordou um conceito específico de POO, conforme detalhado na Tabela 4.

A Tabela 4 apresenta as aulas em laboratório com os respectivos conceitos de POO abordados, as atividades realizadas e ferramentas utilizadas.

**Tabela 4. 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 com a utilização de caixas, cadeados e 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
---	--------------	--	--

#### 5.1.4. Aspectos Éticos e Autorizações

Esta pesquisa foi devidamente autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes (CEP-UMC), sob o CAAE 84889424.6.0000.5497, Parecer nº 7.344.744, atendendo todos os requisitos éticos necessários para estudos envolvendo seres humanos.

#### 5.1.5. Tecnológicas das Ferramentas de Apoio ao EPLM

As soluções tecnológicas desenvolvidas foram implementadas como módulos web independentes, utilizando tecnologias padrão (HTML5, CSS e JavaScript) e bibliotecas *open source* como TensorFlow.js e ml5.js para reconhecimento de padrões.

O módulo de herança (eplm-h) foi desenvolvido com foco no reconhecimento de imagens, utilizando a biblioteca ml5.js em conjunto com um modelo treinado na plataforma Teachable Machine da Google. O sistema implementa um fluxo de detecção onde a webcam captura imagens que são processadas em tempo real. Quando uma imagem específica (como carro, moto, gato ou tubarão) é reconhecida com confiança superior a 80%, o sistema ativa um feedback audiovisual (alerta visual que pisca em verde e emite um sinal sonoro) e apresenta uma explicação dinâmica sobre como o objeto identificado relaciona-se com o conceito de herança em POO.

O módulo de polimorfismo (eplm-p) utiliza a biblioteca tmPose (Teachable Machine Pose) do TensorFlow.js para reconhecimento de poses corporais. Este sistema detecta diferentes movimentos (como levantar o braço direito, levantar o braço esquerdo, levantar ambos os braços ou mostrar os músculos) e apresenta, em tempo real, diferentes implementações de código PHP que ilustram como o mesmo método pode comportar-se de maneiras distintas dependendo da classe que o implementa. O sistema foi projetado com um algoritmo de análise de confiabilidade temporal, exigindo que um movimento

seja mantido por um determinado tempo antes de ser reconhecido, o que reduz falsos positivos e melhora a experiência educacional.

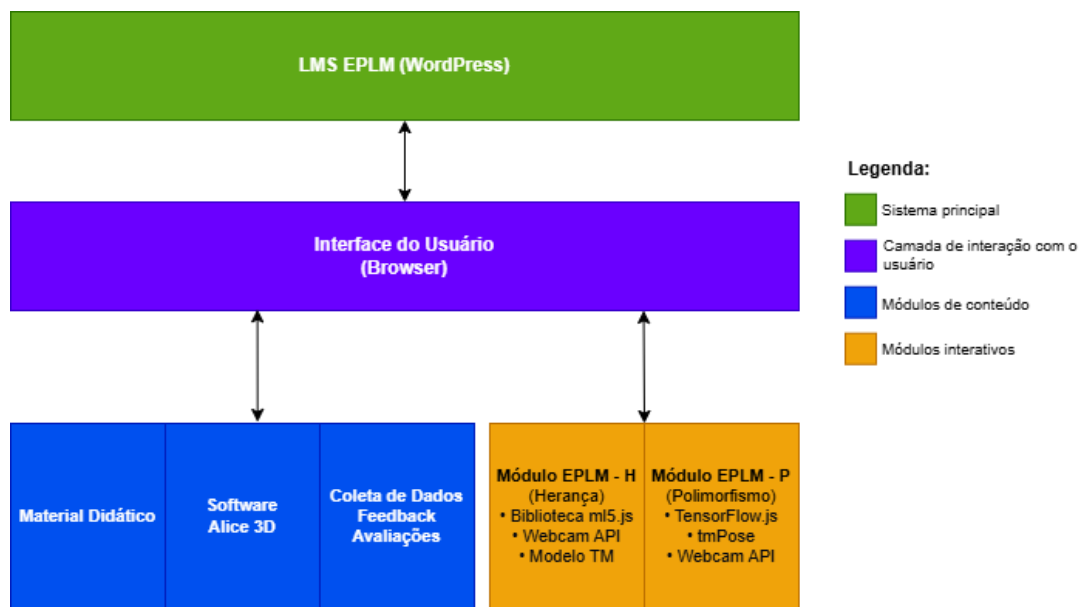
Esta arquitetura modular permite que outros professores adaptem e reutilizem os sistemas para diferentes contextos educacionais. Por exemplo, o sistema de reconhecimento de movimentos pode ser um modelo para ensinar outros conceitos que se beneficiem de demonstrações corporais, enquanto o laboratório de reconhecimento de imagens também pode servir para o mesmo propósito e explorar relações hierárquicas em outros domínios. O LMS, desenvolvido como uma extensão personalizada do WordPress, que foi programado para oferecer uma estrutura flexível que pode ser estendida para organizar e entregar conteúdo de diferentes disciplinas, mantendo a integração com as ferramentas interativas.

É importante ressaltar que, embora os sistemas desenvolvidos neste trabalho contribuam significativamente para a prática da Aprendizagem Corporificada no ensino de POO, eles representam implementações específicas que apoiam o método EPLM, não sendo o método em si. O EPLM é flexível quanto às ferramentas tecnológicas utilizadas. Educadores podem obter resultados semelhantes empregando diferentes tecnologias ou mesmo abordagens de baixa tecnologia, desde que estas proporcionem experiências corporificadas alinhadas aos princípios do método.

#### **5.1.5.1. Arquitetura do Sistema EPLM**

Para melhor compreensão da estrutura e organização do sistema que apoia o método EPLM, foi desenvolvido um diagrama de arquitetura seguindo os princípios de design em camadas Bass et al. (2013), adaptado para o contexto de sistemas educacionais interativos Avgeriou et al. (2003). O sistema foi projetado de forma modular, permitindo independência entre os componentes e flexibilidade para adaptações futuras.

Como apresentado na Figura 3, a arquitetura do sistema EPLM é organizada em quatro camadas principais:



**Figura 3. Arquitetura do Sistema EPLM**

- a) *Sistema Principal (LMS EPLM)*: Baseado em WordPress, serve como plataforma central que gerencia e integra todos os componentes do sistema. Esta camada é responsável pela centralização de conteúdo e administração do ambiente de aprendizagem.
- b) *Interface do Usuário*: Implementada como aplicação web acessível via navegador, esta camada proporciona a interação direta com alunos e professores. Todas as interações do usuário são processadas através desta camada antes de serem encaminhadas aos componentes apropriados.
- c) *Módulos de Conteúdo*: Composta por três componentes principais: o Material Didático (documentação de apoio), o Software Alice 3D (software utilizado como ferramenta de apoio) Coleta de Dados e a Avaliação (responsável por questionários eletivos, feedback e avaliações realizadas). Estes módulos fornecem o conteúdo pedagógico e as ferramentas de acompanhamento necessárias.
- d) *Módulos Interativos*: Componentes especializados que implementam as experiências de Aprendizagem Corporificada, composto pelos módulos EPLM-H (Herança) e EPLM-P (Polimorfismo). Cada módulo foi desenvolvido para reconhecimento de padrões e utilizam bibliotecas específicas como informado na seção anterior.

A comunicação entre as camadas ocorre de forma bidirecional, permitindo fluxo de dados constante entre a interface do usuário e os demais componentes. Esta arquitetura centralizada, porém, modular, facilita tanto a manutenção quanto a evolução do sistema, permitindo que novos módulos sejam adicionados ou que os existentes sejam adaptados conforme necessário, sem comprometer a estrutura geral.

Vale ressaltar que esta arquitetura foi concebida como uma implementação de referência do método EPLM, demonstrando como os princípios da Aprendizagem Corporificada podem ser operacionalizados tecnicamente. Educadores interessados em aplicar o método em seus próprios contextos podem adaptar esta arquitetura, substituindo componentes ou implementando novas soluções que mantenham os princípios pedagógicos.

## **5.2. Execução das Atividades**

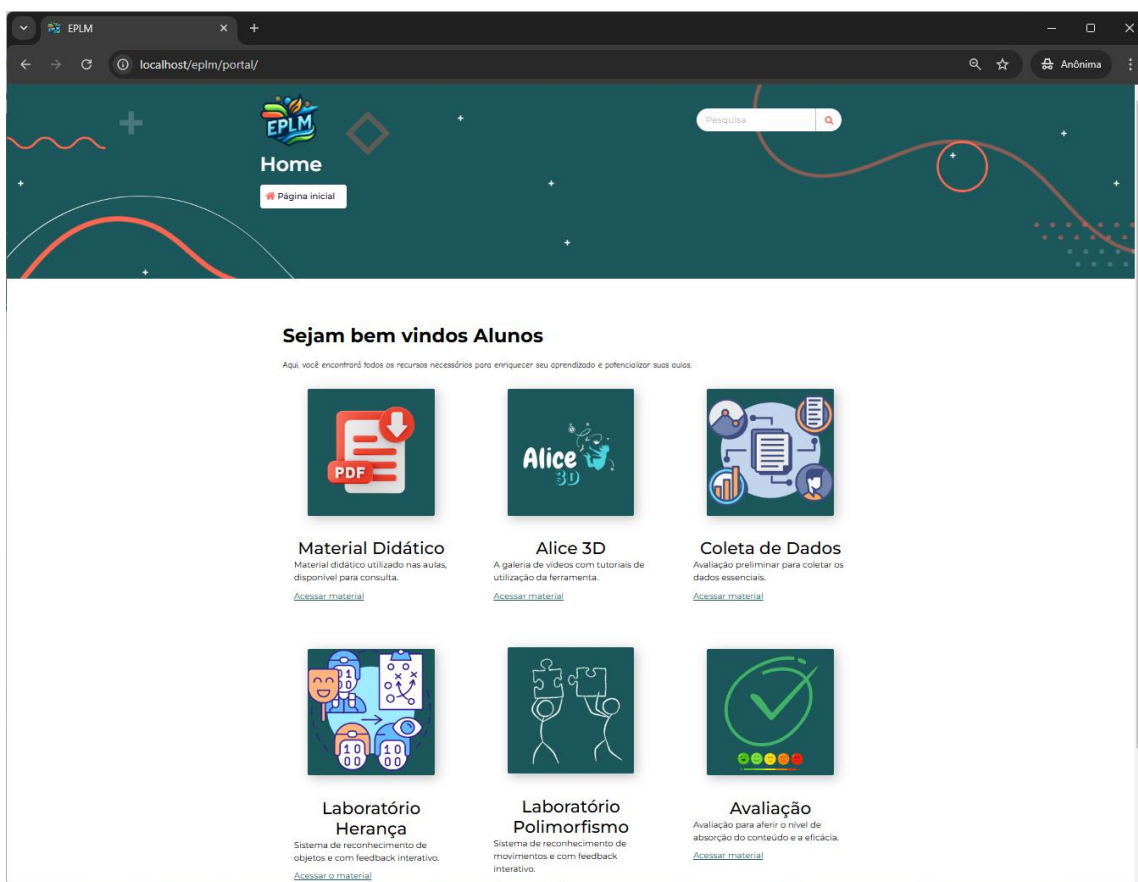
Cada aula foi estruturada para integrar os conceitos abstratos de POO a atividades práticas, interativas e tangíveis. As atividades foram planejadas com base nos princípios do ADDIE, garantindo alinhamento entre objetivos pedagógicos e métodos aplicados.

### **5.2.1. Registro de Evidências**

Fotos foram tiradas durante as aulas para capturar os momentos de encenação, uso dos sistemas interativos e atividades com as ferramentas tangíveis. Essas evidências serão utilizadas para complementar os resultados e validar a aplicação do método.

### **5.2.2. Organização dos Recursos no LMS**

A Figura 2 apresenta a tela inicial do EPLM, destacando os recursos centralizados para os alunos, incluindo material didático, tutoriais do Alice 3D, áreas de coleta de dados e laboratórios interativos de Herança e Polimorfismo.



**Figura 4. Tela principal do Sistema EPLM (LMS)**

A tela inicial do sistema EPLM foi projetada para centralizar todos os recursos necessários para a execução das atividades pedagógicas. Ela inclui links diretos para materiais didáticos em PDF, tutoriais em vídeo sobre o uso do Alice 3D, áreas de coleta de dados, além de laboratórios interativos para a prática dos conceitos de Herança e Polimorfismo. Essa interface simplificada foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar acessibilidade e facilitar o foco dos alunos nas atividades propostas.

### **5.2.3. Organização das Aulas**

As aulas foram estruturadas para combinar momentos teóricos e práticos. Inicialmente, cada conceito foi apresentado por meio de slides e 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 representando as características e comportamentos comuns a qualquer veículo (como capacidade de movimento e direção), enquanto seu parceiro identifica e implementa estes 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 traduzidos pelo seu parceiro em métodos na implementação do 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).

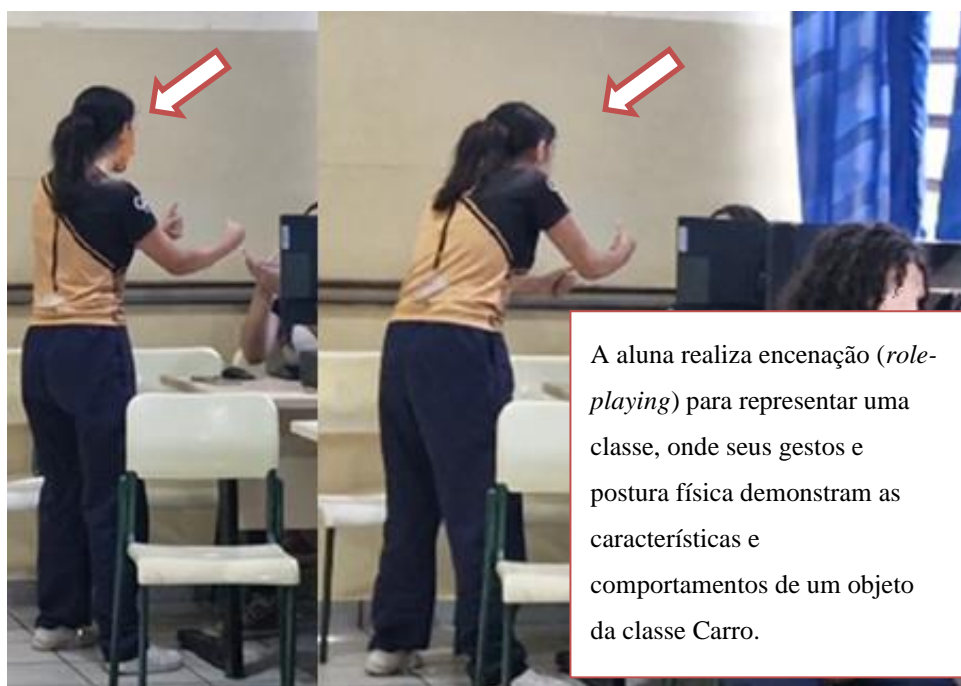
- *Atividades Tangíveis:* Para Encapsulamento, caixas foram utilizadas para ilustrar os níveis de visibilidade: caixas abertas representavam atributos públicos, caixas fechadas simbolizavam atributos protegidos, e caixas com cadeados indicavam atributos privados.
- *Laboratórios Interativos:* Os conceitos de Herança e Polimorfismo foram explorados com sistemas interativos desenvolvidos especificamente para este projeto. Os alunos interagiam com o sistema de reconhecimento de imagem para Herança e o sistema de reconhecimento de movimento para Polimorfismo, conectando atividades práticas com o aprendizado digital.

#### **5.2.4. Exemplos de Atividades Realizadas**

As atividades realizadas durante a aplicação do EPLM foram projetadas para abordar os conceitos fundamentais de POO de maneira prática e interativa. Cada atividade teve como objetivo conectar os conceitos abstratos da POO a representações concretas, utilizando a Aprendizagem Corporificada como base. Para isso, foram empregadas tanto ferramentas digitais, como o Alice 3D, quanto recursos tangíveis e interativos, como sistemas de reconhecimento de imagem e movimento e materiais físicos. Nesta seção, são apresentados exemplos das principais atividades desenvolvidas, evidenciando como cada

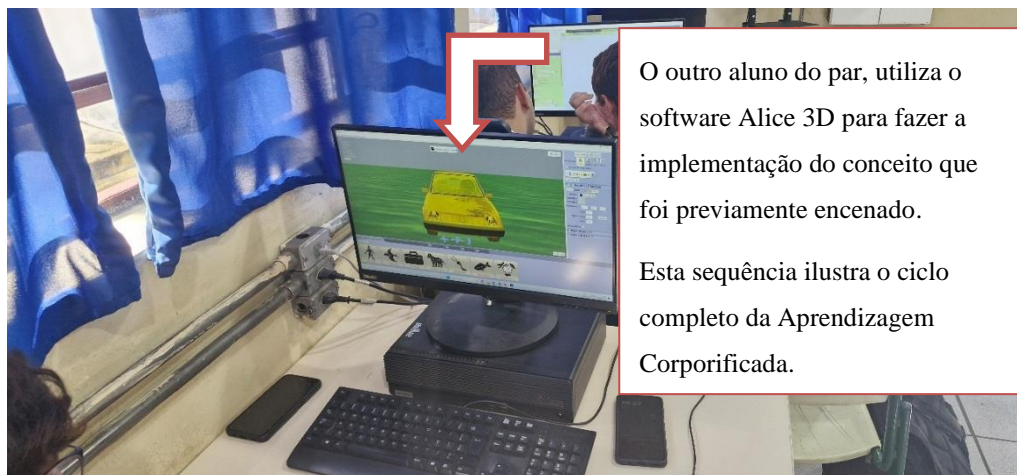
conceito foi explorado por meio de experiências que promovem engajamento, aprendizado significativo e transposição do real para o digital.

Na Figura 3, observa-se uma aluna realizando uma atividade de Aprendizagem Corporificada utilizando a encenação (*role-playing*), a estudante representa uma classe enquanto outro colega traduz essa representação no software Alice 3D. A Figura 4 mostra a tela do Alice 3D com a implementação resultante, onde os conceitos abstratos são visualizados em um ambiente 3D interativo. Esta sequência ilustra o ciclo completo planejado para esta atividade de Aprendizagem Corporificada, onde 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 5. Atividade de Encenação e Implementação no Alice 3D**

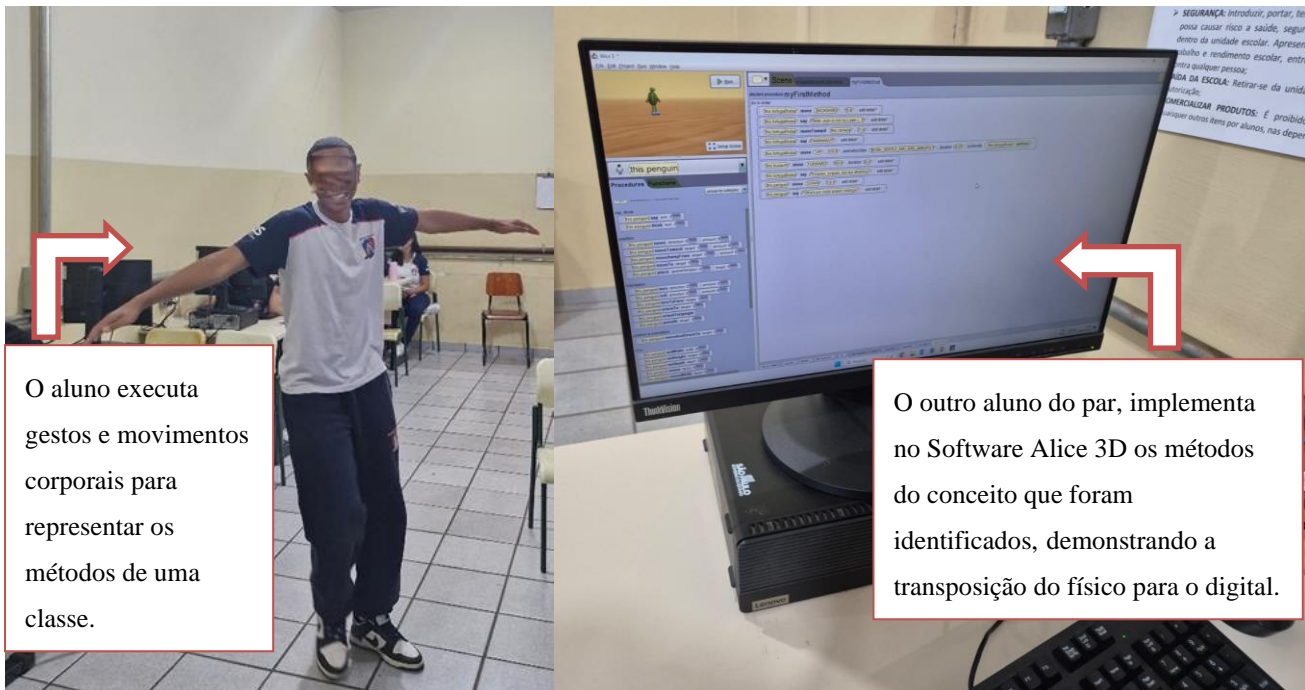




**Figura 6. Conteúdo Implementado no Alice 3D**

Na Figura 5, vemos um aluno durante uma atividade de Aprendizagem Corporificada executando gestos que representam métodos de uma classe, demonstrando a tradução de conceitos abstratos em ações físicas concretas. A mesma figura mostra também a tela do computador onde o outro Aluno está realizando a implementação digital dos métodos executando o Alice 3D, podemos 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 7. Atividade de Encenação e Implementação no Alice 3D.**

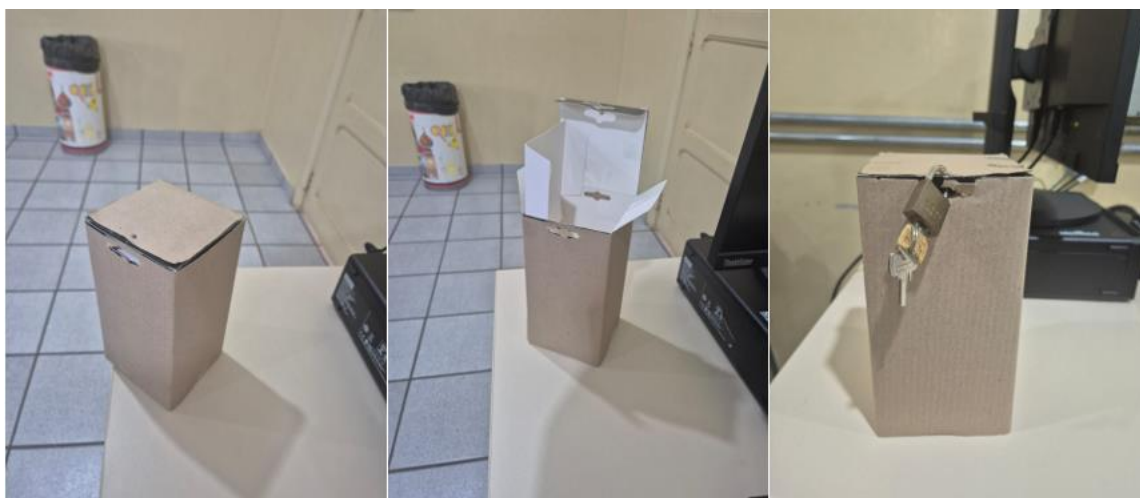
As Figuras 6 a 8 ilustram o uso de objetos tangíveis para ensinar o conceito de encapsulamento. São utilizadas caixas especialmente preparadas que representam diferentes níveis de visibilidade em POO:

- *Caixas com tampa aberta:* representam atributos públicos (+)
- *Caixas com tampa fechada:* simbolizam atributos protegidos (#)
- *Caixas com cadeados:* ilustram atributos privados (-)

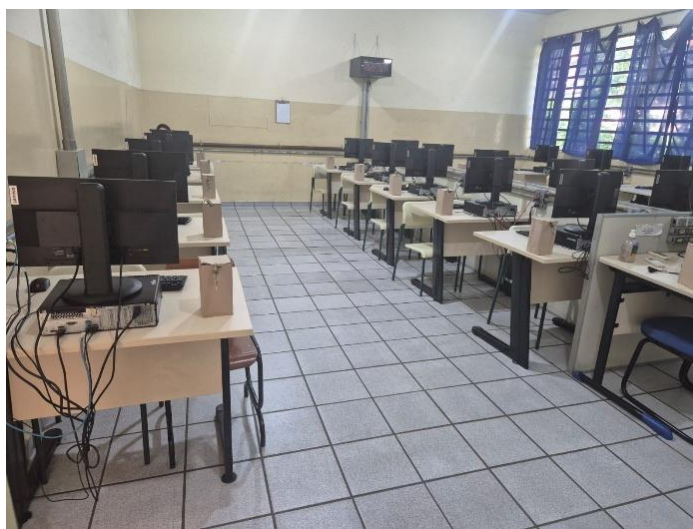
As imagens mostram tanto os materiais preparados quanto sua aplicação prática com os alunos, evidenciando como objetos físicos podem tornar conceitos abstratos mais compreensíveis.



**Figura 8. Ferramentas tangíveis, objetos utilizados**



**Figura 9. Ferramentas tangíveis, caixas preparadas para aula**



**Figura 10. Ferramentas tangíveis, laboratório pronto para aula**

As Figuras 9 e 10 ilustram a implementação do laboratório de herança utilizando um sistema de reconhecimento de imagem. O ambiente foi configurado com computadores individuais, cada um equipado com uma câmera para capturar e reconhecer padrões que representam hierarquias de classes. As imagens mostram:

- A disposição física do laboratório.
- Alunos interagindo com o sistema.
- A interface do software exibindo as relações de herança detectadas.
- O engajamento ativo dos estudantes com o sistema.

A Figura 9 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 através de um alerta visual na cor 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 suas próprias características específicas que a tornam única. Esta combinação de elementos visuais, sonoros e textuais torna o conceito abstrato de herança mais tangível para os alunos.

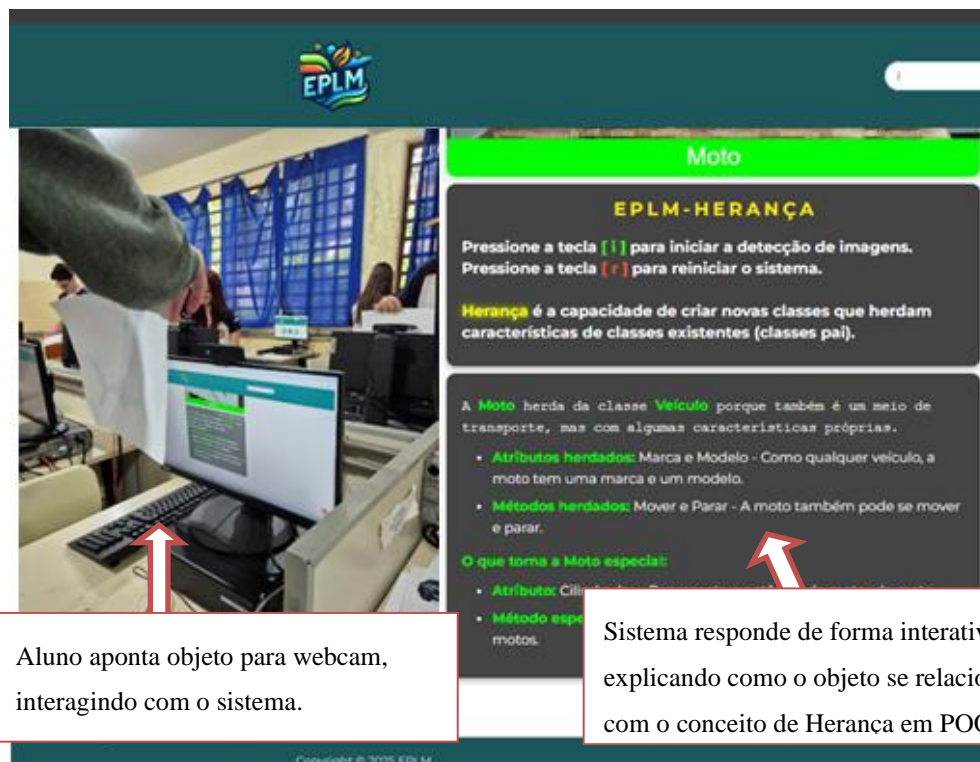


Figura 11. Aluno interagindo com o sistema Modulo Herança





**Figura 12. Alunos durante aula de Herança**

As Figuras 11 a 13 apresentam a captura a aplicação do conceito de polimorfismo através de um sistema de reconhecimento de movimento. As imagens mostram alunos realizando diferentes gestos que são interpretados pelo sistema como diferentes implementações de métodos, ilustrando de forma física o conceito de polimorfismo. Observa-se:

- Alunos executando movimentos específicos.
- A resposta do sistema aos diferentes gestos.
- O ambiente colaborativo de aprendizagem.
- A integração entre movimento físico e conceito abstrato.



**Figura 13. Alunos recebem instruções durante a aula de polimorfismo**



**Figura 14. Alunos interagindo através do Movimento**

A Figura 13 demonstra uma aluna interagindo com o módulo de Polimorfismo do sistema EPLM. À esquerda, vemos a aluna executando um movimento físico (levantar o braço direito) enquanto, à direita, a interface do sistema exibe o feedback em tempo real. O sistema identifica o movimento realizado e automaticamente apresenta tanto a descrição da ação detectada quanto o código PHP correspondente, ilustrando como um mesmo método pode ter diferentes comportamentos, demonstrando na prática o conceito de polimorfismo através da Aprendizagem Corporificada.



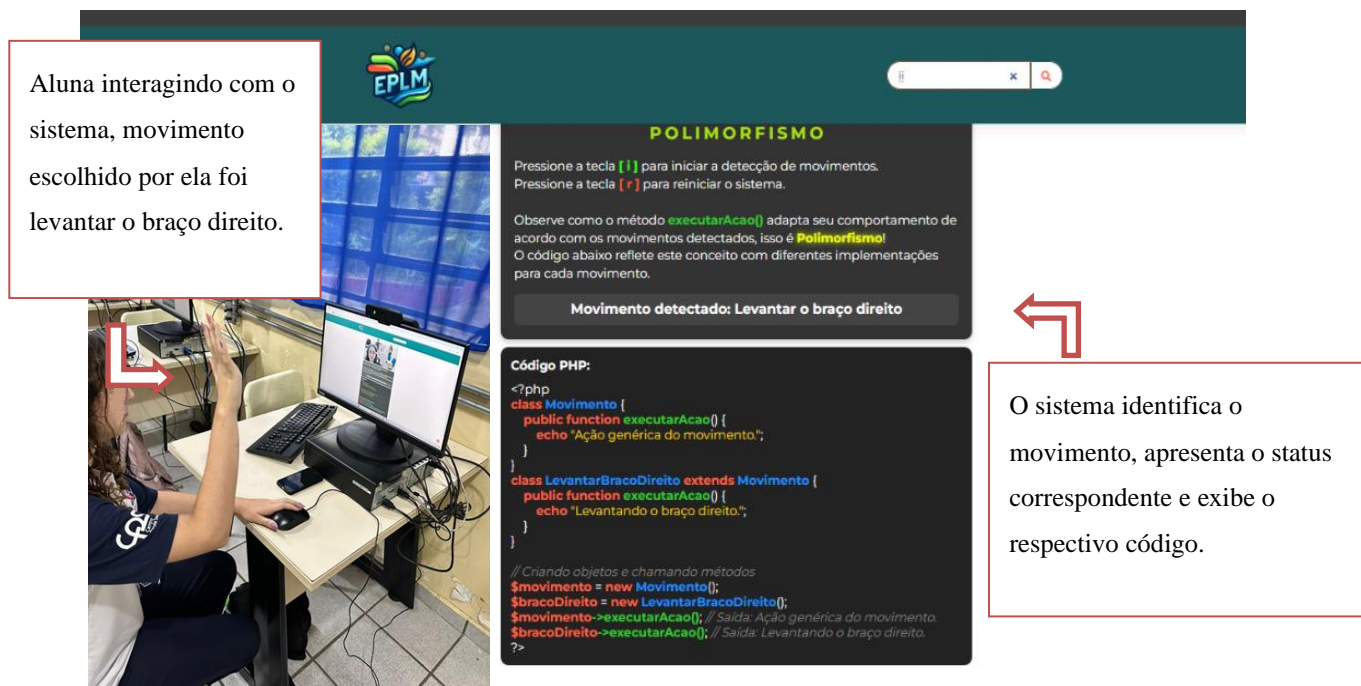


Figura 15. Aluna interagindo com o Modulo Polimorfismo

### 5.2.5. Desafios e Ajustes Durante a Execução

Embora o método tenha sido bem recebido pelos alunos, alguns desafios surgiram durante a execução das atividades:

- *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, garantindo 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 avaliar e preparar o ambiente é fundamental.

Os desafios foram superados com ajustes em tempo real, correções na execução das atividades ou ajustes na utilização dos softwares ou sistemas, foram pontuais.

## 6. Análise e Discussão sobre Resultados da Aplicação do EPLM

A avaliação do EPLM foi realizada com o objetivo de analisar sua eficácia no ensino de POO. Para isso, foram utilizados instrumentos de análise quantitativos e qualitativos, como questionários de *feedback*, avaliação dos conceitos trabalhados e observações realizadas durante as aulas. Este capítulo apresenta a análise dos dados coletados e discute os impactos do EPLM no aprendizado, engajamento e retenção dos alunos.

### 6.1. Análise Qualitativa e *Feedback*

Durante a aplicação do EPLM foram observados resultados expressivos que podem ser organizados nas seguintes categorias apresentadas nas próximas subseções, todas fundamentadas nas respostas dos alunos aos questionários de avaliação.

#### 6.1.1. Engajamento e Receptividade ao Método

Durante as atividades realizadas com o EPLM foi observado um alto nível de engajamento por parte dos alunos. Segundo os dados obtidos:

- 100% dos alunos indicaram que gostaram de participar das aulas com Aprendizagem Corporificada e consideraram a experiência agradável.
- 95% recomendaram o uso do Aprendizagem Corporificada para outras aulas de POO ou disciplinas semelhantes.
- 95% gostariam que mais aulas utilizassem essa abordagem para o ensino de POO.
- 95% relataram que a metodologia tornou as aulas mais interessantes.

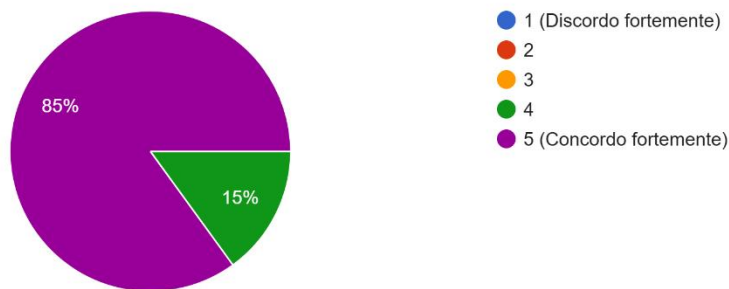
Essa percepção foi reforçada em depoimentos como:

*"Gostei de aprender POO dessa forma. Não parecia uma aula comum, foi mais divertido e eu consegui entender melhor."* (Aluno da Turma A).

A Figura 14 apresenta o percentual de alunos que consideraram a experiência com aulas baseadas em Aprendizagem Corporificada positiva. A totalidade dos participantes

(100%) avaliou a metodologia como agradável, com 85% concordando fortemente e 15% concordando que a abordagem foi envolvente e motivadora.

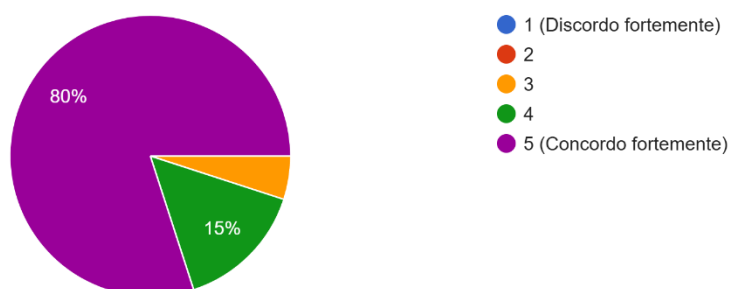
Gostei de participar das aulas com embodied learning e achei a experiência agradável.  
20 respostas



**Figura 16. Satisfação com aulas de Aprendizagem Corporificada**

A Figura 15 apresenta o percentual de alunos que recomendaram o uso da Aprendizagem Corporificada para outras aulas de POO ou 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.

Recomendo o uso do embodied learning para outras aulas de POO ou disciplinas semelhantes.  
20 respostas

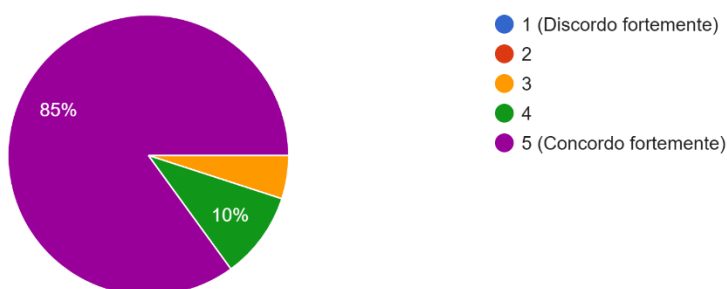


**Figura 17. Recomendação do uso**

De acordo com a Figura 16, a maioria dos participantes (95%) manifestou o desejo de que a abordagem de Aprendizagem Corporificada fosse incorporada em 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 aprendizado.

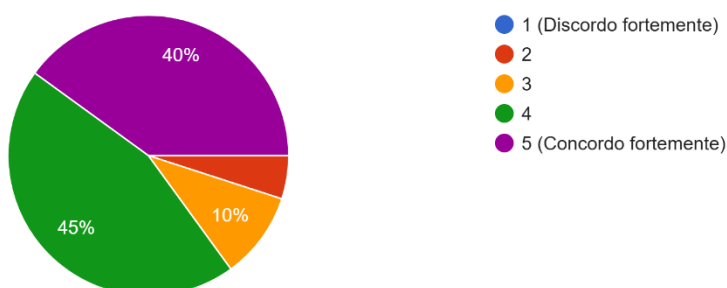
Gostaria que mais aulas utilizassem essa abordagem para o ensino de POO.  
20 respostas



**Figura 18. Satisfação caso outras disciplinas adotem o uso do EPLM**

De acordo com a Figura 17, 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 em engajar os estudantes, destacando sua eficácia em tornar os conceitos de POO mais atrativos e envolventes.

As aulas que utilizaram a metodologia de embodied learning (aprendizagem com encenações e atividades físicas) chamaram minha atenção para ...tudo da Programação Orientada a Objetos (POO).  
20 respostas



**Figura 19. Contribuição da Aprendizagem Corporificada para POO**

### 6.1.2. Eficácia na Compreensão dos Conceitos

A aplicação do EPLM apresentou indícios que ele pode ser eficaz para facilitar a compreensão dos conceitos de POO. Os dados indicam que:

- 95% dos participantes indicaram que as atividades práticas de encenação ajudaram na compreensão e visualização dos conceitos.
- 95% dos alunos relataram que as atividades práticas utilizadas foram claras e bem explicadas.
- 80% afirmaram que a metodologia auxiliou na compreensão dos conceitos de forma mais clara e intuitiva.
- 80% destacaram que manipular objetos físicos (como a caixa com cadeado para ilustrar encapsulamento) foi eficaz para consolidar o entendimento.

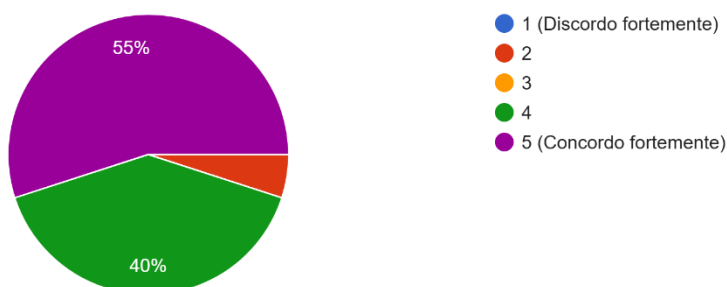
Um aluno destacou a eficácia da abordagem tangível:

*"Usar a caixa com cadeado para entender o encapsulamento foi muito bom. Eu lembro disso sempre que preciso explicar."* (Aluno da Turma A).

Conforme a Figura 18, 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.

As atividades práticas de encenação, como representar classes e objetos em dupla, prenderam minha atenção e me ajudaram a entender os conceitos.

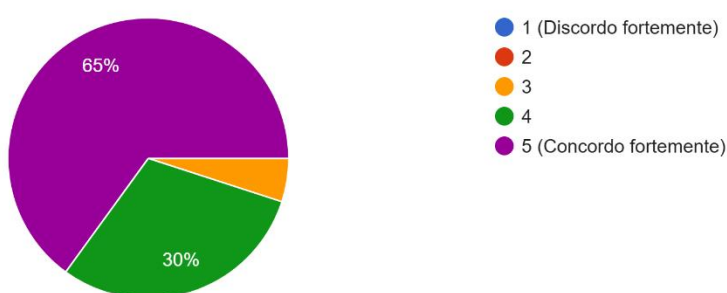
20 respostas



**Figura 20. Eficácia das atividades práticas de encenação em duplas**

Conforme a Figura 19, os resultados mostram que 95% dos alunos consideraram as atividades práticas utilizadas durante as aulas de EPLM como claras e bem explicadas, demonstrando a eficácia da metodologia na apresentação e execução dos conceitos de POO.

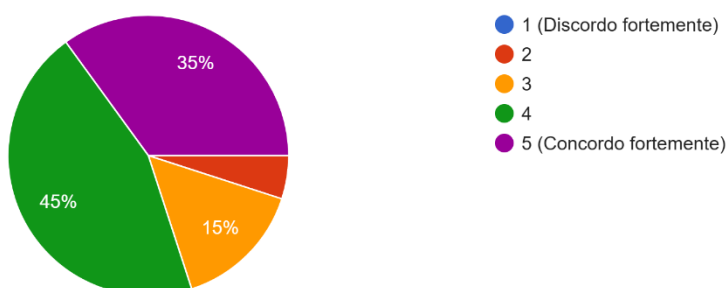
As atividades práticas utilizadas foram claras e bem explicadas, facilitando minha participação.  
20 respostas



**Figura 21. Avaliação da clareza nas instruções das atividades**

Conforme a Figura 20, a metodologia de Aprendizagem Corporificada foi avaliada como clara e intuitiva por 80% dos alunos. 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 metodologia de embodied learning me ajudou a compreender os conceitos de POO de forma mais clara e intuitiva.  
20 respostas

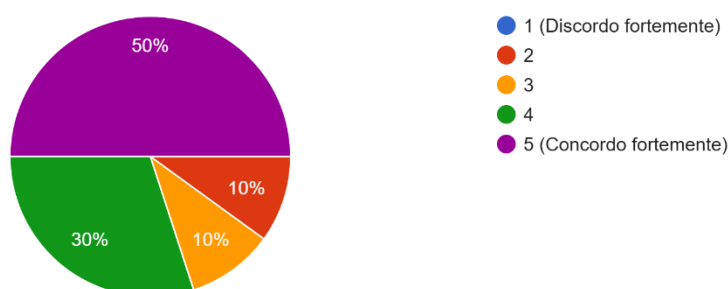


**Figura 22. Eficácia da Aprendizagem Corporificada em POO**

A Figura 21 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.

Realizar atividades como manipular objetos físicos (por exemplo, a caixa com cadeado para ilustrar o encapsulamento) foi eficaz para consolidar meu entendimento.

20 respostas



**Figura 23. Eficácia da manipulação de objetos físicos no aprendizado**

Os resultados observados nas respostas dos alunos evidenciam a eficácia do método EPLM na compreensão dos conceitos de POO. É importante destacar que, em nenhuma das questões avaliativas, houve discordância forte por parte dos alunos, o que reforça a aceitação da abordagem de Aprendizagem Corporificada como ferramenta pedagógica. Além disso, a predominância de respostas positivas sugere que o método não apenas auxiliou na retenção e na aplicação dos conceitos, mas também proporcionou uma experiência de aprendizado envolvente para todos os participantes.

### **6.1.3. Aplicação Prática e Retenção**

Os dados indicaram que as atividades práticas realizadas com o EPLM foram eficazes para ajudar os alunos a aplicar os conceitos de POO em cenários reais e a reter o aprendizado para futuras aplicações. Além disso, a metodologia mostrou ser eficiente para conectar os conceitos ensinados com situações práticas de programação.

- 80% dos estudantes indicaram que a experiência com Aprendizagem Corporificada foi útil para recordar os conceitos em outras situações de programação.

- 80% relataram que as atividades ajudaram a relacionar os conceitos de POO com situações práticas e concretas.
- 90% dos alunos conseguiram compreender melhor conceitos específicos como herança através das atividades práticas.
- 90% dos alunos conseguiram compreender melhor conceitos específicos como polimorfismo através das atividades práticas.

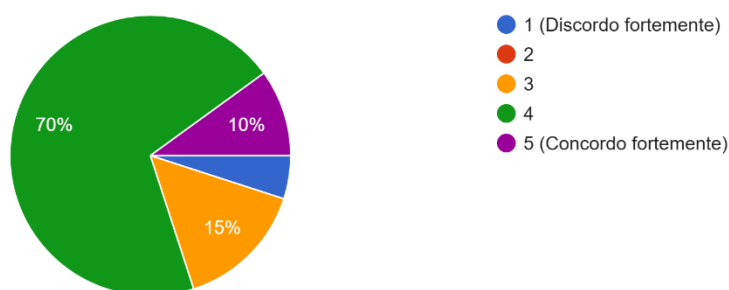
Essa percepção foi reforçada por comentários como:

*"A atividade de reconhecimento de movimento para polimorfismo foi muito interessante. Ficou claro como isso funciona no código."* (Aluno da Turma A).

A Figura 22 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 experiência com embodied learning foi útil para eu recordar os conceitos em outras situações de programação.

20 respostas



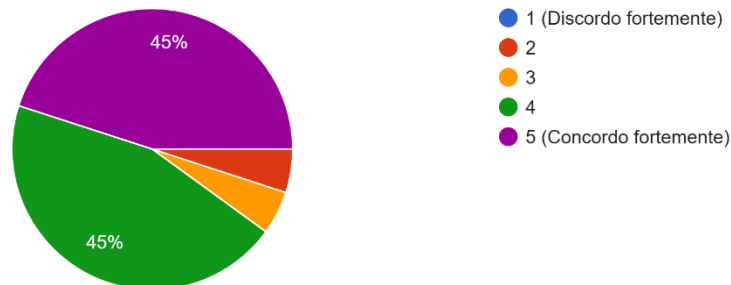
**Figura 24. Utilidade da experiência em outros contextos de programação**

A Figura 23 mostra que 80% dos alunos relataram que as atividades práticas ajudaram a conectar os conceitos de POO com situações práticas e concretas, com 45% concordando fortemente e 45% concordando.



As atividades de embodied learning me ajudaram a relacionar os conceitos de POO com situações práticas e concretas.

20 respostas

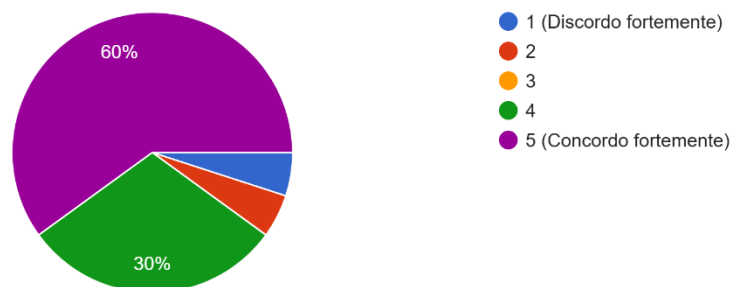


**Figura 25. Relação entre POO e situações práticas**

A Figura 24 mostra que 90% dos alunos relataram que as atividades práticas contribuíram significativamente para a compreensão do conceito de herança, com 60% concordando fortemente e 30% concordando.

As práticas com o sistema de reconhecimento de objetos (usando a webcam) e feedback interativo contribuíram para compreender e visualizar o co...de HERANÇA em Programação Orientada a Objetos.

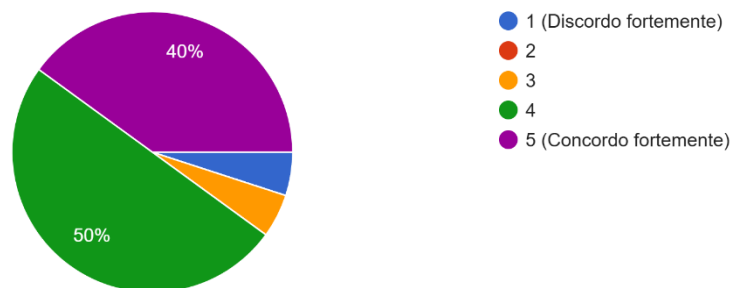
20 respostas



**Figura 26. Eficácia do sistema na compreensão de Herança**

A Figura 25 mostra que 90% dos alunos indicaram uma melhor compreensão do conceito de polimorfismo devido às atividades práticas, com 40% concordando fortemente e 50% concordando.

As práticas com o sistema de reconhecimento de movimentos (usando a webcam) e feedback interativo facilitaram a compreensão e a aplicação...LIMORFISMO em Programação Orientada a Objetos.  
20 respostas



**Figura 27. Eficácia do sistema na compreensão de polimorfismo**

Os resultados observados reforçam que o EPLM desempenhou um papel positivo na conexão entre os conceitos teóricos de POO e sua aplicação prática. A abordagem de Aprendizagem Corporificada mostrou um bom potencial para promover a retenção e aplicação dos conhecimentos adquiridos, com a maioria dos alunos relatando uma compreensão significativa e uma maior confiança em trabalhar com conceitos como herança e polimorfismo. Além disso, as atividades práticas não apenas facilitaram a assimilação do conteúdo, mas também forneceram um contexto concreto que permitiu aos alunos transferirem o aprendizado para situações programáticas reais, consolidando ainda mais os objetivos educacionais do método.

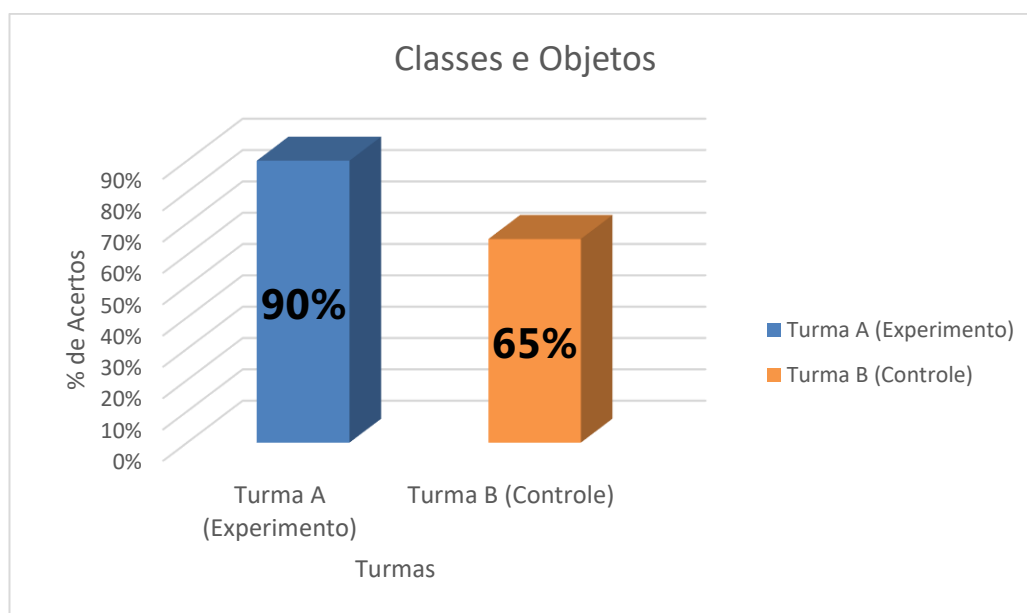
## 6.2. Resultados Quantitativos

Esta seção analisa os resultados quantitativos obtidos a partir da aplicação do EPLM, apresentando tanto os dados comparativos de desempenho entre os grupos experimental e controle quanto a análise estatística que valida a significância das diferenças observadas. A avaliação sistemática do desempenho dos alunos permite determinar o impacto do método proposto na aprendizagem dos conceitos fundamentais de POO.

### 6.2.1. Análise Comparativa por Conceito

A avaliação quantitativa evidenciou o impacto significativo do EPLM nos conceitos fundamentais de POO. Os dados coletados permitiram uma análise comparativa detalhada entre o grupo experimental (Turma A) e o grupo controle (Turma B).

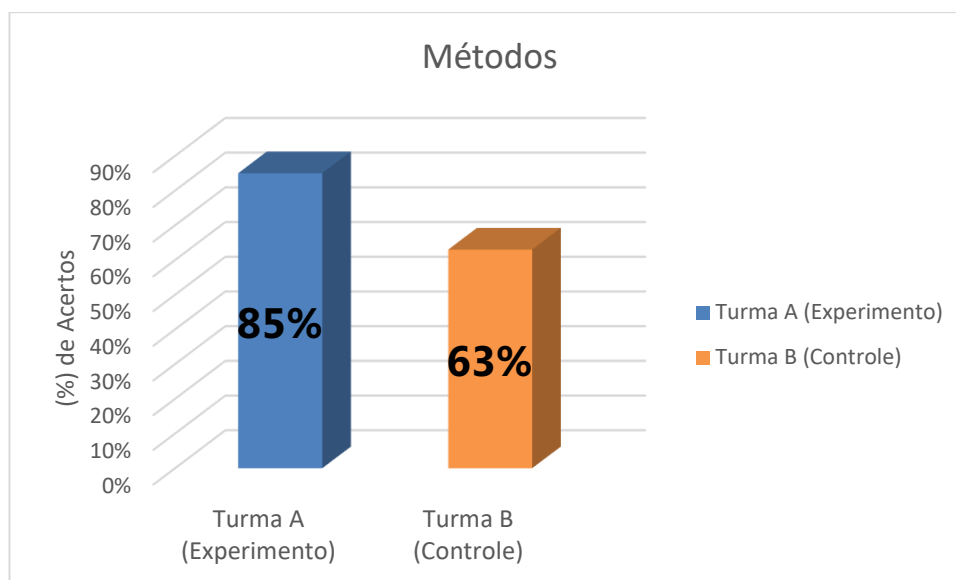
A Figura 27 apresenta o desempenho comparativo entre as turmas no conceito de Classes e Objetos. Os resultados mostram uma diferença significativa, com a Turma A (grupo experimental) alcançando 90% de aproveitamento, enquanto a Turma B (grupo controle) atingiu 65%, uma diferença de 25 pontos percentuais. Este resultado expressivo sugere que as atividades práticas de Aprendizagem Corporificada, especialmente o trabalho em pares com as encenações em dupla utilizando o Alice 3D, foram particularmente efetivas para a compreensão deste conceito fundamental.



**Figura 28. Comparação de desempenho no conceito de Classes e Objetos entre as turmas**

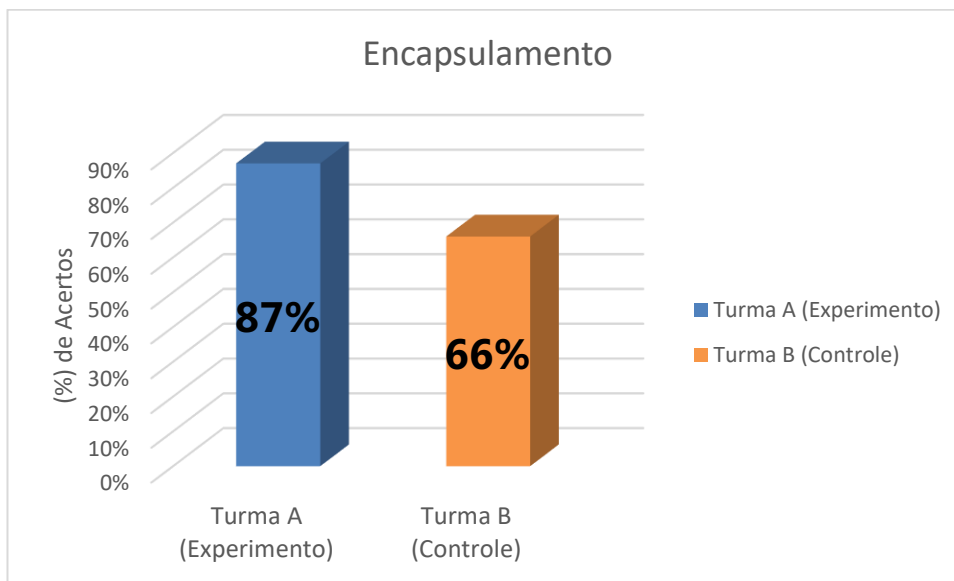
A Figura 28 apresenta o desempenho das turmas na compreensão do conceito de Métodos. A análise revela que a Turma A obteve 85% de aproveitamento, superando significativamente a Turma B, que alcançou 63%, uma diferença de 22 pontos percentuais. Esta diferença considerável indica que a abordagem prática do EPLM, onde os alunos

puderam encenar e implementar métodos usando o Alice 3D, contribuiu substancialmente para uma melhor assimilação deste conceito.



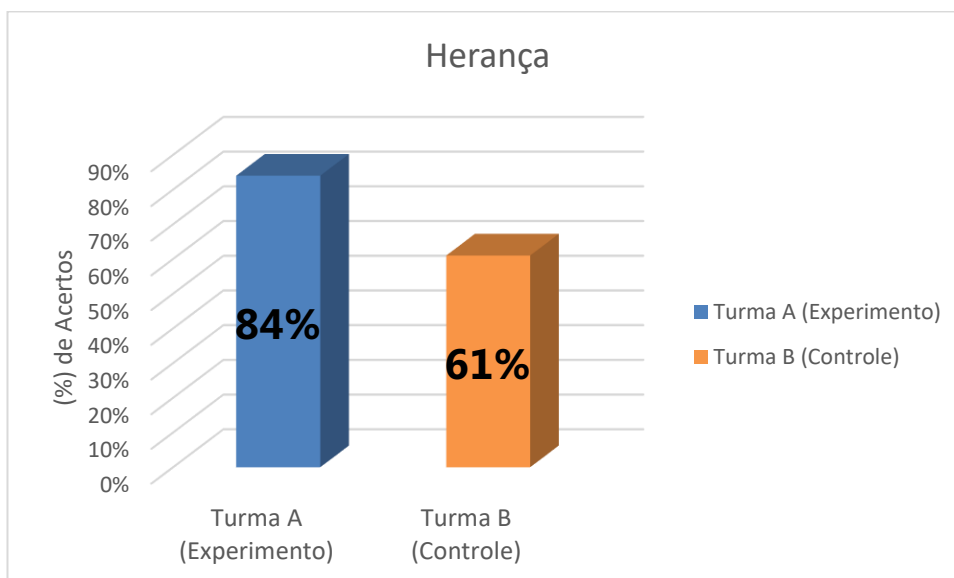
**Figura 29. Comparação de desempenho no conceito de Métodos entre as turmas**

A Figura 29 apresenta os resultados comparativos no conceito de Encapsulamento. A Turma A demonstrou um aproveitamento de 87%, contrastando com 66% da Turma B, uma diferença de 21 pontos percentuais. O uso de ferramentas tangíveis, utilizando as caixas e os cadeados, representando os diferentes níveis de acesso, mostrou-se uma estratégia eficaz para tornar este conceito abstrato mais concreto e compreensível para os alunos do grupo experimental.



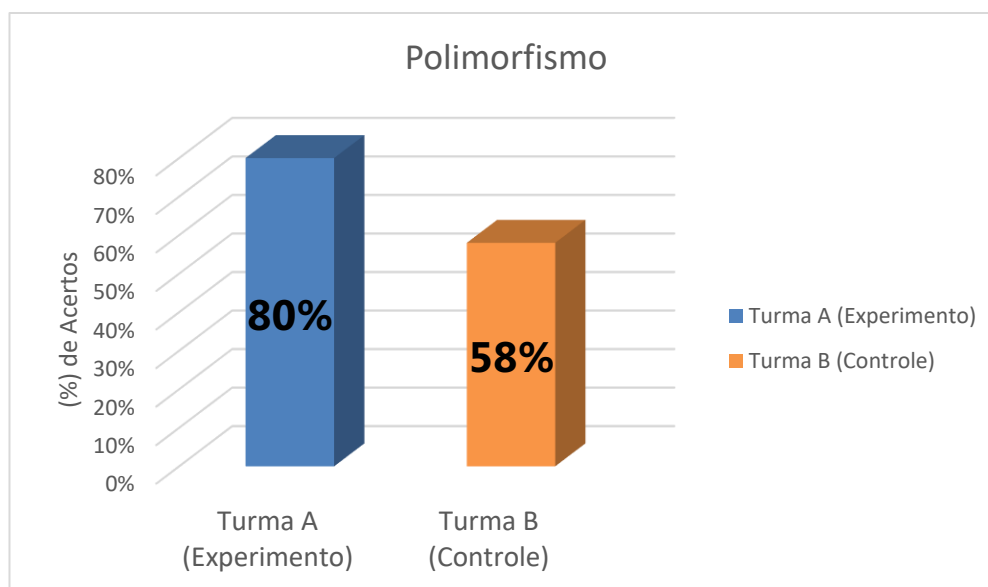
**Figura 30. Comparação de desempenho no conceito de Encapsulamento entre as turmas**

A Figura 30 apresenta os resultados relativos ao conceito de Herança. A Turma A alcançou 84% de aproveitamento, enquanto a Turma B atingiu 61%, evidenciando uma diferença de 23 pontos percentuais. O sistema de reconhecimento de imagens desenvolvido especificamente para este conceito demonstrou ser uma ferramenta efetiva para a compreensão deste importante conceito, mesmo sendo este um dos conceitos mais complexos de POO.



**Figura 31. Comparação de desempenho no conceito de Herança entre as turmas**

A Figura 31 evidencia os resultados para o conceito de Polimorfismo, tradicionalmente um dos mais desafiadores em POO. A Turma A obteve 80% de aproveitamento, comparado a 58% da Turma B, uma diferença de 22 pontos percentuais. O sistema de reconhecimento de movimentos, permitindo que os alunos experimentassem fisicamente diferentes implementações de um mesmo método, provou ser uma abordagem eficaz para tornar este conceito abstrato mais tangível e compreensível.



**Figura 32. Comparação de desempenho no conceito de Polimorfismo entre as turmas**

#### Comparação de Notas Máximas e Mínimas

Com base nos dados coletados, observa-se também:

- A maior nota obtida na Turma A (grupo experimental) foi de 10, enquanto na Turma B (grupo controle), a maior nota alcançada foi 8,5, evidenciando um desempenho superior entre os alunos que participaram do método EPLM.
- A menor nota registrada na Turma A foi 6, contrastando com 4 na Turma B, indicando que mesmo os alunos com menor desempenho na Turma A tiveram resultados superiores aos de menor desempenho na Turma B.

Esses dados reforçam que o EPLM não apenas facilitou a compreensão inicial, mas também contribuiu para uma aplicação prática mais sólida dos conceitos de POO. Em especial, a abordagem baseada em Aprendizagem Corporificada mostrou ser eficaz para

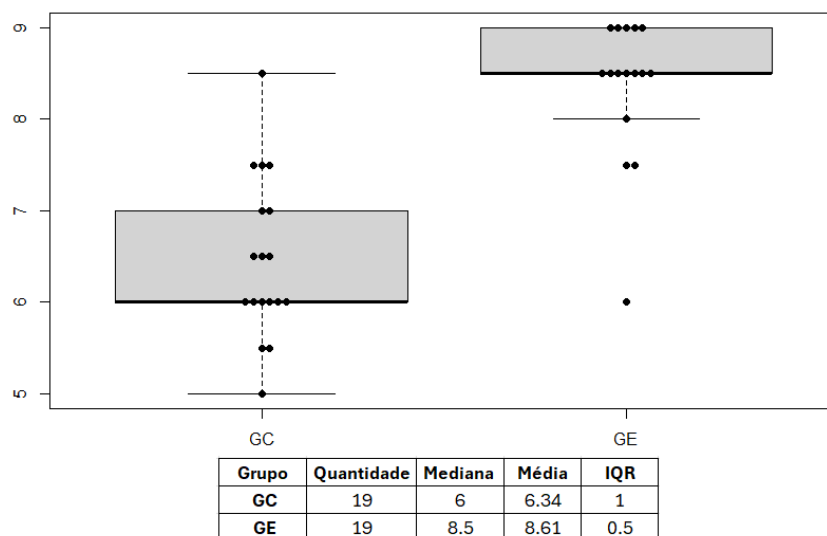
abstrações mais complexas, como herança e polimorfismo, que tradicionalmente apresentam maiores desafios para os alunos. A superioridade do grupo experimental em todas as métricas avaliadas valida a integração de estratégias interativas e tangíveis para o ensino de POO, posicionando o EPLM como uma ferramenta relevante e inovadora no campo educacional.

### **6.2.2. Análise Estatística da Significância dos Resultados**

Para testar a significância estatística da diferença observada entre o desempenho do Grupo Experimental (GE) e do Grupo Controle (GC), e em função das características da amostra, foi utilizado o Teste de Mann-Whitney U. Este é um teste não paramétrico que serve para analisar hipóteses sobre duas amostras independentes, sendo particularmente útil em situações com amostras menores, como é o caso deste estudo.

A média final de cada aluno foi calculada como a média de desempenho em todos os conceitos avaliados. Considerando que o GE possuía um aluno a mais, foi retirado dos cálculos subsequentes desse grupo o aluno com a nota igual à mediana para equilibrar a comparação.

A Figura 32 apresenta o Box Plot da média final dos alunos dos dois grupos, bem como a estatística descritiva por grupo, incluindo mediana, média e intervalo interquartil (IQR).



**Figura 33. Box Plot e estatística por grupo das médias finais dos alunos.**

O nível de significância adotado foi de 0,01 (ou seja, 99% de confiança) para testar as seguintes hipóteses:

- $H_0$ : não há diferença significativa de pontuação entre os participantes dos GC e GE;
- $H_a$ : há diferença significativa de pontuação entre os participantes dos GC e GE.

O valor obtido para o p-value foi de 2.719e-06, que é significativamente menor que o nível de significância adotado (0,01). Portanto, rejeitamos a hipótese nula  $H_0$  e concluímos haver diferença estatisticamente significativa de pontuação entre os grupos de controle e experimental.

Este resultado reforça as observações feitas anteriormente sobre a superioridade do desempenho do grupo experimental em todos os conceitos avaliados, demonstrando que a diferença observada não pode ser atribuída ao acaso, mas representa um efeito real do método EPLM no aprendizado dos conceitos de POO.



## 7. Conclusão

O presente trabalho apresentou um método de ensino inovador para o ensino de POO. O EPLM é fundamentado na metodologia de Aprendizagem Corporificada. A pesquisa buscou integrar atividades interativas, ferramentas tecnológicas e experiências concretas ao ensino de conceitos abstratos de POO, como classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo.

O desenvolvimento do EPLM resultou em duas contribuições técnico-científicas formais.

### 7.1. Contribuições

Ao retomar a questão de pesquisa deste trabalho: *Como a abordagem de aprendizagem corporificada pode ser aplicada para melhorar a compreensão e assimilação da POO pelos alunos, levando em conta suas características e limitações no processo de aprendizado?*, ressalta-se que os resultados obtidos nesta dissertação sugerem que um método estruturado, junto com artefatos e ferramentas tecnológicas de apoio possuem o potencial para:

- Aumento significativo no engajamento dos alunos, conforme relatado nas atividades práticas e nas avaliações de experiência.
- Melhoria na compreensão e retenção dos conceitos de POO, evidenciada pelas análises qualitativas e quantitativas.
- Considerar os aspectos práticos e limitação no uso da Aprendizagem Corporificada em ambiente real.

Esta dissertação reafirma a necessidade de inovações pedagógicas para enfrentar os desafios do ensino de POO. A Aprendizagem Corporificada mostrou-se uma alternativa viável e promissora para tornar o aprendizado mais significativo e atrativo. Este estudo espera inspirar educadores e pesquisadores a explorar novas abordagens que combinem tecnologia e pedagogia, contribuindo para o avanço do ensino em ciência da computação.

O desenvolvimento do EPLM resultou em duas contribuições técnico-científicas formais.

Primeiramente, um artigo intitulado "Um Método Baseado em Aprendizagem Corporificada para o Ensino de Conceitos de Programação Orientada a Objetos" foi submetido à Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), uma revista científica indexada em bases como SciELO, DOAJ, Latindex e DBLP, que apresenta resultados de pesquisas no campo da informática na educação no Brasil e na América Latina. O artigo contribui para a literatura ao oferecer evidências empíricas sobre a eficácia da Aprendizagem Corporificada no contexto específico do ensino de POO, demonstrando como esta abordagem pode melhorar o engajamento e a compreensão dos conceitos fundamentais da programação orientada a objetos.

Adicionalmente, o sistema de software desenvolvido para apoiar o EPLM foi registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) através de três registros distintos, representando os principais componentes do sistema:

O módulo EPLM-H (Processo Nº: BR512025001115-6), o módulo de Herança que funciona integrado ao LMS, mas também de forma independente;

O módulo EPLM-P (Processo Nº: BR512025001181-4), o módulo de Polimorfismo que funciona integrado ao LMS, mas também de forma independente;

O EPLM-LMS (Processo Nº: BR512025001162-8), sistema principal que integra as demais ferramentas.

Estes registros evidenciam a originalidade do trabalho e oferecem proteção legal às soluções tecnológicas desenvolvidas. O conjunto destes componentes representa uma contribuição tecnológica concreta que operacionaliza os princípios pedagógicos do método, oferecendo à comunidade acadêmica e educacional ferramentas testadas e validadas para a implementação prática da Aprendizagem Corporificada no ensino de POO.

## **7.2. Limitações**

Embora este trabalho tenha apresentado resultados promissores, ele possui algumas limitações que devem ser consideradas. A aplicação do método foi realizada em um contexto específico, com uma turma do ensino técnico integrado ao ensino médio, o

que pode influenciar sua generalização para outros níveis educacionais ou contextos de ensino.

O tamanho da amostra utilizada no estudo pode limitar a significância estatística dos resultados. Um estudo com maior número de participantes e em diferentes contextos educacionais seria necessário para validar a eficácia do método em maior escala.

Outra limitação refere-se ao tempo de aplicação do método. O estudo avaliou os resultados imediatos e de curto prazo, mas não pôde verificar a retenção dos conceitos a longo prazo. Estudos longitudinais seriam necessários para avaliar a persistência dos benefícios observados ao longo do tempo.

Além disso, a dependência do método em relação à preparação e engajamento do professor pode representar um desafio para sua adoção mais ampla. O sucesso do EPLM requer que os professores estejam dispostos a adaptar suas práticas pedagógicas e dedicar tempo adicional ao planejamento e preparação das atividades corporificadas.

Destaca-se que o método e ferramentas associadas podem ser aprimoradas para considerar pessoas com deficiência e neurodivergentes. Por fim, é importante ressaltar que o método deve ser expandido para outros tópicos e disciplinas relacionadas a POO.

### **7.2.1. Ameaças à Validade**

Para complementar as limitações já apresentadas, é importante analisar possíveis ameaças à validade dos resultados obtidos neste estudo, destacando também as estratégias de mitigação que foram implementadas.

a) Para a validade interna, consideramos:

- i. *Efeito de seleção*: A divisão dos alunos em grupos experimental e controle poderia criar desequilíbrios iniciais. Para mitigar esta ameaça, realizamos avaliações, eletiva e diagnósticas (pré-teste) (sessão 4.2.1) que confirmaram níveis similares de aceitação à participação do experimento, e de conhecimento sobre os conceitos básicos de POO pelos alunos da turma de Informática para Internet.
- ii. *Efeito Hawthorne*: Os alunos do grupo experimental poderiam se esforçar mais por saberem que participavam de um estudo. Este efeito

foi parcialmente mitigado pela coleta de feedback qualitativo específico sobre cada atividade de Aprendizagem Corporificada (sessões 4.2.5, 6.1 e 6.2), permitindo distinguir entre o impacto do método em si e o simples entusiasmo pela participação.

- iii. *Efeito do pesquisador*: Uma limitação metodológica deste estudo é que o pesquisador atuou como professor para ambos os grupos. Embora isso tenha garantido consistência no estilo de ensino, o potencial viés foi parcialmente mitigado pela aplicação de instrumentos padronizados de avaliação, o uso de critérios objetivos predefinidos para avaliação e a coleta de feedback estruturado através dos questionários (sessão 4.2.5). Essas medidas, ainda que não eliminem completamente este efeito, contribuem para maior objetividade do estudo. Pesquisas futuras poderiam incluir professores independentes para fortalecer ainda mais este aspecto.

b) Para a validade externa, consideramos:

- i. *Limitações de amostragem*: A aplicação em uma única turma do ensino técnico é reconhecidamente uma limitação. Esta restrição foi parcialmente mitigada por meio de: detalhamento minucioso do perfil dos participantes na, incluindo idade, e experiência prévia em programação, divisão cuidadosa dos alunos em grupos experimental e controle com perfis semelhantes, confirmados por pré-testes que demonstraram níveis equivalentes de conhecimento inicial (seção 4.2.1). Embora estas medidas não ampliem diretamente a amostra, elas aumentam a transparência metodológica e possibilitam uma melhor compreensão da generalização dos resultados.
- ii. *Efeito de novidade*: O aumento no engajamento pode ter sido influenciado pelo caráter inovador do método. As avaliações específicas de cada tipo de atividade (encenação, ferramentas tangíveis, sistemas de reconhecimento) ajudaram a identificar quais aspectos do método geraram maior engajamento além do efeito de novidade.

c) Para a validade de construto, consideramos:

- i. *Adequação dos instrumentos de avaliação*: Para garantir que as avaliações medissem adequadamente a compreensão de POO, os instrumentos foram estruturados para cobrir todos os conceitos fundamentais (classes, objetos, métodos, encapsulamento, herança e polimorfismo) com questões de múltiplos formatos, como apresentado nos Apêndices I e II.
  - ii. *Viés de confirmação*: Para minimizar interpretações enviesadas, utilizamos tanto análises quantitativas quanto qualitativas, com destaque para o teste estatístico U de Mann-Whitney, que forneceu uma validação objetiva da significância das diferenças observadas entre os grupos, como demonstrado na seção 6.2.2.
- d) Para a validade de conclusão, consideramos:
- i. *Tamanho da amostra*: O número de 39 participantes poderia comprometer o poder estatístico das análises. Esta limitação foi mitigada de duas formas. Primeiro, pela equalização dos grupos para a análise estatística, retirando dos cálculos um aluno do grupo experimental (com nota igual à mediana) para equilibrar o número de participantes em cada grupo, como detalhado na seção 6.2.2. Segundo, pela escolha do teste U de Mann-Whitney, especificamente adequado para amostras pequenas.
  - ii. *Intervalo temporal limitado*: Embora o estudo não tenha avaliado os efeitos de longo prazo, os dados sobre aplicação prática e retenção (seção 6.1.3) fornecem indicadores iniciais sobre a potencial durabilidade do aprendizado, que poderão ser verificados nos estudos longitudinais propostos na seção 7.3.

Apesar destas ameaças, as estratégias de mitigação implementadas e a consistência dos resultados obtidos através de diferentes instrumentos de análise sustentam a validade das conclusões apresentadas. A transparência na identificação destas ameaças visa contribuir para pesquisas futuras, permitindo refinamentos metodológicos que ampliem o conhecimento sobre a eficácia da Aprendizagem Corporificada no ensino de POO.

### **7.3. Trabalhos Futuros**

A partir das limitações identificadas neste estudo, propõem-se direções específicas para o desenvolvimento e aprimoramento do EPLM. Uma primeira linha de investigação consiste na aplicação do método em diferentes níveis educacionais, como ensino fundamental, graduação ou até mesmo, pós-graduação na área de computação. Esta expansão permitiria avaliar a eficácia do EPLM em contextos diversos e adaptar as atividades corporificadas para diferentes perfis de alunos.

Para endereçar as limitações relacionadas ao tamanho da amostra, propõe-se a realização de estudos em maior escala. Esta ampliação da base de dados permitiria validar estatisticamente os resultados preliminares obtidos e identificar possíveis ajustes necessários no método.

O desenvolvimento de estudos longitudinais representa outra direção importante para pesquisas futuras. Acompanhar o desempenho dos alunos por períodos mais longos permitiria avaliar a retenção dos conceitos de POO ao longo do tempo e verificar como as experiências corporificadas influenciam o aprendizado de conceitos mais avançados de programação.

Por fim, o próprio método EPLM pode evoluir por meio do desenvolvimento de novas alternativas e variações em suas ferramentas de apoio. Uma direção promissora é a expansão do conjunto de recursos tangíveis e tecnológicos, permitindo que cada professor adapte o método à sua realidade. Por exemplo, além das caixas utilizadas para demonstrar encapsulamento, podem ser desenvolvidas outras representações físicas utilizando materiais diversos e acessíveis. Os sistemas de reconhecimento de imagem e movimento também podem ser complementados ou substituídos por alternativas mais simples, mantendo a essência da Aprendizagem Corporificada. Esta flexibilidade na escolha e adaptação das ferramentas não apenas tornaria o método mais democrático e acessível, mas também permitiria que cada educador explore novas possibilidades pedagógicas mantendo os princípios fundamentais.

## 8. Referências

- Abrahamson, D. e Lindgren, R. (2014) Embodiment and Embodied Design. In: R. K. Sawyer (org.); *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge University Press. 2º ed, p. 358–376
- Ahmad, A. e Chokshi, H. e De Ruvo, G. e Giacaman, N. (2018) Interactive Learning of Abstract Programming Concepts with InteractiveOOP. 2018 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTICE). *Anais...* Auckland, New Zealand: IEEE
- Alibali, M. W. e Nathan, M. J. (2012) Embodiment in Mathematics Teaching and Learning: Evidence From Learners' and Teachers' Gestures. *Journal of the Learning Sciences* 21(2), p. 247–286. doi: 10.1080/10508406.2011.611446.
- Antle, A. N. e Wise, A. F. (2013) Getting Down to Details: Using Theories of Cognition and Learning to Inform Tangible User Interface Design. *Interacting with Computers* 25(1), p. 1–20. doi: 10.1093/iwc/iws007.
- Armstrong, D. J. (2006) The quarks of object-oriented development. *Communications of the ACM* 49(2), p. 123–128. doi: 10.1145/1113034.1113040.
- Avgeriou, P. e Retalis, S. e Skordalakis, M. (2003) An Architecture for Open Learning Management Systems. In: Y. Manolopoulos; S. Evripidou; A. C. Kakas (orgs.); *Advances in Informatics*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. v. 2563p. 183–200
- Banic, A. e Gamboa, R. (2019) Visual Design Problem-based Learning in a Virtual Environment Improves Computational Thinking and Programming Knowledge. 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). *Anais...* Osaka, Japan: IEEE
- Barsalou, L. W. (2008) Grounded Cognition. *Annual Review of Psychology* 59(1), p. 617–645. doi: 10.1146/annurev.psych.59.103006.093639.
- Bass, L. e Clements, P. e Kazman, R. (2013) *Software Architecture in Practice*. Harlow: Pearson Education
- Branch, R. M. (2009) *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Boston, MA: Springer US
- Branch, R. M. e Kopcha, T. J. (2014) Instructional Design Models. In: J. M. Spector; M. D. Merrill; J. Elen; M. J. Bishop (orgs.); *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York, NY: Springer New York. p. 77–87
- Carvalho, V. A. de (2011) *Programação orientada a objetos (instituto federal)*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

- Chettaoui, N. e Atia, A. e Bouhlef, M. S. (2020) Exploring the Impact of Multimodal Adaptive Learning with Tangible Interaction on Learning Motivation. 2020 15th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES). *Anais...* Cairo, Egypt: IEEE
- Chung, C.-Y. e Hsiao, I.-H. (2019) An exploratory study of augmented embodiment for computational thinking. Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces: Companion. *Anais...* Marina del Ray California: ACM
- Constancio, F. G. e Couras, M. F. K. B. e Nogueira, D. X. P. e et al. (2018) Extended ADDIE Model for improved Distance Learning Courses. 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). *Anais...* San Jose, CA, USA: IEEE
- Crouch, C. H. e Mazur, E. (2001) Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics* 69(9), p. 970–977. doi: 10.1119/1.1374249.
- DÁvila, W. e Giraffa, L. (2023) Ensino de Programação Orientada a Objetos Para Iniciantes: Uma Metodologia para Programação Criativa. Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2023). *Anais...* Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC
- Diaz-Leyva, T. e 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), p. 1704–1709. doi: 10.25046/aj0506203.
- Diego Addan Gonçalves e Ricardo Caceffo e José Armando Valente e et al. (2024) Enactive interaction in technology-based learning environments: A systematic literature review. *Educational Technology & Society* 27(2). doi: 10.30191/ETS.202404\_27(2).RP02.
- Draz, A. e Abdennadher, S. e Abdelrahman, Y. (2016) Kodr: A Customizable Learning Platform for Computer Science Education. In: K. Verbert; M. Sharples; T. Klobučar (orgs.); *Adaptive and Adaptable Learning*. Cham: Springer International Publishing. v. 9891p. 579–582
- Dufva, T. e Dufva, M. (2019) Grasping the future of the digital society. *Futures* 107, p. 17–28. doi: 10.1016/j.futures.2018.11.001.
- Filatro, A. (2008) *Design Instrucional Na Prática*. São Paulo: Pearson
- Franco, C. R. (2014) *Programação Orientada a Objetos*. São Paulo: Uniassevi
- Grover, S. e Pea, R. (2013) Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher* 42(1), p. 38–43. doi: 10.3102/0013189X12463051.
- Gutiérrez, L. E. e Guerrero, C. A. e 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), p. 7205–7239. doi: 10.1007/s10639-022-10929-5.
- Hanks, B. (2008) Empirical evaluation of distributed pair programming. *International Journal of Human-Computer Studies* 66(7), p. 530–544. doi: 10.1016/j.ijhcs.2007.10.003.
- Johnson-Glenberg, M. C. e Megowan-Romanowicz, C. e Birchfield, D. A. e Savio-Ramos, C. (2016) Effects of Embodied Learning and Digital Platform on the Retention of Physics Content: Centripetal Force. *Frontiers in Psychology* 7. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01819.
- Kitchenham, B. (2004) Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University* 33(2004), p. 1–26
- Lakoff, G. e Johnson, M. (1999) *Philosophy in the flesh: the embodied mind and its challenge to Western thought*. New York: Basic Books. Nachdr. ed.
- Lewis, J. e Loftus, W. (2017) *Java software solutions: foundations of program design*. NY, NY: Pearson. Ninth edition ed.
- Lindgren, R. e Tscholl, M. e Wang, S. e Johnson, E. (2016) Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education* 95, p. 174–187. doi: 10.1016/j.compedu.2016.01.001.
- Litts, B. K. e Chauhan, A. e Mortensen, C. K. e 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. *Anais...* Boise ID USA: ACM
- Lu, O. H. T. e Huang, J. C. H. e Huang, A. Y. Q. e 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), p. 220–234. doi: 10.1080/10494820.2016.1278391.
- Malinverni, L. e Pares, N. (2014) Learning of abstract concepts through full-body interaction: A systematic review
- Martenstyaro, R. e Rosmansyah, Y. (2015) A framework for designing survey training based on 3D Virtual Learning Environment using SLOODLE. 2015 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI). *Anais...* Bandung, Bali, Indonesia: IEEE
- Martins, V. F. e De Almeida Souza Concilio, I. e De Paiva Guimarães, M. (2018) Problem based learning associated to the development of games for programming teaching. *Computer Applications in Engineering Education* 26(5), p. 1577–1589. doi: 10.1002/cae.21968.
- Mcdowell, C. e Werner, L. e Bullock, H. E. e Fernald, J. (2003) The impact of pair programming on student performance, perception and persistence. 25th

- International Conference on Software Engineering, 2003. Proceedings. *Anais...* Portland, OR, USA: IEEE
- Mitchell, J. C. (2003) *Concepts in programming languages*. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press
- Molenda, M. (2003) In search of the elusive ADDIE model. *Performance Improvement* 42(5), p. 34–36. doi: 10.1002/pfi.4930420508.
- Nagappan, N. e Williams, L. e Ferzli, M. e et al. (2003) Improving the CS1 experience with pair programming. Proceedings of the 34th SIGCSE technical symposium on Computer science education. *Anais...* Reno Nevada USA: ACM
- Pillat, R. e Nagendran, A. e 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 Singapore: ACM
- Prince, M. (2004) Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education* 93(3), p. 223–231. doi: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.
- Resnyansky, D. (2022) [DC] A Tangible Augmented Reality Programming Learning Environment (TARPLE) for Active, Guided Learning. 2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW). *Anais...* Christchurch, New Zealand: IEEE
- Sampaio, R. e Mancini, M. (2007) Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 11(1), p. 83–89. doi: 10.1590/S1413-35552007000100013.
- Schmidt, M. e Benzing, V. e Wallman-Jones, A. e et al. (2019) Embodied learning in the classroom: Effects on primary school children’s attention and foreign language vocabulary learning. *Psychology of Sport and Exercise* 43, p. 45–54. doi: 10.1016/j.psychsport.2018.12.017.
- Skulmowski, A. e Rey, G. D. (2018) Embodied learning: introducing a taxonomy based on bodily engagement and task integration. *Cognitive Research: Principles and Implications* 3(1), p. 6. doi: 10.1186/s41235-018-0092-9.
- Taylor, A. T. e Berrueta, T. A. e Murphey, T. D. (2021) Active learning in robotics: A review of control principles. *Mechatronics* 77, p. 102576. doi: 10.1016/j.mechatronics.2021.102576.
- Thorburn, M. (2018) John Dewey, subject purposes and schools of tomorrow: A centennial reappraisal of the educational contribution of physical education. *Learning, Culture and Social Interaction* 19, p. 22–28. doi: 10.1016/j.lcsi.2018.04.001.

- Umapathy, K. e Ritzhaupt, A. D. (2017) A Meta-Analysis of Pair-Programming in Computer Programming Courses: Implications for Educational Practice. *ACM Transactions on Computing Education* 17(4), p. 1–13. doi: 10.1145/2996201.
- Williams, L. e Kessler, R. R. e Cunningham, W. e Jeffries, R. (2000) Strengthening the case for pair programming. *IEEE Software* 17(4), p. 19–25. doi: 10.1109/52.854064.
- Wilson, M. (2002) Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review* 9(4), p. 625–636. doi: 10.3758/BF03196322.
- Wing, J. M. (2006) Computational thinking. *Communications of the ACM* 49(3), p. 33–35. doi: 10.1145/1118178.1118215.
- Zanetti, H. A. P. e Borges, M. A. F. e 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). *Anais...* Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC
- Zhang, W. e Chen, Z. e Zhao, R. (2021) A Review of Embodied Learning Research and its Implications for Information Teaching Practice. 2021 IEEE 3rd International Conference on Computer Science and Educational Informatization (CSEI). *Anais...* Xinxiang, China: IEEE

## APÊNDICE I – Questionário de verificação de nível de compreensão a Programação Orientada a Objetos Turma A (experimento) e Turma B (controle)

1. E-mail \*

---

2. Nome completo \*

---

3. Qual a sua Idade? \*

---

4. Qual seu sexo? \*

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Masculino

☐ Feminino

☐ Prefiro não responder

☐ Outro: 

---

5. Em POO, a palavra-chave \_\_ é usada para declarar que um atributo ou método pode ser acessado pela própria classe e por suas subclasses, mas não por outras classes fora da hierarquia. \*

*Marcar apenas uma oval.*

☐ A) private

☐ B) public

☐ C) protected

☐ D) static

☐ E) internal

6. Numa linguagem de programação orientada a objetos é importante restringir a visibilidade de alguns atributos para garantir o conceito de: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ classe
- ☐ encapsulamento.
- ☐ herança.
- ☐ instanciação.
- ☐ polimorfismo.

7. Em se tratando de orientação a objetos, o polimorfismo refere-se: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) à variação das saídas de um método em resposta a diferentes entradas, sem alteração de seu comportamento original.
- ☐ B) à transmissão de métodos e atributos de uma classe para suas subclasses, possibilitando a herança de funcionalidades.
- ☐ C) à capacidade de um método de ter comportamentos diferentes dependendo dos parâmetros ou do contexto em que é chamado, permitindo maior flexibilidade e reaproveitamento do código.
- ☐ D) ao uso de um objeto para acessar recursos de outro objeto de forma indireta e controlada.
- ☐ E) à utilização de métodos para proteger e manipular dados de uma classe por meio do encapsulamento.

8. A descrição de um conjunto de entidades (reais ou abstratas) de um mesmo tipo e com as mesmas características e comportamentos. Trata-se da definição de: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ String
- ☐ Método
- ☐ Conjunto
- ☐ Classe
- ☐ Objeto

9. Embora use alguns conceitos de modelos e técnicas que lhe precederam, a orientação a objetos utiliza um conceito inovador, que corresponde a uma de suas características básicas. Esse conceito é o de: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) encapsulamento de dados e operações, permitindo proteger e controlar o acesso aos atributos e métodos de uma classe.
- ☐ B) generalização/especialização, que define a hierarquia entre classes e suas subclasses.
- ☐ C) modularização, que organiza o código em partes independentes para facilitar a manutenção.
- ☐ D) reaproveitamento de código, que reduz a duplicação e aumenta a eficiência do desenvolvimento.
- ☐ E) abstração, que simplifica a complexidade, destacando apenas os detalhes essenciais de uma classe.

10. Carro (objeto); tamanho; capacidade; porta-malas; quantidade de portas; trava porta; destrava porta. Nas informações listadas, referentes ao objeto "carro", a informação "trava porta", quando analisada em relação à orientação a objetos, representa: \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) uma classe, que define a estrutura e os comportamentos de objetos semelhantes.
- ☐ B) um método, que executa uma ação específica associada ao objeto.
- ☐ C) uma herança, que permite a transmissão de atributos e métodos de uma classe para outra.
- ☐ D) uma estrutura, que organiza os dados de forma hierárquica e independente.
- ☐ E) um atributo, que armazena informações específicas sobre o objeto.

11. Estacionamento Rotativo (objeto); localização; capacidade; taxa por hora; registrar entrada; calcular tarifa; liberar vaga. Nas informações listadas acima, referentes ao objeto "Estacionamento Rotativo", a informação "calcular tarifa", quando analisada em relação à orientação a objetos, representa: \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) uma classe, que define a estrutura e os comportamentos de objetos semelhantes.
- ☐ B) uma estrutura, que organiza os dados de forma hierárquica e independente.
- ☐ C) uma herança, que permite a transmissão de atributos e métodos de uma classe para outra.
- ☐ D) um método, que executa uma ação específica associada ao objeto.
- ☐ E) um atributo, que armazena informações específicas sobre o objeto.

12. Dentro do paradigma de programação orientada a objetos (POO), há um mecanismo pelo qual uma classe pode estender outra classe, aproveitando seus métodos e atributos. Assinale a alternativa que apresenta o nome desse mecanismo. \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Herança
- ☐ Mensagem
- ☐ encapsulamento
- ☐ polimorfismo
- ☐ subclasse

13. O Veículo possui modelo, fabricante, velocidade máxima, Carro, Moto, Caminhão. Nas informações listadas acima, "Carro", "Moto" e "Caminhão", quando analisadas em relação à orientação a objetos, representam: \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) uma classe, que define a estrutura e os comportamentos de objetos semelhantes.
- ☐ B) um método, que executa uma ação específica associada ao objeto.
- ☐ C) uma herança, que permite a transmissão de atributos e métodos da classe "Veículo" para as subclasses "Carro", "Moto" e "Caminhão".
- ☐ D) uma estrutura, que organiza os dados de forma hierárquica e independente.
- ☐ E) um atributo, que armazena informações específicas sobre o objeto.

14. Em que situação o polimorfismo é particularmente útil? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) Quando deseja criar um método que possa ter diferentes comportamentos em subclasses.
- ☐ B) Quando você precisa encapsular todos os atributos de uma classe para segurança.
- ☐ C) Quando é necessário reutilizar métodos de uma classe pai sem modificações.
- ☐ D) Quando você cria classes que não compartilham nenhum atributo em comum.
- ☐ E) Quando deseja garantir que todos os métodos de uma classe sejam chamados de forma linear.

15. Qual é um exemplo de método em POO? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) Um atributo que representa uma característica, como o tamanho de um objeto.
- ☐ B) Uma ação específica e pode ser invocada em um objeto.
- ☐ C) Uma variável estática armazenada em uma classe.
- ☐ D) Uma estrutura de dados que organiza elementos em um array.
- ☐ E) Um identificador que categoriza os objetos em uma hierarquia.

16. Qual é o conceito de herança em POO? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) A capacidade de um objeto modificar suas próprias características dinamicamente.
- ☐ B) O processo de criar novas classes que herdam os atributos e métodos de classes existentes.
- ☐ C) Um método para ocultar os dados de uma classe dos métodos externos.
- ☐ D) A habilidade de uma classe ter múltiplos métodos com o mesmo nome.
- ☐ E) A criação de objetos que podem ser instanciados sem depender de uma classe.

17. O que acontece quando você cria um objeto de uma classe? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) É gerado um método temporário com os atributos da classe.
- ☐ B) É criada uma instância específica da classe, com seus próprios valores para os atributos definidos.
- ☐ C) Uma nova classe é automaticamente gerada com base no objeto.
- ☐ D) O objeto é convertido em uma subclasse da classe original.
- ☐ E) O código da classe é duplicado em diferentes partes do programa.

18. Em POO, o que é um atributo? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Um método que executa operações específicas.
- ☐ B) Uma variável que armazena um valor ou estado específico de um objeto.
- ☐ C) Uma função que controla o fluxo de execução em uma classe.
- ☐ D) Um elemento que organiza objetos em uma lista.
- ☐ E) Um componente que modifica métodos de outras classes.

19. Para que serve o encapsulamento em POO? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Proteger e restringir o acesso aos dados de uma classe, permitindo que eles sejam acessados e modificados apenas por métodos específicos.
- ☐ B) A capacidade de criar métodos com nomes iguais, mas com comportamentos diferentes.
- ☐ C) A formação de subclasses que herdam métodos de uma classe pai.
- ☐ D) A combinação de várias classes em um único módulo de código.
- ☐ E) A inclusão de todos os atributos em um bloco de código visível a outras classes.

20. No contexto da Programação Orientada a Objetos (POO), considere o seguinte enunciado e assinale a alternativa correta: \*

O GATO Felix pode andar, correr, pular. O GATO Felix come ração. O GATO Felix tem 2 anos.

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Ter 2 anos, andar e correr são instâncias do objeto GATO Felix.
- ☐ B) GATO Felix é uma classe, pois existem outros gatos com idades diferentes.
- ☐ C) GATO Felix é um objeto, com métodos como andar, correr, pular e comer ração.
- ☐ D) Andar, correr e pular são objetos que podem ter como variável o GATO Felix.
- ☐ E) GATO Felix é uma variável, pois contém métodos e atributos associados.

21. Complete a lacuna: A palavra-chave \_\_\_\_ é usada em POO para declarar que um atributo ou método só pode ser acessado dentro da própria classe, garantindo encapsulamento. \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) public
- ☐ B) protected
- ☐ C) private
- ☐ D) static
- ☐ E) default



22. Complete a lacuna: Em POO, a palavra-chave \_\_ é utilizada dentro de métodos de uma classe para referenciar o próprio objeto ao qual o método pertence. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) self
- ☐ B) class
- ☐ C) new
- ☐ D) this
- ☐ E) instance

23. Complete a lacuna: Para instanciar um novo objeto a partir de uma classe em POO, é necessário usar a palavra-chave \_\_. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) create
- ☐ B) init
- ☐ C) new
- ☐ D) instance
- ☐ E) class

24. Complete a lacuna: Em POO, a palavra-chave \_\_ é utilizada para declarar que uma classe está herdando atributos e métodos de uma classe pai. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ A) inherits
  - ☐ B) superclass
  - ☐ C) extends
  - ☐ D) parent
  - ☐ E) implements
-

## APÊNDICE II – Avaliação Feedback do Método EPLM aplicado a Turma A (experimento)

1. Qual o seu nome completo? \*

---

2. Qual a sua idade? \*

---

3. Qual seu sexo? \*

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Masculino

☐ Feminino

☐ Prefiro não responder

☐ Outro: 

---

4. As aulas que utilizaram a metodologia de embodied learning (aprendizagem com encenações e atividades físicas) chamaram minha atenção para o estudo da Programação Orientada a Objetos (POO). \*

*Marcar apenas uma oval.*

☐ 1 (Discordo fortemente)

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5 (Concordo fortemente)

5. As atividades práticas de encenação, como representar classes e objetos em dupla, prenderam minha atenção e me ajudaram a entender os conceitos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

☐ 1 (Discordo fortemente)

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5 (Concordo fortemente)

6. A metodologia de embodied learning me ajudou a compreender os conceitos de POO de forma mais clara e intuitiva. \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

7. Realizar atividades como manipular objetos físicos (por exemplo, a caixa com cadeado para ilustrar o encapsulamento) foi eficaz para consolidar meu entendimento. \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

8. As práticas com o sistema de reconhecimento de objetos (usando a webcam) e feedback interativo contribuíram para compreender e visualizar o conceito de HERANÇA em Programação Orientada a Objetos. \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

9. Gostei de participar das aulas com embodied learning e achei a experiência agradável. \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

10. Gostaria que mais aulas utilizassem essa abordagem para o ensino de POO. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

11. As atividades de embodied learning me ajudaram a relacionar os conceitos de POO com situações práticas e concretas. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

12. Eu me sinto mais confiante em aplicar os conceitos de POO em novos contextos após as aulas com embodied learning. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

13. Achei as atividades de embodied learning desafiadoras, mas produtivas para o aprendizado. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

14. As atividades práticas utilizadas foram claras e bem explicadas, facilitando minha participação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

15. Tive dificuldade em entender os conceitos de POO mesmo com o uso do Embodied Learning. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

16. Receber feedback durante as atividades de embodied learning ajudou a corrigir erros e melhorar minha compreensão. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

17. A experiência com embodied learning foi útil para eu recordar os conceitos em outras situações de programação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

18. As práticas com o sistema de reconhecimento de movimentos (usando a webcam) e feedback interativo facilitaram a compreensão e a aplicação do conceito de POLIMORFISMO em Programação Orientada a Objetos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

19. Recomendo o uso do embodied learning para outras aulas de POO ou disciplinas semelhantes.

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 1 (Discordo fortemente)  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5 (Concordo fortemente)

## **APÊNDICE III - GUIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS NO EPLM POR CONCEITO**

Este guia prático visa oferecer orientações passo a passo para docentes interessados em implementar o *Embodied Programming Learning Method* (EPLM) em suas aulas de Programação Orientada a Objetos utilizando as ferramentas desenvolvidas para este trabalho, reforçamos que opcionalmente os professores podem desenvolver as suas próprias ferramentas para aplicar o método. O EPLM é um método de ensino que integra experiências físicas e sensoriais ao processo de aprendizagem, tornando conceitos abstratos de POO mais acessíveis e compreensíveis para os alunos.

### **Para o ensino do conceito de Classes e Objetos**

#### *Materiais necessários:*

- Computadores com Alice 3D
- Espaço físico adequado para movimentação

#### *Instruções:*

- Organize os alunos em pares
- Introdução conceitual sobre classes e objetos, suas estruturas e relacionamentos
- Oriente os Alunos como deverão proceder com a atividade, no caso como deverão proceder com a encenação e a implementação faça a demonstração prática usando Alice 3D e um exemplo de uma classe qualquer
- Solicite que um aluno represente fisicamente encenando uma classe qualquer (como "Veículo"), enquanto o outro aluno identifica as características e as implementa no Alice 3D
- Incentive os alunos a demonstrarem os atributos através de gestos e descrições verbais
- O segundo aluno, como "programador", identifica essas características e as implementa no Alice 3D
- Trocam-se os papéis para que ambos experimentem as duas funções

- Promova uma discussão entre as duplas e coletiva compartilhando experiências

*Dicas para a condução da aula:*

- Incentive os alunos a exagerarem nos gestos e movimentos para tornar as características mais evidentes
- Sugira classes simples para início (Veículo, Animal, Pessoa)
- Acompanhe as atividades corrigindo e oferecendo feedback constante
- Opcionalmente utilize uma outra abordagem

*Ensinando Métodos*

*Instruções:*

- Mantendo os mesmos pares, explique o conceito de métodos
- Um aluno deve encenar comportamentos/ações (métodos) do objeto, enquanto o outro implementa esses comportamentos no Alice 3D
- Peça para o aluno que está encenando executar diferentes ações, como "andar", "girar", etc
- Promova a inversão dos papéis
- Discuta como os métodos alteram o estado dos objetos

*Dicas para a condução da aula:*

- Faça uma correlação dos métodos com verbos, enfatizando a ação
- Sugira comportamentos simples, mas facilmente identificáveis
- Peça aos alunos que observem como as ações produzem efeitos visíveis no objeto
- Acompanhe as atividades corrigindo e oferecendo feedback constante
- Opcionalmente utilize uma outra abordagem



## **Para o ensino do conceito de Encapsulamento**

### *Materiais necessários:*

- Uma única caixa para cada par ou grupo (sugestão no máximo 4 pessoas), qualquer caixa (utilizamos no trabalho caixa de lâmpada encapada com papel pardo (opcional)) que possa acomodar os objetos que o professor for utilizar.
- Cadeado (um para cada caixa)
- Pequenos objetos para colocar nas caixas (de acordo com a preferencial do professor)
- Cartões com nomes de atributos (de acordo com os objetos dentro da caixa também são opcionais)
- Coloque os objetos dentro das caixas para aula prática

### *Instruções:*

- Organize os alunos em duplas ou grupos de 4 alunos
- Explique o conceito de encapsulamento, níveis de acesso e sua importância
- Entregue as caixas, objetos e os cartões para cada grupo
  - Com uma caixa o professor deve fazer uma imersão, explicando a relação dos conceitos com a situação das caixas, exemplo:
    - Caixa aberta acesso é público
    - Caixa fechada o acesso é protegido
    - Caixa trancada o acesso é privado
- Faça simulações de tentativas de acesso aos diferentes atributos (escolhidos pelo professor), demonstrando as restrições de acesso
- Discuta as implicações práticas do encapsulamento

### *Dicas para a condução da aula:*

- Use objetos coloridos para representar diferentes tipos de dados
- Faça perguntas como: "Por que este atributo deve ser privado?"
- Reforce a demonstração de como o encapsulamento protege a integridade dos dados
- Acompanhe as atividades corrigindo e oferecendo feedback constante
- Opcionalmente utilize uma outra abordagem

## **Para o ensino do conceito de Herança**

### *Materiais necessários:*

- Sistema de reconhecimento de imagem (ou alternativa)
- Imagens/objetos representativos:
  - para classe veículo: carros e motos
  - para classe animal: tubarão e gato)
- Computadores com webcam

### *Instruções:*

- Explique o conceito de herança e sua aplicação em POO
- Faça a demonstração do sistema de reconhecimento de imagem (apontando a imagem (impressa do objeto utilize diferentes imagens de cada objeto)
- Oriente os alunos a utilizarem as imagens/objetos para interagir com o sistema
- Solicite que identifiquem quais atributos e métodos são herdados e quais são específicos
- Discuta a hierarquia das classes e como isso otimiza o código

### *Dicas para a condução da aula:*

- Inicie com perguntas sobre relações do mundo real: "Como um carro e uma moto são semelhantes? O que eles têm em comum?"
- Durante a experimentação com o sistema, estimule reflexões: "Observe o que acontece quando mostramos a imagem do carro. Quais características são herdadas da classe Veículo?"
- Questione sobre reutilização: "De que forma a herança nos ajuda a evitar reescrita de código?"
- Estimule exemplos adicionais: "Conseguem pensar em outra hierarquia de classes além dos exemplos vistos?"
- Acompanhe as atividades corrigindo e oferecendo feedback constante
- Opcionalmente utilize uma outra abordagem

## **Para o ensino do conceito de Polimorfismo**

### *Materiais necessários:*

- Sistema de reconhecimento de movimento (EPLM-P) ou alternativa
- Computadores com webcam
- Espaço para movimentação

### *Instruções:*

- Explique o conceito de polimorfismo e sua importância em POO
- Demonstre o sistema de reconhecimento de movimento
- Oriente os alunos a realizarem diferentes gestos predefinidos para observar as diferentes implementações do mesmo método
- Discuta como o mesmo método pode ter comportamentos distintos dependendo da classe

### *Dicas para a condução da aula:*

- Após demonstrar o sistema, faça perguntas de orientação: "O que acontece quando levantamos o braço direito? Como o método 'executarAcao()' se comporta neste caso?"
- Estimule análise comparativa: "Observe como o mesmo método se comporta diferentemente quando fazemos o movimento dos dois braços levantados. Por que isso é útil em programação?"
- Faça conexões com experiências prévias: "Lembram quando falamos de herança? Como o polimorfismo se relaciona com ela?"
- Questione sobre escalabilidade: "O que aconteceria se precisássemos adicionar mais 5 tipos de movimentos? Como o polimorfismo facilita essa expansão?"
- Opcionalmente utilize uma outra abordagem