

Proposta de Gêmeo Digital Híbrido para Avaliação de Metaprojetos em Project Based Learning

Title: Digital Twin Proposal for Processes and Systems Applied to Metaproject Evaluation in Project Based Learning

Título: Propuesta de Gemelo Digital de Procesos y Sistemas para Evaluación de Metaproyectos en Project Based Learning

Afonso Cesar Lelis Brandão
Instituto de Tecnologia e Liderança (Inteli)
ORCID: [0009-0009-4814-9502](https://orcid.org/0009-0009-4814-9502)
afonso.brandao@prof.inteli.edu.br

Resumo

Este artigo propõe um modelo inovador de gêmeo digital aplicado à avaliação de metaprojetos em Project-Based Learning (PBL) no contexto da engenharia de software. A proposta integra gêmeos digitais de processos e sistemas para superar as limitações dos métodos tradicionais de avaliação, que se caracterizam pela natureza pontual e subjetiva. O modelo conceitual combina três visões arquiteturais: estrutural, comportamental e de processo, permitindo captura multidimensional de dados pedagógicos, técnicos, de gestão e de parceria externa. A arquitetura técnica em camadas suporta coleta automatizada de dados de múltiplas fontes, processamento através de algoritmos de Educational Data Mining e representação em modelos virtuais atualizados continuamente. A validação será realizada através de Design Science Research em ambiente real, utilizando métricas específicas para avaliar eficácia, objetividade e continuidade da avaliação. As contribuições esperadas incluem um novo paradigma para instrumentos de avaliação em aprendizagem ativa, framework sistemático para avaliação multidimensional em PBL e expansão das aplicações de gêmeos digitais para contextos educacionais.

Palavras-chave:

Abstract

This paper proposes an innovative digital twin model applied to the evaluation of metaprojects in Project-Based Learning (PBL) within software engineering contexts. The proposal integrates process and system digital twins to overcome limitations of traditional evaluation methods, characterized by their punctual and subjective nature. The conceptual model combines three architectural views: structural, behavioral, and process-based, enabling multidimensional data capture across pedagogical, technical, management, and external partnership dimensions. The technical architecture supports automated data collection from multiple sources, processing through Educational Data Mining algorithms, and representation in continuously updated virtual models. Validation will be conducted through Design Science Research in real environments, using specific metrics to evaluate effectiveness, objectivity, and continuity of assessment. Expected contributions include a new paradigm for assessment instruments in active learning, a systematic framework for multidimensional PBL evaluation, and expansion of digital twin applications to educational contexts.

Keywords:

Resumen

Este artículo propone un modelo innovador de gemelo digital aplicado a la evaluación de metaproyectos en Project-Based Learning (PBL) en el contexto de la ingeniería de software. La propuesta integra gemelos digitales de procesos y sistemas para superar las limitaciones de los métodos tradicionales de evaluación, caracterizados por su naturaleza puntual y subjetiva. El modelo conceptual combina tres visiones arquitectónicas: estructural, comportamental y de proceso, permitiendo captura multidimensional de datos pedagógicos, técnicos, de gestión y de asociación externa. La arquitectura técnica en capas soporta recolección automatizada de datos de múltiples fuentes, procesamiento a través de algoritmos de Educational Data Mining y representación en modelos virtuales actualizados continuamente. La validación será realizada a través de Design Science Research en ambiente real, utilizando métricas específicas para evaluar eficacia, objetividad y continuidad de la evaluación. Las contribuciones esperadas incluyen un nuevo paradigma para instrumentos de evaluación en aprendizaje activo, framework sistemático para evaluación multidimensional en PBL y expansión de las aplicaciones de gemelos digitales para contextos educacionales.

Palabras clave:

1 Introdução

A educação em engenharia de software tem vivenciado transformação significativa através da adoção crescente de metodologias ativas de aprendizagem, particularmente o Project-Based Learning (PBL). Esta abordagem pedagógica organiza o processo educacional em torno de projetos autênticos que integram competências técnicas e transversais, proporcionando aos estudantes experiência prática na resolução de problemas reais da indústria enquanto desenvolvem conhecimentos teóricos de forma contextualizada e significativa.

No Brasil, instituições pioneiras como o Instituto de Tecnologia e Liderança (Inteli) têm implementado modelos educacionais integralmente baseados em PBL, estruturados através de parcerias estratégicas com organizações externas que fornecem problemas reais como base para projetos estudantis. Esta aproximação entre academia e indústria, pedagogicamente valiosa, amplifica desafios tradicionais de avaliação ao introduzir múltiplos stakeholders, critérios diversificados e necessidades de feedback contínuo que transcendem as capacidades dos métodos avaliatórios convencionais.

Os sistemas tradicionais de avaliação, predominantemente pontuais e baseados em marcos pré-estabelecidos, demonstram-se insuficientes para capturar a natureza processual e multidimensional da aprendizagem em PBL. Esta limitação resulta em lacunas na identificação de progressão de competências, impossibilidade da detecção precoce de dificuldades de aprendizagem e personalização de intervenções pedagógicas, diminuindo a eficácia do modelo e a qualidade da formação profissional.

Paralelamente, o conceito de gêmeo digital tem revolucionado diversos setores através da criação de representações virtuais dinâmicas que espelham sistemas físicos ou processos complexos, mantendo sincronização contínua para monitoramento em tempo real, análise preditiva e otimização automatizada. Esta capacidade de monitoramento contínuo oferece solução promissora para os desafios avaliatórios identificados no PBL, especialmente quando aplicada ao contexto educacional através de taxonomias específicas que contemplam processos de aprendizagem, perfis estudantis e produtos desenvolvidos.

Este artigo propõe um modelo inovador de gêmeo digital híbrido especificamente projetado para avaliação de metaprojetos em ambientes PBL. O modelo integra três tipos de gêmeos digitais - Processo (PDT), Humano (HDT) e Sistema (SDT) - para capturar multidimensionalmente o desenvolvimento de competências, progressão de projetos e dinâmicas de colaboração em tempo real. A proposta fundamenta-se na arquitetura educacional do Inteli e incorpora técnicas avançadas de MLOps para análise preditiva, personalização de intervenções pedagógicas e otimização contínua dos processos de ensino-aprendizagem.

2 Fundamentação

2.1 Project-Based Learning e Desafios de Avaliação

O Project-Based Learning (PBL) representa metodologia pedagógica consolidada que

organiza o aprendizado em torno de projetos autênticos, promovendo integração entre conhecimento teórico e aplicação prática através da resolução de problemas reais. Esta abordagem tem demonstrado particular eficácia na formação de engenheiros de software por estimular o desenvolvimento simultâneo de competências técnicas e transversais essenciais para a prática profissional contemporânea.

A implementação bem-sucedida de metodologias ativas como o PBL requer, contudo, transformação significativa nas práticas docentes e nos sistemas de avaliação utilizados. Conforme evidenciado por [Silva et al.(2024)], a formação continuada de educadores em metodologias ativas apresenta tanto potencialidades quanto desafios substanciais, especialmente na transição de paradigmas avaliatórios centrados em produtos para abordagens que valorizem processos de aprendizagem e desenvolvimento de competências.

Contudo, a natureza multifacetada dos projetos em PBL introduz complexidades avaliatórias ausentes em metodologias tradicionais. Os principais desafios incluem: (1) **Temporalidade Assíncrona** - diferentes equipes progridem em ritmos distintos, dificultando marcos uniformes de avaliação; (2) **Multiplicidade de Stakeholders** - envolvimento de parceiros industriais exige instrumentos que capturam perspectivas externas ao ambiente acadêmico; (3) **Competências Emergentes** - habilidades transversais se desenvolvem de forma não-linear, requerendo instrumentos adaptativos capazes de identificar progressão em múltiplas dimensões simultaneamente; (4) **Capacitação Docente** - necessidade de formação específica para educadores desenvolverem competências em avaliação processual e feedback contínuo.

Estas limitações justificam a necessidade de paradigmas avaliatórios que transcendam a natureza pontual e estática dos métodos convencionais, direcionando para abordagens de monitoramento contínuo e multidimensional que capturem adequadamente a complexidade processual da aprendizagem baseada em projetos e ofereçam suporte tecnológico para a capacitação e práticas docentes.

2.2 Modelo PBL do Instituto de Tecnologia e Liderança

Neste contexto de necessidades avaliatórias complexas, o modelo educacional do Instituto de Tecnologia e Liderança (Inteli) oferece caso paradigmático de implementação sistematizada de PBL na engenharia de software. O modelo estrutura-se através de Learning Backlogs (LBLs), unidades modulares que integram conhecimento computacional com competências transversais em liderança, negócios e experiência do usuário, desenvolvidas em colaboração direta com organizações parceiras que apresentam problemas reais como base para os projetos estudantis [Valente et al.(2025)].

Esta abordagem modular facilita a adaptação curricular conforme demandas específicas de cada projeto industrial, mantendo aderência às Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) através de estrutura espiral de aprendizagem onde conceitos fundamentais são revisitados e aprofundados progressivamente ao longo de diferentes módulos e projetos. A flexibilidade curricular permite que estudantes desenvolvam competências "just-in-time", adquirindo conhecimentos teóricos quando necessários para avançar em desafios práticos específicos.

A arquitetura pedagógica fundamenta-se em cinco dimensões de aprendizagem derivadas de padrões arquiteturais da ISO/IEC 42010: (1) **Drivers de Negócio e Arquitetura** - compreensão de contexto empresarial e stakeholders; (2) **Requisitos Funcionais** - especificação e implementação de funcionalidades; (3) **Requisitos Não-Funcionais** - aspectos de qualidade, performance e usabilidade; (4) **Visão de Engenharia** - práticas de desenvolvimento e gestão de projetos; (5) **Visão de Tecnologia** - escolhas e justificativas técnicas. Esta estrutura multidimensional permite avaliação sistematizada de competências através de visualizações radar que capturam progressão individual e coletiva em cada uma das dimensões estabelecidas.

Complementarmente a esta abordagem estruturada, a integração com parceiros industriais proporciona feedback contínuo sobre a relevância e aplicabilidade das soluções desenvolvidas, criando ciclo de validação que aproxima o ambiente acadêmico das demandas reais do mercado de trabalho. Esta configuração, embora pedagogicamente robusta, amplifica os desafios avaliatórios tradicionais do PBL pela necessidade de capturar e processar feedback de múltiplos stakeholders com perspectivas e critérios distintos.

2.3 Gêmeos Digitais como Solução para Avaliação Contínua

Convergindo com esta perspectiva de necessidades avaliatórias complexas, os gêmeos digitais emergem como paradigma conceitual promissor para superar as limitações dos métodos tradicionais de avaliação em PBL. O modelo de gêmeo digital oferece framework estrutural para monitoramento contínuo e representação virtual dinâmica, proporcionando alternativa sistemática para capturar a natureza processual e multidimensional da aprendizagem baseada em projetos.

A taxonomia contemporânea de gêmeos digitais identifica sete categorias principais: Componente (CDT), Ativo (ADT), Processo (PDT), Sistema (SDT), Ambiente (EDT), Organização (ODT) e Humano (HDT). Para aplicações educacionais em PBL, três tipos demonstram particular relevância conceitual: **PDT** para representação dos fluxos de aprendizagem e progressão curricular; **HDT** para modelagem de perfis estudantis, competências individuais e dinâmicas colaborativas; **SDT** para virtualização dos produtos desenvolvidos e ecossistemas tecnológicos utilizados [Digital Twins Education(2024)].

O foco principal reside no modelo conceitual híbrido que integra estas três perspectivas, sendo que a implementação técnica pode variar conforme o contexto institucional e os desafios específicos de cada ambiente PBL. Dependendo das necessidades particulares, podem ser empregadas diversas ferramentas e metodologias tecnológicas: plataformas de Learning Management Systems (LMS) para coleta de dados acadêmicos, sistemas de versionamento de código para análise de desenvolvimento, ferramentas de Business Intelligence para visualização de métricas, algoritmos de Machine Learning para análise preditiva, ou mesmo soluções mais simples baseadas em planilhas e dashboards para contextos com menor complexidade tecnológica.

A flexibilidade metodológica é fundamental para a aplicabilidade do modelo proposto em diferentes contextos institucionais. A evolução do continuum conceitual demonstra progressão desde representações simples até sistemas sofisticados que podem integrar Internet

das Coisas (IoT), inteligência artificial e tecnologias de visualização avançada conforme a maturidade tecnológica de cada instituição. Esta adaptabilidade possibilita experimentação educacional em tempo real através de diversas abordagens de Learning Analytics, oferecendo insights contínuos sobre eficácia pedagógica, padrões de engajamento estudantil e indicadores preditivos de performance acadêmica, independentemente da complexidade tecnológica da implementação escolhida.

2.4 Abordagens Tecnológicas para Implementação

A operacionalização de gêmeos digitais educacionais requer infraestrutura tecnológica adaptada ao contexto e recursos disponíveis em cada instituição. Uma das abordagens possíveis envolve a integração com arquiteturas MLOps (Machine Learning Operations), que oferece framework sistemático para implementações de alta complexidade com capacidades analíticas avançadas.

A arquitetura de cinco camadas proposta por [Fujii et al.(2022)] - coleta, processamento, modelagem, visualização e aplicação - exemplifica uma implementação robusta que demonstra adequação para contextos educacionais por permitir: (1) **coleta multimodal** de dados acadêmicos, comportamentais e colaborativos; (2) **processamento inteligente** através de algoritmos de NLP e computer vision; (3) **modelagem adaptativa** com técnicas de online learning; (4) **visualização contextual** adaptada aos diferentes stakeholders; (5) **aplicação personalizada** com recomendações e intervenções automáticas.

Contudo, o modelo conceitual proposto não está restrito a implementações complexas. Dependendo dos recursos institucionais e objetivos específicos, podem ser empregadas abordagens tecnológicas mais simples: sistemas baseados em planilhas eletrônicas para coleta e análise básica, dashboards web utilizando ferramentas de Business Intelligence de baixo custo, ou mesmo combinações híbridas que integrem ferramentas existentes na instituição através de APIs simples ou exportação/importação de dados.

Esta flexibilidade de implementação possibilita manutenção de bases individualizadas para cada estudante e projeto, preservando privacidade conforme requisitos da LGPD, enquanto permite análises que variam desde relatórios básicos até previsões sofisticadas de trajetórias de competências, sempre adequadas ao nível de maturidade tecnológica institucional.

3 Modelo de Gêmeo Digital Proposto

3.1 Arquitetura Conceitual Híbrida

O modelo proposto integra três tipos de gêmeos digitais em arquitetura híbrida: Gêmeo Digital de Processo (PDT) para representação dos fluxos de aprendizagem, Gêmeo Digital Humano (HDT) para perfis estudantis e dinâmicas colaborativas, e Gêmeo Digital de Sistema (SDT) para os produtos desenvolvidos (MVPs). Esta integração fundamenta-se nas cinco dimensões arquiteturais do modelo Inteli, proporcionando avaliação holística de com-

petências técnicas e transversais.

PDT - Processo de Aprendizagem: Modela a progressão através dos Learning Backlogs, capturando marcos de aprendizagem, dependências entre módulos e sincronização com demandas de projetos industriais. Incorpora metodologias ágeis adaptadas ao contexto educacional, incluindo sprints de desenvolvimento, retrospectivas de aprendizagem e entregas incrementais.

HDT - Perfis e Colaboração: Representa competências individuais através de visualizações radar multidimensionais, rastreando evolução em cada uma das cinco dimensões arquiteturais. Modela dinâmicas de equipe, padrões de comunicação e contribuições individuais para produtos coletivos, permitindo identificação de lacunas de competências e necessidades de intervenção pedagógica.

SDT - Produtos e Sistemas: Espelha virtualmente os MVPs desenvolvidos, integrando-se com repositórios de código, sistemas de CI/CD e ambientes de deployment. Captura métricas técnicas como qualidade de código, cobertura de testes, performance e aderência a padrões arquiteturais.

3.2 Arquitetura Conceitual de Implementação

A arquitetura conceitual adapta um framework estrutural em camadas para o contexto educacional, incorporando capacidades específicas para análise de dados pedagógicos e suporte à tomada de decisão em PBL. Esta estrutura modular permite implementações tecnológicas diversas conforme recursos disponíveis.

Camada de Coleta Multimodal: Integra dados de múltiplas fontes educacionais, podendo incluir desde sistemas Git para versionamento de código, plataformas LMS para interações acadêmicas, ferramentas de comunicação para colaboração, até APIs de parceiros industriais para feedback de projetos. A implementação pode variar desde coleta manual estruturada até sistemas automatizados com sensores IoT, conforme a complexidade desejada.

Camada de Processamento: Implementa algoritmos de análise adequados ao nível tecnológico institucional, podendo incluir processamento de linguagem natural para documentação técnica, análise estatística de padrões de colaboração, ou avaliações automatizadas de interfaces desenvolvidas. As técnicas podem variar desde análises simples baseadas em métricas diretas até algoritmos de Machine Learning sofisticados.

Camada de Modelagem: Mantém representações individuais para cada estudante, equipe e projeto, atualizadas conforme periodicidade e recursos disponíveis. Pode implementar desde modelos estáticos atualizados periodicamente até sistemas adaptativos com algoritmos de recomendação e predição, dependendo da capacidade analítica institucional.

Camada de Visualização: Oferece interfaces adaptadas para diferentes stakeholders, variando desde dashboards simples em planilhas até sistemas web interativos. Estudantes podem visualizar progresso individual, orientadores podem acessar analytics de equipes, e coordenadores podem monitorar métricas institucionais através de ferramentas adequadas ao contexto específico.

3.3 Protocolo de Avaliação Multidimensional

O sistema implementa avaliação contínua baseada nas cinco dimensões arquiteturais do Inteli, com pesos adaptativos conforme características específicas de cada projeto industrial:

Drivers de Negócio (25%): Avalia compreensão de contexto empresarial, identificação de problemas reais e proposição de soluções viáveis. Métricas incluem qualidade de análise de stakeholders, aderência a objetivos de negócio e capacidade de tradução de requisitos técnicos.

Requisitos Funcionais (20%): Analisa especificação, implementação e validação de funcionalidades. Considera completude de user stories, cobertura de casos de uso e efetividade de testes funcionais.

Requisitos Não-Funcionais (20%): Examina aspectos de performance, segurança, usabilidade e manutenibilidade. Incorpora métricas automatizadas de qualidade de código e feedback de usuários finais em projetos industriais.

Visão de Engenharia (20%): Avalia práticas de desenvolvimento, metodologias ágeis e gestão de projetos. Monitora frequência de commits, qualidade de documentação técnica e aderência a padrões de desenvolvimento.

Visão de Tecnologia (15%): Analisa escolhas tecnológicas, arquitetura de soluções e inovação técnica. Considera adequação de tecnologias ao contexto do problema e capacidade de justificação técnica de decisões arquiteturais.

4 Implementação e Validação

4.1 Prototipagem no Contexto Inteli

A implementação inicial do modelo é pensado para ser conduzido no Inteli aproveitando a infraestrutura existente de Learning Backlogs e parcerias industriais. O protótipo focará em três projetos piloto de diferentes complexidades: desenvolvimento de aplicação móvel (baixa complexidade), sistema web integrado (média complexidade) e solução IoT corporativa (alta complexidade).

Infraestrutura Tecnológica: O sistema utilizará a stack tecnológica institucional incluindo plataforma Adalove para gestão acadêmica, repositórios GitLab para versionamento, ferramentas Slack/Teams para comunicação, e APIs de parceiros para feedback industrial. A implementação MLOps será baseada em containers Docker com orquestração Kubernetes para escalabilidade.

Integração com Stakeholders: Parceiros industriais participarão através de APIs que fornecem feedback estruturado sobre entregáveis, permitindo calibração contínua dos algoritmos de avaliação. Orientadores terão acesso a dashboards pedagógicos com alertas automáticos para situações que requerem intervenção.

4.2 Métricas de Validação

A validação será conduzida através de Design Science Research com métricas específicas para cada componente do gêmeo digital:

Eficácia Pedagógica: Comparação de outcomes de aprendizagem entre turmas utilizando o modelo proposto versus métodos tradicionais. Métricas incluem scores nas cinco dimensões arquiteturais, tempo para domínio de competências específicas, e qualidade de produtos finais avaliada por parceiros industriais.

Precisão Analítica: Validação de algoritmos preditivos através de análise de correlação entre previsões de risco acadêmico e outcomes reais. Teste de acurácia de recomendações de recursos de aprendizagem através de medição de engajamento e melhoria de performance subsequente.

Usabilidade e Adoção: Avaliação da interface através de heurísticas de usabilidade aplicadas por estudantes e orientadores. Medição de taxa de adoção voluntária em funcionalidades opcionais e feedback qualitativo sobre utilidade percebida.

Escalabilidade Técnica: Testes de carga para validar performance com múltiplos projetos simultâneos. Análise de consumo de recursos computacionais e viabilidade econômica para implementação institucional em larga escala.

4.3 Validação Comparativa

O estudo incluirá grupo de controle utilizando métodos tradicionais de avaliação PBL, permitindo análise comparativa em múltiplas dimensões:

Objetividade de Avaliação: Medição de variabilidade inter-avaliadores em métodos tradicionais versus consistência algorítmica do gêmeo digital. Análise de bias cognitivos em avaliações humanas comparado à neutralidade de métricas automatizadas.

Feedback Contínuo: Comparação entre feedback pontual tradicional (marcos de entrega) versus insights contínuos do gêmeo digital. Medição de tempo médio para identificação de dificuldades de aprendizagem e efetividade de intervenções pedagógicas.

Engajamento Estudantil: Análise de métricas de participação, colaboração e satisfação entre grupos experimentais. Avaliação de impacto da transparência e personalização do feedback na motivação para aprendizagem contínua.

5 Contribuições e Considerações Finais

5.1 Contribuições Esperadas

A proposta apresenta contribuições em múltiplas dimensões da educação em engenharia de software:

Inovação Metodológica: Primeiro modelo de gêmeo digital híbrido (PDT+HDT+SDT)

especificamente projetado para avaliação PBL, integrando análise de processos de aprendizagem, perfis estudantis e produtos desenvolvidos em representação virtual unificada.

Framework Técnico: Adaptação de arquiteturas MLOps para contexto educacional, proporcionando pipeline automatizado de coleta, processamento e análise de dados pedagógicos com capacidades preditivas e de recomendação personalizada.

Protocolo de Avaliação: Sistema de avaliação multidimensional baseado nas cinco dimensões arquiteturais do modelo Inteli, oferecendo alternativa objetiva e contínua aos métodos tradicionais de avaliação pontual em PBL.

Validação Empírica: Metodologia de validação comparativa que permitirá mensuração quantitativa da eficácia pedagógica, precisão analítica e impacto no engajamento estudantil em contexto real de aprendizagem baseada em projetos industriais.

5.2 Limitações e Desafios

A implementação do modelo enfrenta desafios característicos do contexto latino-americano de adoção de tecnologias emergentes:

Infraestrutura Tecnológica: Dependência de conectividade robusta, capacidade computacional para processamento MLOps e integração com múltiplas plataformas tecnológicas. A implementação requer investimento inicial significativo em infraestrutura e capacitação técnica.

Privacidade e Ética: Coleta contínua de dados estudantis levanta questões sobre privacidade, consentimento e uso ético de informações acadêmicas. O modelo requer desenvolvimento de protocolos específicos para proteção de dados pessoais conforme LGPD.

Resistência Institucional: Mudança paradigmática na avaliação pode encontrar resistência de stakeholders acostumados a métodos tradicionais. Implementação requer estratégia de gestão de mudança e treinamento extensivo.

5.3 Perspectivas Futuras

A pesquisa abre múltiplas direções para desenvolvimento futuro:

Expansão Disciplinar: Adaptação do modelo para outras engenharias e áreas STEM, aproveitando a estrutura modular de Learning Backlogs para diferentes contextos curriculares.

Integração Tecnológica: Incorporação de realidade virtual/aumentada para visualização imersiva de gêmeos digitais, e blockchain para certificação descentralizada de competências adquiridas.

Análise Longitudinal: Acompanhamento de egressos para avaliação de impacto da metodologia na performance profissional e desenvolvimento de carreira em longo prazo.

Rede Colaborativa: Desenvolvimento de consórcio inter-institucional para compartilhamento de melhores práticas e criação de benchmarks de avaliação PBL baseada em

gêmeos digitais.

A proposta representa avanço significativo na convergência entre tecnologias educacionais emergentes e metodologias ativas de aprendizagem, posicionando instituições educacionais brasileiras na vanguarda da inovação pedagógica global através da aplicação contextualizada de gêmeos digitais para otimização de processos de ensino-aprendizagem em engenharia de software.

Acknowledgements

O autor agradece ao Instituto de Tecnologia e Liderança (Inteli) pelo apoio na realização desta pesquisa e aos estudantes e professores que participarão da validação do modelo proposto.

References

- [Valente et al.(2025)] Valente, J. A., Bittencourt, I. I., Santoro, F. M., Garcia, M., Isotani, S., Garcia, A. & Habimorad, M. (2025). Método para Revisão de Currículo de Engenharia de Software baseado em Learning Backlogs. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE*, São Paulo, SP.
- [Silva et al.(2024)] Silva, M. A., Santos, P. R., Oliveira, L. C. & Lima, R. F. (2024). Potencialidades e Desafios na Formação Continuada de Educadores em Metodologias Ativas. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 32(4), 112–135.
- [Digital Twins Education(2024)] Digital Twins for Education: A Comprehensive Review of Applications in STEAM Learning. (2024). *Journal of Educational Technology Research*, 45(3), 156–189.
- [Fujii et al.(2022)] Fujii, T.Y.; Hayashi, V.T.; Arakaki, R.; Ruggiero, W.V.; Bulla, R., Jr.; Hayashi, F.H.; Khalil, K.A. (2022). A Digital Twin Architecture Model Applied with MLOps Techniques to Improve Short-Term Energy Consumption Prediction. *Machines*, 10, 23.
- [Aplicações DT América Latina(2024)] Aplicações de Gêmeos Digitais na América Latina: Estado da Arte e Perspectivas Futuras. (2024). *Revista Latino-Americana de Tecnologia Educacional*, 12(2), 45–67.