



IA COMO ANDAIME COGNITIVO NO PBL: como ferramentas de inteligência artificial apoiam o desenvolvimento do pensamento crítico em estudantes de graduação

AI AS COGNITIVE SCAFFOLDING IN PBL: how artificial intelligence tools support the development of critical thinking in undergraduate students

**Robson Kerner Coelho dos Santos¹, Rafael Kerner Coelho dos Santos²,
Roger Antonio Rodrigues³**

¹Faculdade Unis São Lourenço, São Lourenço, Minas Gerais,
robson.santos@professor.unis.edu.br, 0000-0003-4163-5486

²Faculdade Unis São Lourenço, São Lourenço, Minas Gerais,
rafael.santos@professor.unis.edu.br

³Faculdade Unis São Lourenço, São Lourenço, Minas Gerais,
roger.rodrigues@unis.edu.br, 0009-0009-8565-085

RESUMO

A integração de ferramentas de inteligência artificial ao ensino superior tem gerado reflexões importantes sobre as possibilidades e os limites dessas tecnologias em contextos pedagógicos. Este artigo analisa, por meio de revisão bibliográfica narrativa, de que modo ferramentas de IA generativa podem exercer a função de andaime cognitivo nas etapas da Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico em estudantes de graduação. O referencial teórico apoia-se na concepção de Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky e no modelo clássico do PBL, articulando-os às características dos modelos de linguagem de grande escala disponíveis atualmente. A revisão indica que o uso pedagógico da IA depende diretamente da intencionalidade do design instrucional e da mediação docente. Quando integrada de forma orientada às etapas do PBL, a IA amplia as possibilidades cognitivas dos estudantes sem assumir o lugar do raciocínio autônomo. O artigo conclui que o valor formativo dessas ferramentas está no processo de uso reflexivo e crítico, e não nos produtos gerados, o que impõe novas exigências tanto para a formação docente quanto para o planejamento pedagógico no ensino superior.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Projetos, Inteligência Artificial, Andaime Cognitivo, Pensamento Crítico, Ensino Superior.

1 INTRODUÇÃO

O campo educacional tem sido afetado, de maneira crescente e irreversível, pela chegada de ferramentas de inteligência artificial generativa ao cotidiano acadêmico. Desde a popularização de modelos como o ChatGPT, em fins de 2022, universidades de todo o mundo passaram a debater os impactos dessas tecnologias sobre os processos de ensino e aprendizagem. As primeiras reações institucionais foram, em sua maioria, defensivas: políticas de restrição ao uso, sistemas de detecção de plágio e alertas sobre integridade acadêmica dominaram a agenda. Com o passar do tempo, contudo, pesquisadores e docentes começaram a formular perguntas mais produtivas: que tipo de aprendizagem essas ferramentas podem apoiar? Em que condições o uso de IA contribui para a formação dos estudantes em vez de prejudicá-la?

Essas questões ganham relevância particular quando colocadas em diálogo com as metodologias ativas de ensino. Metodologias como a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) organizam o processo formativo em torno de problemas reais e complexos, exigindo dos estudantes capacidades que vão muito além da memorização de conteúdos: investigação, argumentação, síntese, tomada de decisão e trabalho colaborativo. São precisamente essas capacidades que o debate sobre IA e educação frequentemente coloca em tensão, ora apontando para o risco de que a tecnologia as substitua, ora reconhecendo seu potencial de apoiá-las.

Este artigo parte da hipótese de que a IA generativa pode exercer, nas etapas do PBL, uma função análoga àquela descrita por Vygotsky como mediação na Zona de Desenvolvimento Proximal: um suporte externo que permite ao estudante realizar tarefas cognitivas que ainda não conseguiria executar sozinho, mas que vai sendo progressivamente dispensado à medida que a autonomia é construída. Esse papel é o que a literatura pedagógica denomina *scaffolding*, ou andaime cognitivo.

A questão de pesquisa que orienta este estudo é a seguinte: de que forma as ferramentas de inteligência artificial generativa podem atuar como andaimes cognitivos nas etapas da Aprendizagem Baseada em Projetos, apoiando o desenvolvimento do pensamento crítico em estudantes de graduação? O objetivo geral é analisar, por meio de revisão bibliográfica narrativa, as possibilidades de integração entre IA e PBL no ensino superior, com foco no conceito de *scaffolding* cognitivo e em suas implicações pedagógicas.

A justificativa para este estudo reside em uma lacuna observada na literatura: há abundância de trabalhos que descrevem o uso de ferramentas de IA como recursos de produção de conteúdo no ensino superior, mas são ainda escassos os estudos que articulam esse uso às etapas e aos princípios das metodologias ativas. Compreender de que modo a IA pode ser integrada ao PBL de forma pedagogicamente fundamentada é uma contribuição relevante tanto para a pesquisa em educação superior quanto para a prática docente.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico, abordando os fundamentos do PBL, o conceito de *scaffolding* e as características das ferramentas de IA generativa no contexto educacional. A seção 3 descreve o percurso metodológico adotado. A seção 4 apresenta os resultados da revisão e a discussão das possibilidades e condições de uso da IA no PBL. Por fim, a seção 5 traz as considerações finais, as limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica deste estudo busca estabelecer uma convergência entre os princípios consolidados das metodologias ativas, as teorias do desenvolvimento cognitivo e as novas possibilidades trazidas pela inteligência artificial. Para compreender como as ferramentas generativas podem atuar como suporte ao aprendizado, é necessário, primeiramente, delimitar as bases pedagógicas da Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) e o conceito de *scaffolding* derivado da Zona de Desenvolvimento Proximal. Esta seção percorre a estrutura do PBL, as nuances da mediação cognitiva e as características técnicas dos modelos de linguagem de grande escala (LLMs), pavimentando o caminho para a análise de sua integração no ensino superior.

2.1 Aprendizagem Baseada em Projetos: fundamentos e etapas

A Aprendizagem Baseada em Projetos, conhecida pela sigla PBL (do inglês Project-Based Learning), constitui uma das metodologias ativas mais amplamente estudadas e aplicadas no ensino superior. Sua genealogia remonta às ideias de John Dewey sobre aprendizagem experiencial e à convicção de que o conhecimento se constrói

a partir do engajamento ativo do aprendiz com problemas do mundo real (Dewey, 1938). No campo da educação médica, Howard Barrows e Robyn Tamblyn sistematizaram o método em sua versão mais influente, desenvolvida na Universidade de McMaster no Canadá, ao longo da década de 1960 (Barrows & Tamblyn, 1980).

O PBL organiza o processo de ensino-aprendizagem em torno de um problema complexo, autêntico e, em geral, interdisciplinar, que serve como ponto de partida para a investigação dos estudantes. Diferentemente de abordagens tradicionais centradas na transmissão de conteúdos, o PBL posiciona o estudante como protagonista do próprio percurso formativo. O docente, por sua vez, assume o papel de facilitador ou tutor, responsável por orientar o processo sem oferecer as respostas diretamente.

As etapas do PBL variam conforme o modelo adotado, mas a versão mais referenciada na literatura inclui os seguintes momentos: apresentação e leitura do problema pelo grupo; identificação dos termos desconhecidos e levantamento dos conhecimentos prévios; formulação de hipóteses explicativas; definição dos objetivos de aprendizagem, ou seja, do que o grupo precisa estudar para avançar na compreensão do problema; estudo autônomo individual; retorno ao grupo para síntese e discussão; e produção de uma solução ou resposta ao problema inicial (Schmidt, 1983; Hmelo-Silver, 2004).

Esse percurso exige dos estudantes habilidades cognitivas situadas nos níveis superiores da taxonomia de Bloom revisada, especialmente análise, avaliação e criação (Anderson & Krathwohl, 2001). Pesquisas conduzidas em diferentes contextos de ensino superior indicam que o PBL favorece o desenvolvimento do pensamento crítico, da aprendizagem autodirigida e da capacidade de trabalho em equipe (Savery, 2006; Dolmans et al., 2016; Hmelo-Silver, 2004). Esses resultados, no entanto, estão condicionados à qualidade do problema proposto, à capacidade de mediação do tutor e ao nível de engajamento dos estudantes.

Uma crítica recorrente ao PBL diz respeito à carga cognitiva elevada que a metodologia impõe, especialmente em etapas iniciais do percurso formativo, quando os estudantes ainda não dispõem de repertório suficiente para lidar com a complexidade dos problemas propostos (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Essa limitação aponta para a importância de mecanismos de suporte que possam reduzir a sobrecarga sem

comprometer o processo investigativo. É nesse ponto que o conceito de scaffolding se torna central.

2.2 Scaffolding e a Zona de Desenvolvimento Proximal

O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) foi formulado por Lev Vygotsky para descrever a distância entre o que um aprendiz consegue realizar de forma independente e o que consegue realizar com a orientação de alguém mais experiente ou com o suporte de instrumentos mediadores adequados (Vygotsky, 1978). Para Vygotsky, a aprendizagem genuína ocorre precisamente nessa zona de tensão produtiva: nem na repetição daquilo que já se domina, nem no enfrentamento do que está completamente fora do alcance cognitivo do aprendiz.

O conceito de scaffolding foi introduzido por Wood, Bruner e Ross (1976) para nomear a forma como esse suporte pode ser operacionalizado na prática pedagógica. Scaffolding designa um conjunto de estratégias de auxílio temporário que permitem ao aprendiz realizar tarefas que ainda não conseguiria executar sozinho, com a condição de que esse suporte seja progressivamente retirado à medida que a competência é desenvolvida. A metáfora do andaime é precisa: trata-se de uma estrutura de apoio que existe para ser removida.

Na literatura sobre educação e tecnologia, o scaffolding foi estudado em diferentes contextos e por meio de distintos instrumentos mediadores. Jonassen (1999) analisou como os chamados ambientes de aprendizagem construtivistas podiam oferecer suporte cognitivo por meio de ferramentas digitais. Reiser (2004) distinguiu duas funções centrais do scaffolding: a função de estruturação, que organiza e decompõe a tarefa em etapas manejáveis, e a função de problematização, que mantém o desafio cognitivo suficientemente elevado para promover aprendizagem. Ambas as funções são relevantes para pensar o papel da IA no PBL.

É importante ressaltar que o scaffolding eficaz não é um suporte genérico, mas um suporte ajustado ao nível do aprendiz e à especificidade da tarefa. Isso implica que o andaime precisa ser calibrado: demasiado suporte pode produzir dependência e reduzir o esforço cognitivo necessário à aprendizagem; insuficiente, pode gerar frustração e abandono da tarefa. Esse equilíbrio delicado é um dos principais desafios pedagógicos na integração de ferramentas de IA ao PBL.

Investigações mais recentes têm explorado as possibilidades de scaffolding mediado por tecnologias digitais, incluindo sistemas tutores inteligentes, plataformas adaptativas e, mais recentemente, modelos de linguagem de grande escala. A especificidade dessas ferramentas em relação às anteriores reside na capacidade de interação em linguagem natural, o que aproxima a experiência do estudante de uma conversa com um interlocutor, em vez da interação com uma interface programada de forma rígida.

2.3 Inteligência Artificial Generativa e Educação Superior

Os modelos de linguagem de grande escala (Large Language Models, ou LLMs), dos quais o ChatGPT é o exemplo mais amplamente difundido, representam uma inflexão significativa no desenvolvimento da inteligência artificial aplicada à linguagem. Diferentemente dos sistemas de IA anteriores, que operavam a partir de regras fixas ou de bases de conhecimento estruturadas, os LLMs são treinados em enormes corpora de texto e aprendem a gerar respostas estatisticamente coerentes a partir de contextos fornecidos pelo usuário. Essa capacidade confere-lhes uma flexibilidade e uma aparente fluidez discursiva que os tornam ferramentas de interesse para contextos educacionais (Kasneci et al., 2023).

No ensino superior, as ferramentas de IA generativa têm sido utilizadas de formas variadas: como auxílio à pesquisa bibliográfica, como ferramenta de escrita e revisão textual, como tutores para dúvidas pontuais, como geradores de exercícios e feedback, e como instrumentos de simulação de situações profissionais (Mollick & Mollick, 2023). Pesquisadores têm também investigado os riscos associados a esse uso, especialmente no que se refere à produção de conteúdo sem compreensão, à geração de informações incorretas apresentadas com aparência de autoridade, e ao possível enfraquecimento de habilidades cognitivas que dependem do esforço de elaboração.

Zawacki-Richter et al. (2019), em revisão sistemática sobre IA na educação superior publicada antes da chegada dos LLMs, já identificavam quatro grandes categorias de aplicação: perfis e predição de aprendizagem, sistemas de avaliação inteligente, assistentes virtuais e personalização do aprendizado. Com a emergência dos modelos generativos, essas categorias foram ampliadas e, em certa medida, transformadas: um único modelo pode exercer funções antes distribuídas entre diferentes sistemas especializados.

Um aspecto que distingue os modelos de linguagem generativa de outros recursos digitais é a possibilidade de personalização da interação por meio da formulação de prompts. O prompt é o texto por meio do qual o usuário instrui o modelo sobre o tipo de resposta esperada. A qualidade do prompt afeta diretamente a qualidade da resposta gerada, o que significa que o uso educacional da IA pressupõe o desenvolvimento de uma competência específica: a capacidade de formular perguntas e instruções de forma precisa, contextualizada e crítica. Essa competência, que alguns autores denominam letramento em IA ou AI literacy, passa a ser um requisito tanto para estudantes quanto para docentes (Bender et al., 2021).

A literatura aponta ainda para um conjunto de limitações estruturais dos modelos de linguagem que são relevantes para o contexto educacional. Os LLMs podem gerar informações incorretas com aparência de precisão, fenômeno frequentemente descrito como alucinação. Eles tendem a refletir os vieses presentes nos dados com que foram treinados. Sua base de conhecimento tem uma data de corte, o que os torna potencialmente desatualizados. E sua fluência linguística pode criar nos estudantes a impressão equivocada de que o modelo compreende o conteúdo que produz. Esses limites não inviabilizam o uso pedagógico das ferramentas, mas impõem a necessidade de mediação crítica e de design instrucional cuidadoso.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho assume o caráter de uma revisão bibliográfica narrativa, de natureza qualitativa e abordagem exploratória. A opção por esse tipo de revisão justifica-se pela natureza do problema investigado: trata-se de um campo ainda em constituição, no qual a produção empírica é crescente, mas ainda insuficiente para sustentar protocolos de revisão sistemática com metanálise. A revisão narrativa permite ao pesquisador mapear o estado do debate teórico, identificar convergências e divergências entre perspectivas distintas e construir sínteses interpretativas que contribuam para a elaboração de novos quadros analíticos (Rother, 2007).

A busca por referências foi conduzida nas bases de dados Google Scholar, Scopus, ERIC (Education Resources Information Center) e SciELO, no período entre fevereiro e abril de 2024. Os descritores utilizados em língua inglesa foram: "Project-Based Learning", "PBL higher education", "Artificial Intelligence education", "Generative AI learning", "cognitive scaffolding", "scaffolding technology", "critical thinking

undergraduate", "Zone of Proximal Development technology", "LLM education", "ChatGPT pedagogy". Em língua portuguesa, foram utilizados os descritores: "Aprendizagem Baseada em Projetos", "Inteligência Artificial ensino superior", "andaime cognitivo", "pensamento crítico graduação", "metodologias ativas e IA". Os descritores foram combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, em diferentes arranjos, a fim de ampliar o alcance e a precisão da busca.

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: (a) artigos científicos, capítulos de livros e obras teóricas publicados entre 1976 e 2024; (b) disponibilidade em língua portuguesa, inglesa ou espanhola; (c) relevância direta para pelo menos um dos três eixos temáticos da revisão, descritos adiante. Os critérios de exclusão foram: (a) publicações sem revisão por pares, com exceção de obras fundacionais de ampla circulação na literatura pedagógica; (b) trabalhos cujo foco central fosse exclusivamente a educação básica ou a formação técnica de nível médio; (c) publicações duplicadas ou redundantes em relação a outras já selecionadas.

Após a busca e aplicação dos critérios, o material selecionado foi organizado em três eixos temáticos, que estruturam também a seção de resultados e discussão: (1) fundamentos do PBL e suas etapas no ensino superior; (2) teoria do scaffolding e suas aplicações em ambientes digitais; (3) possibilidades e limitações das ferramentas de IA generativa como suporte ao aprendizado ativo. A análise foi conduzida de forma interpretativa, buscando articular os eixos temáticos em torno da questão de pesquisa central.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio da revisão narrativa revelam um cenário de transição, no qual a inteligência artificial deixa de ser vista estritamente como uma ameaça à integridade acadêmica para ser compreendida como um recurso de mediação pedagógica.

A discussão a seguir organiza esses achados em quatro eixos fundamentais: a aplicação prática da IA em cada etapa do ciclo do PBL; os riscos ao pensamento crítico e os limites do suporte tecnológico; as condições necessárias para uma implementação docente intencional; e, por fim, as

implicações estruturais que essa tecnologia impõe ao redesenho das metodologias ativas no ensino superior.

4.1 IA como Andaime nas Etapas do PBL

A análise da literatura permite verificar que as ferramentas de IA generativa apresentam correspondências funcionais com cada uma das etapas do ciclo do PBL. Essas correspondências não são automáticas: dependem do modo como o docente as planeja e do grau de criticidade com que os estudantes as utilizam.

Hmelo-Silver (2004) destaca que a leitura e análise inicial do problema é uma etapa determinante para o engajamento do grupo, pois é nesse momento que os estudantes identificam o que já sabem e o que precisam aprender. Nesse contexto, a IA pode ser utilizada para ampliar o repertório inicial sobre o tema, ajudando os estudantes a compreender termos desconhecidos, mapear perspectivas teóricas relacionadas ao problema ou identificar conexões interdisciplinares que não teriam percebido de imediato. Esse uso não substitui o esforço coletivo de interpretação, mas pode reduzir a assimetria de conhecimento inicial entre os membros do grupo, criando condições mais equânimes para a discussão.

Na etapa de levantamento de hipóteses, Reiser (2004) argumenta que o scaffolding eficaz é aquele que mantém o desafio cognitivo sem entregar as respostas. Nessa perspectiva, a IA pode funcionar como um interlocutor que questiona as hipóteses do grupo, aponta variáveis não consideradas ou sugere perspectivas alternativas, sem validar nem invalidar o raciocínio dos estudantes diretamente. Esse tipo de interação se aproxima da função clássica do tutor-facilitador no PBL, com a vantagem da disponibilidade permanente e da capacidade de processar grande volume de informação em tempo reduzido.

No que se refere à definição dos objetivos de aprendizagem, Lima e Serrano (2024) observam que o ChatGPT tem sido utilizado com resultados promissores na organização de lacunas de conhecimento e na formulação de questões de pesquisa. Os autores destacam que essa funcionalidade é particularmente útil quando os estudantes ainda não dominam a linguagem acadêmica necessária para estruturar com precisão o que precisam investigar. A IA, nesse caso, atua como ferramenta de estruturação cognitiva, função que Reiser (2004) identifica como uma das dimensões centrais do scaffolding.

Durante o estudo autônomo, Loiola et al. (2024) conduziram pesquisa com estudantes de educação a distância e verificaram que o ChatGPT é percebido como útil para sintetizar informações e facilitar a leitura de textos acadêmicos complexos. Contudo, os autores alertam para o risco de aceitação acrítica das respostas geradas e de redução do esforço cognitivo nos processos mentais de aprendizagem. Esse achado reforça que a etapa de estudo autônomo é aquela em que os limites do uso da IA precisam ser mais claramente definidos pelo docente, sob risco de que o andaime se transforme em substituição.

No retorno ao grupo para síntese e discussão, a IA pode ser utilizada para organizar as informações levantadas individualmente, identificar convergências e contraposições entre fontes e apoiar a construção de uma resposta coletiva ao problema. Kasneci et al. (2023) observam que essa função de curadoria e síntese informacional é uma das mais promissoras no uso educacional dos LLMs, especialmente em contextos em que os estudantes precisam lidar com grande volume de material em tempo limitado.

Na etapa de produção e apresentação da solução, Mollick e Mollick (2023) propõem que a IA pode assumir o papel de revisor crítico: o estudante apresenta sua argumentação ao modelo e solicita que ele aponte inconsistências, lacunas ou pontos que precisam ser melhor desenvolvidos. Esse uso pressupõe que o estudante já tenha construído uma posição própria sobre o problema, utilizando a ferramenta para refiná-la, e não para gerá-la. É nessa distinção que reside o limite entre o uso da IA como andaime e seu uso como atalho cognitivo.

4.2 Pensamento Crítico, Uso Irrefletido e os Limites do Andaime

Um dos pilares pedagógicos do PBL é o desenvolvimento do pensamento crítico. Facione (1990) define essa competência como um processo cognitivo intencional e autorregulado que envolve interpretação, análise, avaliação, inferência e explicação. Trata-se de uma habilidade que não se desenvolve pela exposição a respostas prontas, mas pelo exercício sistemático de enfrentar problemas complexos, avaliar argumentos e considerar perspectivas alternativas.

O uso de IA generativa pode tanto apoiar quanto comprometer esse processo, a depender do modo como é integrado à atividade pedagógica. Lima e Serrano (2024) identificaram, em revisão sistemática sobre o uso do ChatGPT na educação, preocupações

relevantes com a possibilidade de inibição do pensamento crítico dos alunos quando a ferramenta é utilizada sem mediação docente adequada. Os autores observam que estudantes tendem a aceitar as respostas geradas sem questionamento, especialmente quando o modelo apresenta as informações de forma fluente e aparentemente fundamentada.

Gonchorovski e Cassol (2025), apoiados no conceito de Modernidade Líquida de Bauman, alertam que a lógica de acesso fácil a respostas pode agravar a tendência à superficialidade nos processos de aprendizagem, enfraquecendo a dimensão crítica que o ensino superior deve cultivar. Os autores argumentam que a educação precisa assumir papel protagonista no enfrentamento desse risco, promovendo uma postura crítica, ética e reflexiva frente às novas tecnologias, em vez de simplesmente incorporá-las sem problematização.

Nesse sentido, Mollick e Mollick (2023) propõem que o docente defina explicitamente, no design de cada atividade, qual é o papel da IA naquele momento: ferramenta de questionamento, de organização, de revisão ou de simulação. Essa definição não apenas orienta o uso do estudante, mas também permite avaliar de que modo a IA foi integrada ao processo de aprendizagem. O letramento em IA, portanto, não é apenas uma competência técnica, mas uma dimensão do próprio pensamento crítico no contexto contemporâneo.

4.3 Condições para o Uso Pedagógico Intencional da IA no PBL

A revisão da literatura aponta um conjunto de condições que parecem determinantes para que o uso da IA no PBL produza efeitos pedagógicos desejados. Essas condições envolvem o design instrucional, a formação docente e a preparação dos estudantes.

No que se refere ao design instrucional, Santos et al. (2024) observam que o potencial pedagógico do ChatGPT só se realiza quando inserido em um planejamento que valorize a mediação humana e o desenvolvimento integral dos estudantes. A integração da IA ao PBL precisa ser prevista para cada etapa do ciclo, com definição clara de objetivos e limites de uso. Atividades que demandam o exercício irredutível do raciocínio autônomo, como a formulação inicial de hipóteses ou a avaliação crítica de fontes, podem exigir que o uso da IA seja restrito. Atividades que envolvem organização de informações,

revisão textual ou simulação de cenários podem ser enriquecidas pelo suporte da ferramenta.

No que se refere à formação docente, Freitas et al. (2025) argumentam que a IA deve ser compreendida como recurso complementar ao trabalho dos educadores, e não como substituto, ressaltando a relevância do papel do professor no suporte emocional, na promoção do pensamento crítico e na mediação das interações. Para que isso ocorra, os docentes precisam desenvolver competências que vão além do domínio técnico da ferramenta: a capacidade de avaliar a qualidade das respostas geradas, identificar alucinações e vieses e integrar essas ferramentas ao planejamento pedagógico de forma coerente com os objetivos de aprendizagem. Moreira de Souza (2025) reforça que a capacitação docente precisa incluir a reflexão ética sobre o uso dos dados e o papel da IA como ferramenta complementar ao ensino humano.

No que se refere à preparação dos estudantes, Loiola et al. (2024) sugerem que futuros estudos aprofundem as diretrizes práticas para o uso responsável da IA e explorem estratégias pedagógicas que estimulem o pensamento crítico. O letramento em IA precisa ser ensinado de forma sistemática, incluindo a prática de formulação de prompts, a avaliação crítica das respostas geradas e a discussão coletiva sobre os aspectos éticos do uso dessas tecnologias em contextos acadêmicos. Não se pode pressupor que os estudantes, por serem nativos digitais, já saibam usar a IA de forma crítica e produtiva.

Além dessas condições, a literatura aponta para a importância de mecanismos de avaliação que capturem não apenas o produto final do PBL, mas o processo de aprendizagem em si. Em um contexto em que a IA pode contribuir significativamente para a qualidade do produto gerado, a avaliação centrada exclusivamente no resultado perde poder discriminativo. Estratégias como portfólios reflexivos, apresentações orais com arguição, registros do processo de uso da IA e avaliação por pares oferecem evidências mais robustas sobre o que os estudantes efetivamente aprenderam.

4.4 Implicações para o Redesenho do PBL

A integração da IA ao PBL reconfigura as relações entre os sujeitos envolvidos e os papéis que cada um desempenha. O estudante, que no PBL clássico dependia fundamentalmente do grupo, do tutor e das fontes bibliográficas como interlocutores, passa a ter acesso a uma ferramenta disponível a qualquer momento, capaz de responder

perguntas, gerar hipóteses, redigir textos e simular situações com grande velocidade. Essa disponibilidade permanente altera a dinâmica do trabalho em grupo e a relação do estudante com os prazos e com o esforço de aprender.

Morais e Moraes (2024) destacam que a Educação 5.0 deve valorizar metodologias ativas de aprendizagem e incorporar saberes da neurociência, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa. Nesse modelo, competências como criatividade, habilidades interpessoais e trabalho colaborativo ganham relevância, o que reforça que a inserção da IA no PBL não pode acontecer em detrimento dessas dimensões formativas. A ferramenta deve potencializar o que é especificamente humano no processo educativo, e não substituí-lo.

O tutor do PBL, por sua vez, precisa incorporar ao seu repertório pedagógico a capacidade de orientar o uso crítico dessas ferramentas. Isso significa que o docente passa a exercer também um papel reflexivo em relação ao processo de aprendizagem: além de orientar a investigação do problema, precisa ajudar os estudantes a pensar sobre como estão usando a IA, que tipo de suporte estão buscando e em que medida esse suporte está promovendo ou comprometendo o desenvolvimento das competências almejadas.

Kasneci et al. (2023) apontam que essa reconfiguração do papel docente exige que as instituições de ensino superior invistam em políticas de formação continuada e em espaços institucionais de discussão sobre o uso pedagógico da IA. A resposta individual de cada professor, por mais qualificada que seja, não substitui o desenvolvimento de uma cultura institucional de integração crítica dessas tecnologias ao ensino.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão bibliográfica realizada, foi possível verificar que a inteligência artificial generativa apresenta potencial real para atuar como andaime cognitivo nas etapas da Aprendizagem Baseada em Projetos. Os estudos analisados convergem para uma perspectiva que, longe de encarar a IA como ameaça aos processos formativos, reconhece nela um recurso pedagógico relevante, desde que sua integração seja conduzida com intencionalidade, planejamento e mediação docente adequada.

As correspondências identificadas entre as funcionalidades dos modelos de linguagem de grande escala e as etapas do ciclo do PBL indicam que a IA pode exercer funções de estruturação, questionamento, síntese e revisão ao longo de todo o processo

investigativo. Contudo, conforme destacam Lima e Serrano (2024) e Loiola et al. (2024), o impacto pedagógico dessas ferramentas não é determinado pela tecnologia em si, mas pelo modo como ela é incorporada às práticas de ensino e aprendizagem. Um modelo de linguagem avançado utilizado sem planejamento pedagógico e sem letramento crítico dos estudantes tende a produzir efeitos opostos aos pretendidos, estimulando a dependência e a superficialidade em vez da autonomia e do pensamento crítico.

Nesse contexto, o papel do docente se revela central e insubstituível. Como argumentam Freitas et al. (2025) e Santos et al. (2024), a IA deve ser compreendida como ferramenta complementar ao trabalho do educador, e não como seu substituto. O professor continua sendo o responsável pelo design instrucional, pela mediação do processo investigativo e pelo desenvolvimento das dimensões humanas da aprendizagem que nenhuma ferramenta tecnológica é capaz de replicar: o suporte emocional, o incentivo à curiosidade, a promoção do diálogo e o cultivo do pensamento crítico.

Este estudo apresenta limitações que merecem reconhecimento. A revisão narrativa, por sua natureza, não permite generalizações estatísticas e está sujeita a escolhas interpretativas do pesquisador. A literatura sobre IA generativa no ensino superior ainda é incipiente e está em rápida transformação, o que significa que parte das referências mobilizadas pode ter sido superada por publicações mais recentes. Estudos empíricos com metodologias controladas são necessários para verificar os efeitos das estratégias discutidas em contextos reais de ensino.

Como agenda de pesquisa futura, sugere-se o desenvolvimento e teste de frameworks de integração IA-PBL em diferentes cursos de graduação, com avaliação de resultados de aprendizagem mensuráveis. Investigações sobre o impacto do uso mediado da IA no desenvolvimento do pensamento crítico, por meio de instrumentos validados, e estudos sobre a percepção de docentes e estudantes quanto às mudanças de papel produzidas pela inserção da IA no PBL também constituem frentes promissoras. Acredita-se que a continuidade da pesquisa sobre o tema, aliada à escuta dos diferentes atores envolvidos no processo educativo, será essencial para que a integração entre IA e metodologias ativas se consolide de forma ética, crítica e pedagogicamente fundamentada.

ABSTRACT

The integration of artificial intelligence tools into higher education has raised significant questions about the pedagogical role of these technologies in academic contexts. This article analyzes, through a narrative bibliographic review, how generative AI tools can perform the function of cognitive scaffolding in the stages of Project-Based Learning (PBL), contributing to the development of critical thinking in undergraduate students. The theoretical framework draws on Vygotsky's concept of the Zone of Proximal Development, Wood, Bruner and Ross's scaffolding theory, and current research on the pedagogical uses of large language models. The review indicates that the pedagogical impact of AI in PBL depends fundamentally on instructional design intentions and teacher mediation. When deliberately integrated into the stages of PBL, AI can expand students' cognitive possibilities without displacing autonomous reasoning. The article concludes that the formative value of these tools lies in the reflective and critical process of their use, not in the products generated, which imposes new demands on teacher training and pedagogical planning in higher education. Limitations of the study and directions for future empirical research are discussed.

Keywords: *Project-Based Learning, Artificial Intelligence, Cognitive Scaffolding, Critical Thinking, Higher Education.*

REFERÊNCIAS

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's educational objectives*. Longman.

Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. Springer.

Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 610-623). ACM.

Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.

Dolmans, D. H. J. M., Loyens, S. M. M., Marcq, H., & Gijbels, D. (2016). Deep and surface learning in problem-based learning: A review of the literature. *Advances in Health Sciences Education*, 21(5), 1087-1112. <https://doi.org/10.1007/s10459-015-9645-6>

Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. California Academic Press.

Freitas, A. Q. de, Rego, L. A. do, Costa, M. S., Monteiro, C. P. S. L., & Costa, W. D. da P. (2025). Inteligência Artificial na Educação: contribuições e desafios para o processo de ensino e aprendizagem. *Revista FOCO*, 18(2), e7748. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v18n2-079>

Gonchorovski, G. J., & Cassol, C. V. (2025). Artificial Intelligence and Education in Liquid Modernity: between charms and risks. *Seven Editora*. <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/6460>

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. 2, pp. 215-239). Lawrence Erlbaum.

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

Lima, C. B., & Serrano, A. (2024). Inteligência Artificial Generativa e ChatGPT: uma investigação sobre seu potencial na Educação. *Transinformação*, 36, e2410839. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202436e2410839>

Loiola, A., Sachete, A. S., Grandi, R. H., & Gomes, R. S. (2024). Precisão e Confiabilidade do ChatGPT na Percepção de Estudantes da Graduação EaD. *EaD Em Foco*, 14(1), e2111. <https://doi.org/10.18264/eadf.v14i1.2111>

Mollick, E., & Mollick, L. (2023). Assigning AI: Seven approaches for students, with prompts. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4475995>

Morais, M. de O., & Moraes, G. A. (2024). O contexto 5.0 aplicado na sociedade, na educação e na indústria: reflexões e suas perspectivas. *Revista FSA*, 21(4), 140-155. <https://doi.org/10.12819/2024.21.4.7>

Moreira de Souza, F. W. (2025). Desafios e potencialidades da inteligência artificial na educação profissional: tecnologias digitais, gestão e inclusão. *Devir Educação*, 9(1), E-926. <https://doi.org/10.30905/rde.v9i1.926>

Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_2

Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, 20(2), v-vi. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>

Santos, R. K. C. dos, Santos, R. K. C. dos, Kerner, A. C. R. V., & Kerner, N. da S. S. (2024). Explorando os desafios do uso do ChatGPT na educação superior: uma análise dos impactos pedagógicos. In *Anais do 10º Congresso Internacional Unis*. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/10ci2024/>

Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9-20. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>

Schmidt, H. G. (1983). Problem-based learning: Rationale and description. *Medical Education*, 17(1), 11-16. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1983.tb01086.x>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>