ISSN: 2358-8829

IA GENERATIVA COMO PROFESSOR AUXILIAR NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM: RELATO DE EXPERIÊNCIA COM O USO DE PERSONAS NO GEMINI

Humberto Felipe da Silva [1]
Silvio Silvério da Silva [2]

INTRODUÇÃO

Engajar estudantes em processos de aprendizagem significativos é um desafio recorrente no ensino superior, especialmente em áreas de gestão da Engenharia de Produção, nas quais muitos estudantes possuem pouca vivência organizacional. Essa condição dificulta não apenas a compreensão de conceitos de Estratégia e Planejamento, Programação e Controle da Produção (PCP), mas também sua aplicação em situações próximas da realidade profissional.

Métodos de aprendizagem ativa têm demonstrado resultados superiores aos modelos exclusivamente expositivos, inclusive em cursos de engenharia (FREEMAN et al., 2014; PRINCE, 2004). Paralelamente, a disseminação dos grandes modelos de linguagem (LLMs) ampliou as possibilidades de personalização e apoio à aprendizagem, ao mesmo tempo que trouxe desafios relacionados ao letramento em IA, ao uso ético dessas tecnologias e às limitações de adaptação às necessidades de estudantes e docentes (KASNECI et al., 2023). Revisões da literatura também apontam que a incorporação da IA ao ensino superior ainda apresenta conexão limitada com referenciais pedagógicos mais robustos e reflexão insuficiente sobre seus riscos e implicações educacionais (ZAWACKI-RICHTER et al., 2019).

Nesse contexto, emerge a questão que orienta este relato: como configurar e mediar a IA generativa para fortalecer metodologias ativas sem substituir o esforço cognitivo de estudantes e docentes?

Para explorar essa questão, foi desenvolvida uma experiência na disciplina Gestão Estratégica da Produção da Escola de Engenharia de Lorena (EEL-USP), na qual o modelo Gemini foi configurado como a persona "Rafaela Marton", gerente de uma empresa fictícia. Os estudantes interagiram com essa personagem para diagnosticar problemas operacionais, propor melhorias e tomar decisões estratégicas em cenários simulados. O objetivo foi potencializar a aprendizagem ativa por meio de uma interlocução próxima à realidade organizacional. A

[1] Professor de Cursos em Engenharias da Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, humberto.felipe@alumni.usp.br;
[2] Vice-Diretor da Engenharias da Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo Graduado pelo Curso de XXXXX da Universidade Federal - UF, silviosilverio@usp.br;

iniciativa dá continuidade a trabalho anterior dos autores com proposta semelhante utilizando o ChatGPT (FELIPE DA SILVA, 2025).

Aspectos Éticos: Este relato de experiência docente descreve uma atividade pedagógica realizada no contexto regular de ensino, sem finalidade prévia de pesquisa científica, não sendo necessária submissão ao CEP/Conep, conforme a Resolução CNS nº 510/2016. Os estudantes tiveram sua identidade preservada, sem divulgação de nomes, imagens ou dados identificáveis. A empresa e a persona utilizadas são fictícias, e os registros das interações com o agente não foram divulgados de forma identificável.

METODOLOGIA

Trata-se de relato de experiência, de natureza qualitativa e descritiva, realizado na disciplina Gestão Estratégica da Produção da EEL-USP, aplicada em período intersemestral (07/2026, ±60 alunos de fim de curso) do Curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de Lorena, da Universidade de São Paulo.

Concepção do agente de IA

Os docentes criaram uma empresa fictícia e uma persona digital, "Rafaela Marton", gerente da organização (foi utilizado o Gemini), com informações sobre a empresa, seus desafios e oportunidades, com dados financeiros fictícios, construídos a partir de empresas reais. À persona foi atribuído um papel dinâmico e agressivo, como o de uma CEO: rápida, sagaz, exigente, apressada e irônica diante de perguntas pouco fundamentadas. A persona foi instruída a responder, sempre que possível, com contra perguntas de natureza socrática, de modo a conduzir os estudantes a construírem o próprio raciocínio. Quando as perguntas se referiam a dados da empresa e visão estratégica da direção, ela oferecia dados que permitiam desenvolver raciocínio com base em dados factuais (fictícios).

A construção seguiu a lógica de engenharia de contexto aliada à engenharia de prompt (SHETHIYA, 2024; LAMARRE et al., 2024): a narrativa escrita pelos docentes baseou-se em em casos reais. A IA foi empregada para refinar o texto e adequar a linguagem para o nível de estudantes de engenharia (veja https://tinyurl.com/ycycp9br[3]) (FELIPE DA SILVA, 2025). Uma experiência anterior com ChatGPT ano anterior, fui utilizada para comparação (FELIPE DA SILVA, 2025).

Dinâmica didática

Os estudantes, com orientação, interagiram com a persona para diagnosticar problemas operacionais, propor melhorias e tomar decisões estratégicas. As interações permitiram aplicar

[3] Solicitamos encarecidamente às pessoas que acessarem o Drive e tiverem interesse em utilizar o material disponibilizado que deixem bem claro e explicito que se trata de material didático, fictício, citando o criador Prof. Dr. Humberto Felipe da Silva.

ISSN: 2358-8829

conceitos de PCP em um ambiente controlado, porém dinâmico. A mediação docente foi constante e a validação pedagógica das soluções propostas pela IA. Material didático foi disponibilizado na plataforma Google ClasseRoom. Foram 15 encontros presenciais, desenvolvidos com grupo de até 5 alunos. A carga horária cumprida foi de 30 horas (às segundas, terças e quintas feiras). Na experiência anterior, os grupos aplicaram ferramentas clássicas de gestão, como a análise das cinco forças de Porter (PORTER, 2004), além de SWOT, matriz de Ansoff, 5W2H e gráfico de Gantt. A mediação incluiu mentoria semanal, exposição ao desafio original, avaliação cruzada entre pares e alinhamento conceitual ao final das aulas (FELIPE DA SILVA, 2025).

3.4 Coleta e análise das evidências

Foi realizada por observação, conversa com os alunos em diferentes momentos. Coletou-se também a percepção dos alunos para aferir a reação à experiência. As reuniões com os grupos serviram para acompanhamento tanto da evolução do trabalho quanto para orientar e entender como estavam interagindo com a Rafaela. Como a disciplina ministrada no sistema intersemestral, não houve oportunidade para aplicar um questionário formalizado como seria o ideal.

REFERENCIAL TEÓRICO

Aprendizagem ativa, projetos e engajamento cognitivo

A aprendizagem ativa envolve o engajamento dos estudantes em atividades significativas de aprendizagem e o exercício da reflexão sobre tais atividades, constituindo elementos centrais do processo de aprendizagem (PRINCE, 2004).

Dentro desta perspectiva, o protagonismo da aprendizagem é focado no estudante, quem resolve problemas, formula questões, discute conceitos e trabalha em equipe, em condições que favorecem a interdependência positiva e a responsabilidade individual (AZZALIS et al., 2009; CHAN; LAM; ADABRE, 2023), em um sistema cooperativo (FELDER E BRENT, 2016). Sistema que se oferece apoio amplo, é desigual, considerando elementos centrais da aprendizagem ativa, colaborativa, cooperativa e baseada em problemas (PRINCE, 2004). Foi percebido um aumento médio de 0,47 no desvio-padrão no desempenho sob aprendizagem ativa e razão de chances de reprovação de 1,95 sob aula expositiva, cerca de 1,5 vez mais a probabilidade de reprovar (FREEMAN et al. 2014).

Há que considerar, que atividades classificadas como ativas não são equivalentes em termos de potencial de aprendizagem. Com base no modelo ICAP, Chi e Wylie (2014) distinguem quatro modos de engajamento cognitivo: passivo, ativo, construtivo e interativo.

ISSN: 2358-8829

Esses modos apresentam uma relação hierárquica, em que formas mais elaboradas de engajamento tendem a produzir resultados de aprendizagem superiores. A pergunta de projeto didático passa a ser que tipo de produto cognitivo a atividade exige do estudante.

A Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning - PjBL) tem sido utilizada em diferentes contextos educacionais., no qual os estudantes trabalham colaborativamente na resolução de problemas, seguindo etapas definidas para a investigação, desenvolvimento e apresentação de soluções (DIANA; YOHANNES; SUKMA, 2021). Esta organiza a aprendizagem em torno de projetos que envolvem questões ou problemas desafiadores, que exigem resolução de problemas e tomada de decisão, com relativa autonomia ao longo do trabalho (THOMAS, 2000). Ao integrar teoria e prática, a abordagem favorece o desenvolvimento de competências como autonomia, colaboração, comunicação e resolução de problemas (BELL, 2010). características que convergem com pressupostos de metodologias ativas (BACICH; MORAN, 2018).

Os resultados são avaliados em dimensões afetivas, cognitivas e comportamentais. Os resultados, em geral são medidos por questionários, entrevistas, observação e diários reflexivos; como recomendados pelos autores (GUO et al. 2020).

Simulações empresariais e agentes pedagógicos

Simulações e jogos de negócios têm longa tradição e Faria et al. (2009) revisaram a evolução dos jogos empresariais ao longo de quatro décadas. Atualmente os agentes conversacionais (com IA) têm sido empregados para apoiar processos instrucionais e cognitivos, com funções de suporte à aprendizagem, personalização das interações e mediação pedagógica (YUSUF; MONEY; DAYLAMANI-ZAD, 2025; WENZEL; GEIGER; LIENING, 2026).

Li, Lee e Hou (2024) descrevem o uso de IA generativa como apoio contextual em simulações educacionais, enquanto Wenzel, Geiger e Liening (2026) apresentam agentes conversacionais voltados ao suporte instrucional adaptativo em jogos de simulação empresarial. Nestas abordagens a IA é utilizada como mediadora do processo de aprendizagem.

Pesquisa com 43 estudos e 3.088 participantes, encontrou efeito pequeno, porém significativo, dos agentes pedagógicos sobre a aprendizagem, moderado por características contextuais e metodológicas (SCHROEDER, ADESOPE, GILBERT, 2013). O maior benefício percebido foi para estudantes da educação básica, considerando necessidade de cautela em sua aplicação. Destaca-se que o desenho da tarefa e interação são decisivos para o aprendizado. O uso de personas em LLMs, em simulação, é recente e pouco consolidado. Isto reforça o caráter

ISSN: 2358-8829

exploratório do relato. A literatura sugere que agentes conversacionais pedagógicos podem assumir diferentes papéis educacionais, incluindo funções instrucionais, cognitivas e de apoio ao estudante, ampliando as possibilidades de personalização das experiências de aprendizagem no ensino superior (YUSUF; MONEY; DAYLAMANI-ZAD, 2025).

IA generativa na educação superior e na engenharia

A IA passou a fazer parte do cotidiano das pessoas e traz promessas e riscos que demandam reflexão e regulação (BARROSO; MELLO, 2024). Sendo importante o letramento em IA e estratégias de prompt engineering, e alguns de seus componentes, sobretudo o conhecimento sobre tecnologia de IA, tendem a favorecer a formulação de prompts de maior qualidade (KNOTH et al. (2024). A qualidade do prompt prediz a qualidade da saída gerada, sugerindo que a competência nessas tecnologias se expressa, ao menos em parte, na qualidade das instruções formuladas.

A IA generativa, pode ser entendida como um conjunto de sistemas capazes de produzir conteúdo originais, como textos, imagens, áudio e código, a partir de instruções, utilizando modelos treinados em grandes volumes de dados (KASNECI et al., 2023; WÖLFEL et al., 2024). Os grandes modelos de linguagem (LLMs), constituem uma das principais manifestações dessa tecnologia, sendo especializados na compreensão e geração de linguagem natural e operar em múltiplas modalidades, como texto, imagem, áudio e vídeo.

Revisão com 146 artigos publicados entre 2007 e 2018 sobre o uso de IA no ensino superior, indicaram quase ausência de reflexão crítica sobre desafios e riscos, além de fraca conexão com perspectivas pedagógicas (ZAWACKI-RICHTER et al. 2019. Esse período antecede os grandes modelos de linguagem, sendo assim um ponto de partida não considerando a IA generativa. Para a IA generativa em particular, a evidência é recente e concentrada em estudos experimentais, como as meta-análises discutidas na seção 2.4.

As expectativas costumam se apoiar em compreensão equivocada das possibilidades técnicas destas tecnologias (HOLMES, TUOMI, 2022), como as oportunidades para personalização e desafios como a fragilidade dos modelos e seus vieses. O uso benéfico da AI exige que professores e estudantes com letramentos para compreender a tecnologia e suas limitações (KASNECI et al. 2023). Na engenharia, o debate sobre a IA generativa já ocupa espaço no principal periódico da área (JOHRI et al. 2023).

O que dizem as evidências sobre os efeitos da IA generativa na aprendizagem

Wu e Yu (2024), com 24 estudos randomizados, encontraram efeito grande de chatbots de IA sobre resultados de aprendizagem, indicam ser maior no ensino superior do que nos níveis

ISSN: 2358-8829

fundamental e médio. Já Deng et al. (2025), observaram melhor desempenho acadêmico, estados afetivo-motivacionais mais favoráveis, maior propensão ao pensamento de ordem superior e menor esforço mental, sem efeito significativo sobre a autoeficácia.

Han, Peng e Liu (2025), encontraram efeito geral positivo e moderado da IA generativa sobre os resultados de aprendizagem, indicando que a magnitude do efeito varia substancialmente conforme fatores contextuais e metodológicos. Conclusões contestadas. Weidlich et al. (2025) auditaram parte dos estudos primários incluídos por Deng et al. (2025) percebendo que apenas uma pequena minoria descreve com precisão o tratamento, a atividade do grupo de controle e medidas válidas de aprendizagem, assim os ganhos observados não podem, para eles, ser atribuídos com total confiança à aplicação do ChatGPT.

Bastani et al. (2025) observaram que o acesso irrestrito ao GPT-4 melhorou o desempenho dos alunos durante a prática, mas perderem o acesso, o desempenho foi pior do que os que não utilizavam. Ora, o efeito negativo observado foi em grande parte mitigado por um tutor com instruções pedagógicas de salvaguarda. Mas um tutor de IA projetado com boas práticas pedagógicas, pode aumentar ganhos de aprendizagem em menos tempo do em aula de aprendizagem ativa, com a ressalva de que o prompt de um sistema isolado não é suficiente para estruturar problemas. A precisão é dependente de soluções previamente redigidas (KESTIN et al. 2025).

Letramento em IA e engenharia de prompts

O letramento em IA, a engenharia de prompts e o pensamento crítico constituem competências complementares. A competência para formular prompts eficazes favorece a obtenção de respostas mais relevantes. Mas, seu potencial formativo depende da habilidade dos estudantes de analisar, interpretar e avaliar criticamente os conteúdos gerados (Walter, 2024).

A relação entre letramento em IA e estratégias de *prompt engineering* não é uniforme. Porém indicam que o conhecimento sobre tecnologia de IA, tendem a favorecer a formulação de prompts de maior qualidade. A qualidade do prompt prediz a qualidade da saída gerada pelo LLM, sugerindo que a competência de interação se expressa, ao menos em parte, na qualidade das instruções formuladas (KNOTH et al. 2024). Porém, desenvolver competências para lidar com as limitações dos modelos utilizados é crucial (KASNECI et al. 2023). Perspectiva que dialoga com a premissa de que o profissional deve usar a IA para se tornar indispensável e não dispensável (FELIPE DA SILVA, 2025).

Síntese

Quatro premissas orientam o desenho da experiência: (i) a aprendizagem ativa tem sólido respaldo empírico, e o ICAP4 orienta a qualidade do engajamento; (ii) simulações e agentes pedagógicos têm longa história, com efeitos que dependem do desenho; (iii) as evidências sobre IA generativa são promissoras, porém heterogêneas e metodologicamente contestadas; e (iv) estudos pontuais sugerem que o desenho pedagógico e a mediação importam. Assim, efeito prejudicial do acesso irrestrito à IA é grande parte mitigado por um tutor com salvaguardas pedagógicas (BASTANI et al., 2025). Ensaio com estudantes de física, seguindo boas práticas pedagógicas superou uma aula de aprendizagem ativa (KESTIN et al., 2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados preliminares indicam aumento do engajamento dos discentes, maior aproximação entre teoria e prática e desenvolvimento de competências relacionadas ao uso da IA generativa, especialmente na formulação de prompts e na análise de cenários complexos. Essas evidências decorrem das observações realizadas pelos autores ao longo da disciplina e de sua experiência docente na EEL.

Engajamento e imersão

Um dos aspectos mais evidentes foi a adaptação progressiva dos estudantes à interação com a persona Rafaela Marton. Inicialmente, alguns alunos demonstraram estranhamento diante de respostas objetivas e, por vezes, irônicas quando as perguntas eram mal formuladas ou pouco fundamentadas. Com o avanço das atividades, os grupos passaram a compreender a lógica da interação e a formular questões mais estruturadas, reconhecendo a personagem como uma gestora exigente e semelhante a interlocutores encontrados em ambientes organizacionais reais.

Os estudantes relataram que a experiência simulava de forma realista demandas típicas do ambiente empresarial, especialmente para aqueles sem experiência profissional prévia. A possibilidade de interagir repetidamente com a persona favoreceu experimentações e tomada de decisões em um contexto seguro, sem os riscos associados a organizações reais.

[4] ICAP um modelo que classifica atividades de aprendizagem de acordo com o nível de envolvimento cognitivo dos estudantes. O modelo auxiliar no processo de responder a uma pergunta fundamental: o aluno está apenas recebendo informações, está trabalhando com elas ou está realmente construindo conhecimento? (CHI, Michelene T. H.; WYLIE, Ruth. The ICAP framework: linking cognitive engagement to active learning outcomes. Educational Psychologist, v. 49, n. 4, p. 219–243, 2014. DOI: https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823)

ISSN: 2358-8829

As percepções de engajamento observadas pelos docentes sugerem níveis elevados de participação e envolvimento. Sob a perspectiva da estrutura ICAP (CHI; WYLIE, 2014), a atividade aproxima-se dos modos construtivo e interativo, uma vez que exigiu elaboração de ideias, argumentação e discussão em grupo. Tais observações são compatíveis com estudos recentes sobre IA generativa na educação, que apontam efeitos positivos sobre motivação e experiência de aprendizagem (DENG et al., 2025; KESTIN et al., 2025). Entretanto, por se tratar de um relato de experiência, não é possível estabelecer relações causais.

Aprendizagem e aproximação entre teoria e prática

A persona funcionou como uma interlocutora organizacional capaz de traduzir conceitos teóricos em problemas operacionais concretos, aproximando conteúdos da disciplina da realidade profissional. Ao representar uma gestora com demandas, restrições e expectativas próprias, a personagem exigia que os grupos justificassem suas decisões e considerassem implicações estratégicas e operacionais.

Além disso, quando acionada por meio de perguntas bem fundamentadas, a IA adotava uma abordagem próxima da mediação socrática, estimulando o aprofundamento do raciocínio por meio de questionamentos em vez de fornecer respostas prontas. Essa dinâmica favoreceu a mobilização de conhecimentos relacionados a estratégias funcionais, critérios competitivos e análise de ambientes organizacionais.

Na percepção dos docentes, os trabalhos produzidos apresentaram análises mais consistentes do ambiente de negócios e dos impactos financeiros das decisões quando comparados informalmente a edições anteriores da disciplina. Contudo, como as atividades foram realizadas com apoio da IA, não é possível distinguir claramente ganhos de aprendizagem de desempenho assistido pela ferramenta.

Desenvolvimento de competências em IA

A interação com a persona exigiu dos estudantes a formulação de perguntas precisas, interpretação crítica das respostas recebidas e refinamento contínuo dos prompts utilizados. O processo tornou explícita a relação entre qualidade das perguntas e qualidade das informações obtidas, favorecendo o desenvolvimento de competências associadas ao letramento em IA, à engenharia de prompts e ao pensamento crítico.

Esses resultados convergem com a literatura que destaca a necessidade de integrar competências relacionadas à IA à formação universitária contemporânea (KASNECI et al., 2023; KNOTH et al., 2024; WALTER, 2024). Além disso, corroboram observações de experiências anteriores dos autores, nas quais a explicitação da estrutura dos prompts favoreceu a compreensão de boas práticas de interação com sistemas de IA.

ISSN: 2358-8829

Mediação docente, riscos e limitações

A mediação docente mostrou-se indispensável para a condução da experiência. Tanto a supervisão das interações quanto a validação das soluções propostas foram fundamentais para evitar interpretações equivocadas e uso acrítico das respostas geradas pela IA. Estudos recentes indicam que o acesso irrestrito à IA pode melhorar o desempenho durante a atividade sem necessariamente promover aprendizagem duradoura (BASTANI et al., 2025), reforçando a importância da supervisão pedagógica.

Também é necessário considerar que os efeitos educacionais de agentes de IA dependem fortemente do contexto e tendem a apresentar magnitude moderada (SCHROEDER; ADESOPE; GILBERT, 2013). Além disso, modelos generativos permanecem sujeitos a vieses, imprecisões e problemas de confiabilidade (KASNECI et al., 2023; WÖLFEL et al., 2024).

Entre as principais limitações do estudo destacam-se a ausência de grupo de comparação, o contexto único de aplicação, a predominância de evidências observacionais e a dependência de uma ferramenta proprietária sujeita a atualizações. Adicionalmente, as análises produzidas pelos grupos contaram com apoio da IA, impossibilitando afirmar que os resultados observados decorrem exclusivamente de aprendizagem individual. Pesquisas futuras devem incluir avaliações sem acesso à ferramenta e delineamentos comparativos que permitam distinguir desempenho assistido de aprendizagem efetiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relato descreveu o uso de uma persona configurada no Gemini para emular uma gestora corporativa como interlocutora em uma atividade de simulação. Nos limites de um relato sem grupo de comparação nem medidas de aprendizagem, as observações docentes e os comentários dos estudantes sugerem que essa estratégia pode aproximar conceitos de PCP da prática profissional e apoiar a condução de metodologias ativas. Três condições estiveram presentes na experiência e são coerentes com o que a literatura aponta sobre os riscos do uso de IA sem salvaguardas (BASTANI et al., 2025; KESTIN et al., 2025): o desenho intencional do contexto e dos prompts, a mediação docente constante com validação das soluções e a explicitação aos estudantes dos limites da tecnologia. Como as três foram adotadas em conjunto e não variaram, o relato não permite estimar o peso de cada uma nem afirmar que sejam determinantes. Elas são apresentadas como hipóteses para estudos com delineamento comparativo.

Sugerem-se estudos com grupo de comparação; medidas de aprendizagem realizadas sem acesso à IA, para distinguir desempenho assistido de aprendizagem efetiva; replicação em

outras disciplinas e com outros modelos; e investigação do efeito do estilo da persona (mais agressiva ou mais colaborativa) sobre o engajamento e a aprendizagem.

A última parte do trabalho, também é considerada uma das mais importantes, tendo em vista que nesta sessão, deverão ser dedicados alguns apontamentos sobre as principais conclusões da pesquisa e prospecção da sua aplicação empírica para a comunidade científica.

Também se abre a oportunidade de discussão sobre a necessidade de novas pesquisas no campo de atuação, bem como dialogos com as análises referidas ao longo do resumo.

Palavras-chave: Resumo expandido; Normas científicas, Congresso, Realize, Boa sorte.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos muito de agradecer aos alunos da disciplina que se dispuseram a colaborar com esta experiência. Relatos posteriores de vários deles foi a de que a disciplina foi muito motivadora e engajadora.

REFERÊNCIAS

AZZALIS, L. A.; SATO, S. N.; DE MATTOS, M. M.; FONSECA, F. L. A.; GIAVAROTTI, L. Active Learning versus Traditional Teaching. Revista de Ensino de Bioquímica, v. 7, n. 2, p. 2, 16 maio 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272433385_Active_Learning_versus_Traditional_Teaching. Acesso em: 29 jun. 2025.

BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARROSO, L. R.; MELLO, P. P. C. Inteligência artificial: promessas, riscos e regulação. Algo de novo debaixo do sol. Revista Direito e Práxis, v. 15, n. 4, p. e84479, 6 dez. 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rdp/a/n89PjvWXTdthJJKwb6TtYXy/. Acesso em: 29 jun. 2025.

BASTANI, H.; BASTANI, O.; SUNGU, A.; GE, H.; KABAKCI, Ö.; MARIMAN, R. Generative AI without guardrails can harm learning: evidence from high school mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 122, n. 26, e2422633122, 2025. DOI: 10.1073/pnas.2422633122.

BELL, Stephanie. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. The Clearing House, v. 83, n. 2, p. 39-43, 2010.

BOND, M.; KHOSRAVI, H.; DE LAAT, M.; BERGDAHL, N.; NEGREA, V.; OXLEY, E.; PHAM, P.; CHONG, S. W.; SIEMENS, G. A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: a call for increased ethics, collaboration, and rigour. International Journal of Educational Technology in Higher Education, v. 21, art. 4, 2024. DOI: 10.1186/s41239-023-00436-z.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 maio 2016.

CHAN, D. W. M.; LAM, E. W. M.; ADABRE, M. A. Assessing the Effect of Pedagogical Transition on Classroom Design for Tertiary Education: Perspectives of Teachers and Students. Sustainability (Switzerland), v. 15, n. 12, 1 jun. 2023. Disponível em: https://encyclopedia.pub/entry/45741. Acesso em: 29 jun. 2025.

CHI, M. T. H.; WYLIE, R. The ICAP framework: linking cognitive engagement to active learning outcomes. Educational Psychologist, v. 49, n. 4, p. 219–243, 2014. DOI: 10.1080/00461520.2014.965823.

DENG, R.; JIANG, M.; YU, X.; LU, Y.; LIU, S. Does ChatGPT enhance student learning? A systematic review and meta-analysis of experimental studies. Computers & Education, v. 227, art. 105224, 2025. DOI: 10.1016/j.compedu.2024.105224.

DIANA, N.; YOHANNES; SUKMA, Y. The effectiveness of implementing project-based learning (PjBL) model in STEM education: A literature review. Journal of Physics: Conference Series, v. 1882, n. 1, p. 012146, 1 maio 2021. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1882/1/012146. Acesso em: 29 jun. 2025.

FARIA, A. J.; HUTCHINSON, D.; WELLINGTON, W. J.; GOLD, S. Developments in business gaming: a review of the past 40 years. Simulation & Gaming, v. 40, n. 4, p. 464–487, 2009. DOI: 10.1177/1046878108327585.

FELDER, R. M.; BRENT, R. Teaching and Learning STEM: A Practical Guide. San Francisco: Jossey-Bass, 2016.

FELIPE DA SILVA, H. IA generativa na aprendizagem de engenharia: quando a IA se torna aliada no processo de aprendizagem. In: **[PREENCHER: nome completo do ENCEP 2025, local e anais]**, 2025.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; McDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, 2014. DOI: 10.1073/pnas.1319030111.

GUO, P.; SAAB, N.; POST, L. S.; ADMIRAAL, W. A review of project-based learning in higher education: student outcomes and measures. International Journal of Educational Research, v. 102, art. 101586, 2020. DOI: 10.1016/j.ijer.2020.101586.

HAN, X.; PENG, H.; LIU, M. The impact of GenAI on learning outcomes: a systematic review and meta-analysis of experimental studies. Educational Research Review, v. 48, art. 100714, 2025. DOI: 10.1016/j.edurev.2025.100714.

HOLMES, W.; TUOMI, I. State of the art and practice in AI in education. European Journal of Education, v. 57, n. 4, p. 542–570, 2022. DOI: 10.1111/ejed.12533.

JOHRI, A.; KATZ, A. S.; QADIR, J.; HINGLE, A. Generative artificial intelligence and engineering education. Journal of Engineering Education, v. 112, n. 3, p. 572–577, 2023.

KASNECI, E. et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences, v. 103, art. 102274, 2023. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274.

KESTIN, G.; MILLER, K.; KLALES, A.; MILBOURNE, T.; PONTI, G. AI tutoring outperforms in-class active learning: an RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting. Scientific Reports, v. 15, art. 17458, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-97652-6.

KNOTH, Nils; TOLZIN, Antonia; JANSON, Andreas; LEIMEISTER, Jan Marco. AI literacy and its implications for prompt engineering strategies. Computers and Education: Artificial Intelligence, v. 6, 2024, art. 100225. ISSN 2666-920X. DOI: https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100225.

LAMARRE, E.; SINGLA, A.; SUKHAREVSKY, A.; ZEMMEL, R. The generative AI payoff may only come when companies do deeper organizational surgery on their business. 2024. Disponível em:

<https://www.mckinsey.com/capabilities/tech-and-ai/our-insights/a-generative-ai-reset-rewiring-to-turn-potential-into-value-in-2024#/>. Acesso em: 29 jun. 2025.

LI, Cheng-Tai; LEE, Liang-Hsuan; HOU, Huei-Tse. An educational simulation game integrated with generative AI as conversational contextual scaffolding for business English: a preliminary analysis of learning achievement, self-efficacy and cognitive load. In: 2024 16th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), 2024. https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI63651.2024.00155.

MARKO GROBELNIK, K. P. What is AI? Can you make a clear distinction between AI and non-AI systems? - OECD.AI. Disponível em: https://oecd.ai/en/wonk/definition. Acesso em: 29 jun. 2025.

PORTER, M. E. Estratégia Competitiva. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. Journal of Engineering Education, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.

SCHROEDER, N. L.; ADESOPE, O. O.; GILBERT, R. B. How effective are pedagogical agents for learning? A meta-analytic review. Journal of Educational Computing Research, v. 49, n. 1, p. 1–39, 2013. DOI: 10.2190/EC.49.1.a.

SHETHIYA, A. S. View of From Code to Cognition: Engineering Software Systems with Generative AI and Large Language Models. Integrated Journal of Science and Technology, v. 1, n. 4, 2024. Disponível em: https://ijstpublication.com/index.php/ijst/article/view/6/6. Acesso em: 29 jun. 2025.

THOMAS, John W. *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA: The Autodesk Foundation, 2000. Disponível em: https://www.pblworks.org/sites/default/files/2019-01/A_Review_of_Research_on_Project_Based_Learning.pdf. Acesso em: 28 out. 2026.

WALTER, Y. Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, v. 21, art. 15, 2024. DOI: 10.1186/s41239-024-00448-3.

WEIDLICH, J.; GAŠEVIĆ, D.; DRACHSLER, H.; KIRSCHNER, P. ChatGPT in education: an effect in search of a cause. Journal of Computer Assisted Learning, v. 41, n. 5, e70105, 2025. DOI: 10.1111/jcal.70105.

WENZEL, Anna; GEIGER, Jan-Martin; LIENING, A. Designing conversational agents for adaptive instructional support in business simulation gaming. Computers & Education: Artificial Intelligence, 2026. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2026.100576.

WÖLFEL, Matthias; SHIRZAD, Mehrnoush Barani; REICH, Andreas; ANDERER, Katharina. Knowledge-Based and Generative-AI-Driven Pedagogical Conversational Agents: A Comparative Study of Grice's Cooperative Principles and Trust. Big Data and Cognitive Computing, v. 8, n. 1, art. 2, 2024. DOI: 10.3390/bdcc8010002.

WU, R.; YU, Z. Do AI chatbots improve students learning outcomes? Evidence from a meta-analysis. British Journal of Educational Technology, v. 55, n. 1, p. 10–33, 2024. DOI: 10.1111/bjet.13334.

YUSUF, Habeeb; MONEY, Arthur; DAYLAMANI-ZAD, Damon. Pedagogical AI conversational agents in higher education: a conceptual framework and survey of the state of the art. Educational Technology Research and Development, 2025. https://doi.org/10.1007/s11423-025-10447-4.

ZAWACKI-RICHTER, O.; MARÍN, V. I.; BOND, M.; GOUVERNEUR, F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? International Journal of Educational Technology in Higher Education, v. 16, art. 39, 2019. DOI: 10.1186/s41239-019-0171-0.