OS IMPACTOS DA IA GENERATIVA NA FORMAÇÃO DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA NA INDÚSTRIA 4.0: REVISÃO DA LITERATURA

Jobson Franco de Oliveira[1], João Mateus Lima Trajano[2], Kayck Gomes Moura[3], Kauan Torres Gomes[4], Karine Bessa Porto Pinheiro Vasques[5]

[1]Discente do curso de Bacharelado em Engenharia de Mecatrônica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Fortaleza, Brasil (jobson.oliveira07@aluno.ifce.edu.br)
[2]Discente do curso de Bacharelado em Engenharia de Mecatrônica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Fortaleza, Brasil (joao.trajano62@aluno.ifce.edu.br)
[3]Discente do curso de Bacharelado em Engenharia de Mecatrônica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Fortaleza, Brasil (kayck.moura63@aluno.ifce.edu.br)
[4]Discente do curso de Bacharelado em Engenharia de Mecatrônica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Fortaleza, Brasil (kauan.torres12@aluno.ifce.edu.br)
[5]Doutora em Saúde Coletiva - Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil (karineporto@ifce.edu.br)

Resumo: Esse artigo busca reconhecer as influências da IA generativa no cotidiano dos estudantes nos cursos de engenharia do ensino superior para as demandas da indústria 4.0. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura de artigos publicados na Web of Science no período de 2019 a 2026. Os resultados evidenciam que seu uso realmente pode melhorar a aprendizagem dos estudantes de engenharia, porém, também apresenta alguns desafios, exigindo uso responsável no ambiente acadêmico.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; Engenharia; Indústria 4.0; Educação; Formação de Nível Superior.

INTRODUÇÃO

A transformação digital promovida pela indústria 4.0 vem modificando significativamente os processos industriais, organizacionais e educacionais. Nesse cenário, os cursos de engenharia passaram a incorporar novas tecnologias e metodologias de ensino voltadas ao desenvolvimento de competências alinhadas às exigências do mercado contemporâneo. Entre essas tecnologias, destaca-se a Inteligência Artificial Generativa, que vem sendo utilizada como ferramenta de apoio ao ensino, à aprendizagem e ao desenvolvimento profissional. Assim, este referencial teórico aborda os principais conceitos relacionados à indústria 4.0, à formação em engenharia e à utilização da IA Generativa na educação.

A indústria 4.0 corresponde à quarta revolução industrial e caracteriza-se pela integração entre automação, sistemas inteligentes, conectividade e tecnologias digitais nos processos produtivos. Esse modelo industrial busca aumentar a eficiência, produtividade e flexibilidade das operações por meio da utilização de recursos como Internet das Coisas (IoT), Big Data, computação em nuvem, robótica avançada e Inteligência Artificial.

Segundo COŞKUN, KAYIKCI e GENÇAY (2019), a indústria 4.0 trouxe mudanças significativas para o setor industrial, exigindo profissionais mais preparados para atuar em ambientes automatizados e digitais. Os autores destacam que os cursos de engenharia precisam adaptar seus currículos para atender às novas demandas tecnológicas e desenvolver competências voltadas à inovação, programação, análise de dados e resolução de problemas complexos.

Além disso, ABNOULGID et al. (2025) afirmam que as tecnologias da indústria 4.0 também vêm sendo incorporadas ao ensino superior, promovendo transformações nos modelos educacionais e nos sistemas de gestão da qualidade acadêmica. Dessa forma, as instituições de ensino passaram a utilizar recursos digitais e ferramentas inteligentes para tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, interativo e alinhado às exigências do mercado de trabalho.

Nesse contexto, a integração entre educação e tecnologia tornou-se essencial para a formação de profissionais capazes de atuar nos novos ambientes industriais. A adaptação dos cursos de engenharia às demandas da indústria 4.0 representa um desafio importante para as instituições de ensino, especialmente diante do rápido avanço tecnológico e das mudanças constantes no setor produtivo.

A engenharia é uma área do conhecimento voltada ao desenvolvimento de soluções técnicas e tecnológicas aplicadas às necessidades da sociedade. Com os avanços promovidos pela transformação digital, os cursos de engenharia passaram a exigir dos estudantes competências relacionadas à utilização de tecnologias emergentes, automação, Inteligência Artificial e inovação.

De acordo com ÁLVAREZ ARIZA e HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ (2026), o conceito de Educação 4.0 vem sendo amplamente discutido nas engenharias devido à necessidade de integrar ferramentas digitais ao processo de ensino-aprendizagem. Os autores afirmam que a utilização de tecnologias digitais contribui para melhorar os resultados acadêmicos dos estudantes, promovendo maior interação, autonomia e desenvolvimento de habilidades profissionais.

FERNÁNDEZ CERERO et al. (2026) destacam que professores de engenharia reconhecem a importância da Inteligência Artificial no ensino superior e consideram fundamental preparar os estudantes para as demandas da indústria 4.0. Segundo os autores, o uso de ferramentas baseadas em IA pode auxiliar no desenvolvimento de competências técnicas e na adaptação dos estudantes às transformações tecnológicas do mercado de trabalho.

Além disso, BLAKE et al. (2021) afirmam que a Inteligência Artificial vem impactando a engenharia de maneira significativa, influenciando tanto os processos industriais quanto os métodos educacionais. Dessa forma, as instituições de ensino superior passaram a buscar novas estratégias pedagógicas capazes de integrar tecnologia, inovação e aprendizagem prática na formação dos futuros engenheiros.

A Inteligência Artificial Generativa é uma área da Inteligência Artificial capaz de produzir conteúdos automaticamente a partir de padrões identificados em grandes volumes de dados. Ferramentas de IA Generativa conseguem criar textos, códigos, imagens, simulações e respostas automatizadas, sendo amplamente utilizadas em diferentes áreas, incluindo a educação.

No contexto da engenharia, a IA Generativa vem sendo utilizada como ferramenta de apoio ao ensino e à aprendizagem. CACCAVALE et al. (2024) destacam que modelos de linguagem de grande escala podem atuar como tutores virtuais no ensino de engenharia química, auxiliando estudantes na compreensão de conteúdos complexos e no desenvolvimento de atividades acadêmicas.

PETROVSKA, CLIFT e MOLLER (2023) afirmam que a utilização da IA Generativa na educação em desenvolvimento de software contribui para aumentar a produtividade e facilitar o aprendizado dos estudantes. Entretanto, os autores também ressaltam a necessidade de desenvolver estratégias pedagógicas que incentivem o pensamento crítico e o uso responsável dessas ferramentas.

DAUN e BRINGS (2023) argumentam que ferramentas como o Chat GPT possuem potencial para transformar o ensino de engenharia de software, alterando a forma como os estudantes aprendem programação e resolvem problemas técnicos. De maneira semelhante, HONIG, DESU e FRANKLIN (2024) destacam que sistemas de IA Generativa podem ser utilizados em simulações educacionais e atividades práticas voltadas à segurança de processos na engenharia química.

Entretanto, o uso da IA Generativa também gera preocupações relacionadas à dependência tecnológica e à integridade acadêmica. PUTHUMANAILLAM, BRETL e ORNIK (2025) demonstraram que ferramentas como o Chat GPT conseguem realizar atividades completas em cursos de engenharia, levantando debates sobre avaliação acadêmica e autenticidade do aprendizado. Da mesma forma, DE MOURA OLIVEIRA e VRANČIĆ (2025) discutem os desafios éticos e pedagógicos relacionados à presença crescente da IA no ensino de engenharia.

Segundo FAN, DENG e LIU (2025), a Inteligência Artificial Generativa apresenta impactos significativos no desempenho e na aprendizagem de estudantes de engenharia, especialmente no desenvolvimento de habilidades técnicas e resolução de problemas. Contudo, os autores ressaltam a importância do uso equilibrado dessas tecnologias, evitando que a dependência excessiva prejudique o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia dos estudantes.

Por fim, GHASEM (2025) afirma que a Inteligência Artificial e o aprendizado de máquina passaram a ocupar papel fundamental nos currículos contemporâneos de engenharia química, tornando necessária a adaptação das metodologias de ensino às novas tecnologias digitais. Dessa forma, observa-se que a IA Generativa possui potencial para transformar significativamente a educação em engenharia, desde que sua utilização ocorra de

maneira ética, crítica e alinhada aos objetivos pedagógicos da formação profissional.

Assim, este artigo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura científica acerca dos principais impactos, positivos e negativos, da utilização dessa nova tecnologia de GenAI pelos estudantes de engenharia, buscando identificar como isso afeta sua formação e capacitação de acordo com as novas competências exigidas pelos métodos da indústria 4.0.

Este arquivo está estruturado da seguinte forma: a segunda seção trata-se do referencial teórico que apresenta a indústria 4.0, engenharia e inteligência generativa, a terceira seção detalha os métodos adotados para construção do artigo, a quarta seção mostra os resultados obtidos e suas aplicações e, por fim, a seção cinco exibe as observações dos resultados adquiridos e considerações finais.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão da literatura, desenvolvida com o objetivo de identificar os impactos da utilização da Inteligência Artificial Generativa na formação e capacitação de estudantes de engenharia no contexto da indústria 4.0. Segundo TRANFIELD, DENYER e SMART (2003), a revisão permite reunir, selecionar e analisar estudos científicos de maneira estruturada e transparente, contribuindo para a produção de conhecimento fundamentado em evidências.

Quanto à abordagem, a pesquisa possui caráter qualitativo, por buscar interpretar e entender informações presentes em publicações científicas relacionadas à aplicação da inteligência artificial generativa na educação em engenharia. Em relação aos objetivos, o estudo é classificado como exploratório e descritivo, visto que procura compreender os impactos da IA generativa no processo de estudo e formação profissional dos alunos de engenharia. De acordo com GIL (2008), pesquisas exploratórias têm como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema estudado, enquanto pesquisas descritivas buscam descrever características de determinado fenômeno.

Quanto aos tipos de dados, a pesquisa utiliza dados secundários, obtidos por meio de artigos científicos publicados em periódicos e eventos acadêmicos. Em relação aos procedimentos técnicos, o estudo é caracterizado como bibliográfico, utilizando a revisão da literatura como principal método de investigação científica.

A coleta de dados foi realizada na base de dados Web of Science, devido à relevância e confiabilidade da plataforma na indexação de periódicos científicos de impacto. As buscas ocorreram entre os meses de março e março de 2026, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema, como “Industry 4.0”, “Education”, “Engineering”, “ChatGPT”, “Generative Artificial Intelligence” e “Higher Education”.

Os critérios de inclusão adotados contemplaram artigos publicados entre os anos de 2019 e 2026, disponíveis escritos em inglês ou português e relacionados diretamente ao uso da inteligência artificial generativa na formação de estudantes de engenharia e no contexto da indústria 4.0. Foram considerados estudos que abordavam impactos educacionais, metodologias de ensino, aprendizagem assistida por IA e aplicação da IA generativa no ensino superior.

Como caráter eliminatório, foi decidido que somente teriam uso de artigos que estivessem relacionados à engenharia de forma específica ou generalizada, tendo em vista que artigos que analisassem o uso de inteligência artificial em áreas como saúde ou ciências humanas, como filosofia e sociologia, não iriam agregar para o objetivo deste artigo, mesmo que fossem cursos de ensino superior. Ao todo, 22 arquivos foram inicialmente selecionados para leitura e avaliação, porém apenas 14 atenderam inteiramente aos critérios estabelecidos, tendo sido utilizados na composição final da revisão da literatura. Vale ressaltar que os artigos de pesquisa teriam que estar relacionados diretamente à educação na preparação dos estudantes para a indústria, sendo excluídos artigos que estudassem os impactos da IA somente nas instituições de ensino sem que mencionasse as influências desses impactos na capacitação dos estudantes para a indústria 4.0.

A pesquisa foi desenvolvida em etapas. Inicialmente, realizou-se a definição do tema e das palavras-chave utilizadas na busca. Em seguida, ocorreu a seleção dos artigos por meio dos títulos, resumos e palavras-chave. Posteriormente, os estudos selecionados passaram por leitura completa, permitindo identificar os principais impactos da IA generativa na formação dos estudantes de engenharia.

A Tabela 1 apresenta as etapas seguidas para a realização da revisão da literatura proposta.

Etapas	Descrição
Definição do tema	Foi definido o tema da pesquisa, delimitando o estudo sobre os impactos da Inteligência Artificial Generativa na formação de estudantes de engenharia no contexto da Indústria 4.0.

Definição dos objetivos	Foram estabelecidos os objetivos da pesquisa, buscando identificar os impactos positivos, negativos, desafios e contribuições da IA Generativa no ensino de engenharia.
Seleção da base de dados	A coleta de dados foi realizada na Web of Science, escolhida pela relevância e confiabilidade na indexação de periódicos científicos.
Definição das palavras-chave	Foram utilizadas palavras-chave relacionadas ao tema, como "Generative Artificial Intelligence", "Engineering", "Industry 4.0", "Higher Education" e "Education".
Busca dos artigos	As buscas foram realizadas entre março e maio de 2026, resultando na seleção inicial de 22 artigos científicos relacionados ao tema pesquisado.
Aplicação dos critérios de inclusão e exclusão	Foram incluídos artigos publicados entre 2019 e 2026, em português ou inglês, relacionados à IA Generativa na educação em engenharia. Trabalhos duplicados, incompletos ou sem relação direta com o tema foram excluídos.
Leitura e análise dos estudos	Os artigos selecionados passaram por leitura de títulos, resumos, palavras-chave e, posteriormente, leitura completa para análise crítica dos conteúdos.
Seleção final da amostra	Após a aplicação dos critérios estabelecidos, apenas 14 artigos atenderam integralmente aos objetivos da pesquisa e compuseram a revisão da literatura.
Organização e interpretação dos resultados	Os dados coletados foram organizados e analisados, permitindo identificar os principais impactos da IA Generativa na formação e capacitação de estudantes de engenharia.

Tabela 1. Etapas da Pesquisa.

Fonte: autoral

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o estudo dos artigos selecionados, foram identificadas diversas formas pelas quais as tecnologias de Inteligência Artificial Generativa podem impactar a formação e a capacitação dos estudantes de engenharia. Os estudos analisados demonstram que ferramentas baseadas em IA vêm sendo utilizadas como suporte no desenvolvimento de competências técnicas, resolução de problemas complexos, programação, análise de dados e produção de conteúdos acadêmicos. Entretanto, os autores também destacam que ainda são necessários mais estudos de caso e análises práticas capazes de medir, de maneira detalhada, a eficiência dessas tecnologias no ambiente educacional.

Os resultados encontrados demonstram que a IA Generativa possui potencial para modificar significativamente os métodos tradicionais de ensino nas engenharias. Ferramentas como Chat GPT e modelos de linguagem avançados permitem que os estudantes tenham acesso rápido a informações, explicações técnicas e auxílio no desenvolvimento de atividades acadêmicas. Segundo CACCAVALE et al. (2024), os modelos de linguagem podem atuar como tutores virtuais no ensino de engenharia química, auxiliando os alunos na compreensão de conteúdos complexos e no acompanhamento de exercícios e projetos.

Além disso, FAN, DENG e LIU (2025) identificaram que estudantes que utilizam ferramentas de IA Generativa apresentam melhorias no desempenho acadêmico e maior facilidade no desenvolvimento de atividades relacionadas às engenharias. Os autores destacam que a interação com sistemas inteligentes favorece o desenvolvimento de habilidades digitais e competências alinhadas às exigências da indústria 4.0.

Outro ponto importante observado nos artigos refere-se à necessidade de adaptação dos cursos de engenharia diante das transformações tecnológicas contemporâneas. COŞKUN, KAYIKCI e GENÇAY (2019) afirmam que as instituições de ensino precisam reformular currículos e metodologias pedagógicas para preparar profissionais mais capacitados para ambientes industriais automatizados e digitais. Dessa forma, a IA Generativa passa a ser vista como uma ferramenta complementar no processo de aprendizagem e desenvolvimento profissional dos estudantes.

Apesar dos avanços observados, os estudos também ressaltam que ainda são necessários mais trabalhos experimentais e estudos de caso capazes de avaliar o impacto real dessas ferramentas na formação acadêmica. Muitos autores apontam que a eficiência da IA Generativa depende diretamente das

condições de uso, das metodologias aplicadas e da forma como as instituições e professores integram essas tecnologias ao processo educacional.

Como proposto por COSKUN, KAYIKCI e GENÇAY, o seu uso para criação de laboratórios que simulam ações rotineiras na indústria 4.0 apresenta-se viável, podendo implicar diretamente no desenvolvimento cognitivo dos estudantes, permitindo-os a se desenvolverem por meio de simulações fidedignas do cotidiano empresarial.

Ainda no mesmo estudo de COSKUN, KAYIKCI e GENÇAY, o exposto foi utilizar peças de lego para simular linhas de produções reais. Esse laboratório seria composto por, como já dito, peças de lego, sensores de toque, luz, distância, som e servomotores/rotação, além do uso de computadores de blocos programáveis. Esse laboratório possui o intuito de encenar uma fábrica que possui valores de uma indústria 4.0, possibilitando aos alunos se habituarem com as demandas de uma indústria.

Além do uso educacional como uma ferramenta para gerar matérias de ensino, o seu uso pode possibilitar a previsão de desempenho, um aprendizado personalizado, resolver problemas administrativos como atraso na inscrição ou agendamento de cursos, ou até mesmo para inscrição automatizada e gestão de notas e cursos. (ABNOULGID et al., 2025).

Mesmo que o uso da GenAI citado seja utilizado para competências administrativas de uma instituição, ainda é válido destacar que isso ajuda a reduzir erros e a otimizar a alocação de recursos, que melhoram a experiência acadêmica dos estudantes (ABNOULGID et al., 2019 apud LUCENA et al., 2025). Com isso, possibilita que a gestão de ensino foque os seus esforços nos estudantes e ainda evite atrasos curriculares decorridos por empecilhos durante o processo de inscrição ou de agendamento de cursos.

Com a pesquisa realizada por CERERO et al. (2026), feito com professores de engenharia da Universidade de Sevilha, o uso da IA generativa possibilita uma personalização da aprendizagem, como adaptação de exercícios acadêmicos para o nível dos alunos, desenvolvimento de competências digitais, preparação para o ambiente profissional, com a aproximação dos alunos com a realidade da indústria 4.0, e uma melhoria da empregabilidade dos alunos, já que, o seu uso agrega valor em suas formações acadêmicas.

Além da implementação da inteligência artificial no ensino e na preparação estudantil para a indústria, o uso da IA também serve para facilitar o processo de estudos dos alunos, possibilitando aumento na produtividade, permitindo que os engenheiros em formação passem menos tempo ocupados com tarefas rotineiras, permitindo-os focar mais tempo em tarefas baseadas no conhecimento (BLAKE et al., 2021).

Contudo, fica evidente que a implementação da IA pode gerar mais conteúdos acadêmicos para proporcionar aos estudantes um maior aprendizado sobre as ferramentas que advêm da GenAI, possibilitando a implementação de componentes curriculares sobre o seu uso, o que lhes garante uma maior preparação para o mundo do trabalho. (BLAKE et al., 2021; CERERO et al., 2026).

Apesar dos benefícios apresentados, os artigos também identificam diversos impactos negativos. Um dos principais problemas discutidos refere-se à dependência tecnológica dos estudantes, especialmente quando as ferramentas são utilizadas excessivamente para a resolução automática de atividades acadêmicas.

Segundo PUTHUMANAILLAM, BRETL e ORNIK (2025), ferramentas como Chat GPT conseguem realizar atividades completas em cursos de engenharia, levantando preocupações sobre a autenticidade do aprendizado e a participação efetiva dos estudantes no desenvolvimento das tarefas. Os autores ressaltam que a facilidade de obtenção de respostas prontas pode reduzir o esforço intelectual e comprometer o desenvolvimento das capacidades analíticas dos alunos.

Outro impacto identificado refere-se à redução do pensamento crítico e da autonomia acadêmica. DE MOURA OLIVEIRA e VRANČIĆ (2025) afirmam que o uso inadequado da IA pode prejudicar habilidades fundamentais para a formação em engenharia, como o raciocínio lógico, criatividade e capacidade de resolver problemas de forma independente.

Além disso, os estudos apontam preocupações relacionadas à ética e à integridade acadêmica. O uso de IA Generativa na elaboração de trabalhos, códigos e relatórios pode dificultar a identificação da autoria real das atividades, aumentando riscos de plágio e uso indevido das ferramentas tecnológicas no ambiente universitário.

Os trabalhos científicos também destacam que muitos professores e instituições ainda não possuem preparo suficiente para lidar com os impactos da IA Generativa na educação. A ausência de regulamentações claras e estratégias pedagógicas específicas pode dificultar o controle e o uso responsável dessas tecnologias no ensino superior.

A Tabela 2 apresenta os pontos principais sobre os impactos positivos e negativos identificados na revisão da literatura dos artigos.

	Impacto Positivo	Impacto Negativo
Mercado de Trabalho	Ferramenta essencial na Indústria 4.0	Possibilidade de substituição de trabalho humano
Conteúdo	Geração de conteúdo original	Dados de treinamento com vieses
Integração curricular	Valorizado e utilizado nas indústrias	Desafia questões éticas e pedagógicas
Formação de Estudantes	Auxílio na resolução de problemas	Dependência tecnológica

Tabela 2. Impactos da IA Generativa em cursos de Engenharia.

Fonte: autoral

Os estudos analisados demonstram que a implementação da IA generativa na educação em engenharia apresenta diversos desafios e limitações. Um dos principais desafios refere-se à necessidade de adaptação dos métodos tradicionais de ensino às novas tecnologias digitais. Muitos cursos ainda utilizam modelos educacionais pouco compatíveis com as transformações promovidas pela Educação 4.0 e pela Indústria 4.0.

Outro desafio identificado está relacionado à capacitação de professores e instituições de ensino. Segundo FERNÁNDEZ CERERO et al. (2026), muitos docentes reconhecem a importância da Inteligência Artificial, porém ainda enfrentam dificuldades para integrar essas ferramentas de maneira eficiente e pedagógica no ambiente acadêmico.

Ademais, os artigos apontam limitações relacionadas à confiabilidade das respostas produzidas pela IA Generativa. Em alguns casos, os sistemas podem gerar informações incorretas, imprecisas ou desatualizadas, exigindo que os estudantes desenvolvam capacidade crítica para validar os conteúdos obtidos por meio dessas ferramentas.

Os trabalhos científicos também ressaltam riscos relacionados à desigualdade de acesso às tecnologias digitais. Nem todos os estudantes possuem os mesmos recursos tecnológicos ou acesso adequado às ferramentas de IA, o que pode gerar diferenças no processo de aprendizagem e no desenvolvimento acadêmico.

Outro ponto recorrente refere-se à necessidade de definição de limites éticos e regulamentações institucionais para o uso da IA Generativa na educação superior. Os autores destacam que o avanço dessas tecnologias exige discussões sobre responsabilidade acadêmica, transparência e utilização consciente das ferramentas digitais.

A partir das decomposições dos artigos selecionados, percebe-se que a inteligência artificial generativa apresenta potencial significativo para transformar a formação de estudantes de engenharia no contexto da indústria 4.0. Os estudos demonstram que a utilização dessas ferramentas pode contribuir para maior produtividade, personalização do aprendizado e desenvolvimento de competências digitais alinhadas às exigências do mercado contemporâneo.

Entretanto, os dados coletados também indicam que a utilização da IA generativa precisa ocorrer de maneira equilibrada e supervisionada. Embora as ferramentas tecnológicas facilitem o acesso às informações e auxiliem na realização de atividades acadêmicas, seu uso excessivo pode comprometer o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade e da autonomia dos estudantes.

Os resultados evidenciam ainda que a adaptação das instituições de ensino às transformações tecnológicas representa um dos principais desafios da educação em engenharia na atualidade. A integração entre tecnologia, inovação e práticas pedagógicas torna-se fundamental para preparar profissionais mais qualificados para os ambientes industriais da indústria 4.0.

Portanto, observa-se que a IA generativa não deve substituir o processo tradicional de aprendizagem, mas atuar como ferramenta complementar no desenvolvimento acadêmico e profissional dos estudantes. Os artigos analisados e estudados reforçam que o uso responsável, ético e planejado dessas tecnologias é essencial para garantir benefícios educacionais sem comprometer a qualidade da formação em engenharia.

CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo identificar os impactos da utilização da Inteligência Artificial Generativa no processo de formação e capacitação de estudantes de engenharia no contexto da indústria 4.0. A partir da revisão da literatura realizada na base de dados Web of Science, foi possível investigar diferentes perspectivas sobre a aplicação da IA Generativa no ensino superior e seus reflexos na educação em engenharia.

Os resultados obtidos demonstram que a IA generativa possui potencial significativo para contribuir com o processo de ensino-aprendizagem, principalmente por meio da personalização do aprendizado, aumento da produtividade acadêmica, auxílio na resolução de problemas técnicos e desenvolvimento de competências digitais alinhadas às exigências da indústria 4.0. Os estudos examinados também evidenciaram que ferramentas de IA podem aproximar os estudantes das tecnologias utilizadas no ambiente industrial contemporâneo, favorecendo sua preparação profissional.

Entretanto, a pesquisa também identificou desafios importantes relacionados ao uso dessas tecnologias no ambiente acadêmico. Entre os principais pontos discutidos estão a dependência tecnológica, a redução do pensamento crítico, questões relacionadas à ética e integridade acadêmica, além da necessidade de adaptação das metodologias pedagógicas e dos processos de avaliação utilizados pelas instituições de ensino superior.

Dessa forma, pode-se afirmar que o objetivo da pesquisa foi alcançado, uma vez que foi possível identificar os principais impactos positivos e negativos da Inteligência Artificial Generativa na formação de estudantes de engenharia. Os resultados apontam que a utilização dessas ferramentas tende a crescer cada vez mais no contexto educacional, tornando necessária a construção de estratégias pedagógicas capazes de integrar tecnologia e aprendizagem de maneira equilibrada, ética e eficiente.

Como achado complementar, observou-se que muitos estudos ainda se encontram em estágio inicial, especialmente no que se refere à avaliação aplicada dos impactos da IA Generativa em situações reais de ensino-aprendizagem nas engenharias. Grande parte das pesquisas concentra-se em análises teóricas ou estudos exploratórios, indicando a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre o tema.

Entre as limitações da pesquisa, devido ao caráter recente da IA Generativa, muitos trabalhos ainda estão em desenvolvimento, tornando o tema constantemente atualizado e sujeito a rápidas transformações tecnológicas.

Enfim, recomenda-se que futuras pesquisas realizem estudos de caso, pesquisa quantitativa e investigações práticas sobre a utilização da IA Generativa em cursos de engenharia, buscando avaliar seus impactos reais no desempenho acadêmico, no desenvolvimento de competências profissionais e na adaptação dos estudantes às demandas da indústria 4.0. Também se sugere o aprofundamento de estudos relacionados à ética, regulamentação e uso responsável da Inteligência Artificial no ensino superior.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus e às nossas famílias, pelo apoio, incentivo e por nos permitirem chegar até aqui. Agradecemos também ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e aos seus professores, especialmente à nossa orientadora Karine Bessa Porto Pinheiro Vasques, pelo suporte acadêmico, orientação e contribuição durante o desenvolvimento deste trabalho. Por fim, agradecemos aos pesquisadores e às revistas científicas cujos estudos e publicações possibilitaram a realização desta pesquisa e contribuíram para a construção deste artigo.

REFERÊNCIAS

ABNOULGID, Fatima et al. Quality 4.0 in higher education: integrating industry 4.0 technologies in higher education quality management practices. In: Frontiers in Education. Frontiers Media SA, 2025. p. 1594377.

ÁLVAREZ ARIZA, Jonathan; HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Carola. Investigating the Impact of Education 4.0 and Digital Learning on Students' Learning Outcomes in Engineering: A Four-Year Multiple-Case Study. In: Informatics. MDPI, 2026. p. 18.

BLAKE, Robert W. et al. Impact of artificial intelligence on engineering: Past, present and future. Procedia CIRP, v. 104, p. 1728-1733, 2021.

CACCAVALE, Fiammetta et al. Towards Education 4.0: The role of Large Language Models as virtual tutors in chemical engineering. Education for Chemical Engineers, v. 49, p. 1-11, 2024.

COŞKUN, Selim; KAYIKCI, Yaşanur; GENÇAY, Eray. Adapting engineering education to industry 4.0 vision. Technologies, v. 7, n. 1, p. 10, 2019.

DAUN, Marian; BRINGS, Jennifer. How ChatGPT will change software engineering education. In: Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1. 2023. p. 110-116.

DE MOURA OLIVEIRA, P. B.; VRANČIĆ, Damir. The AI Elephant in the Room: ChatGPT in Control Engineering Education. IFAC-PapersOnLine, v. 59, n. 7, p. 236-241, 2025.

EL-KEBIR, Hamza; ORNIK, Melkior; BENTSMAN, Joseph. Empowering Control Engineering Students Through Theory, Implementation, and AI-Assisted Learning: Evaluating a Project-Based Advanced Computer Control Course. IFAC-PapersOnLine, v. 59, n. 7, p. 183-188, 2025.

FAN, Lei; DENG, Kunyang; LIU, Fangxue. Educational impacts of generative artificial intelligence on learning and performance of engineering students in China. Scientific reports, v. 15, n. 1, p. 26521, 2025.

FERNÁNDEZ CERERO, José et al. Adoption of AI in Higher Education: Engineering Faculty Perceptions of Preparation for Industry 4.0. Computers, v. 15, n. 3, p. 173, 2026.

GHASEM, Nayef. The significance of artificial intelligence and machine learning in contemporary chemical engineering curriculum. Cogent Education, v. 12, n. 1, p. 2560057, 2025.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. Ediitora Atlas SA, 2008.

HONIG, Christopher DF; DESU, Aditya; FRANKLIN, John. GenAI in the classroom: Customized GPT roleplay for process safety education. Education for Chemical Engineers, v. 49, p. 55-66, 2024.

PETROVSKA, Olga; CLIFT, Lee; MOLLER, Faron. Generative AI in software development education: Insights from a degree apprenticeship programme. In: Proceedings of the 2023 Conference on United Kingdom & Ireland Computing Education Research. 2023. p. 1-1.

PUTHUMANAILLAM, Gokul; BRETL, Timothy; ORNIK, Melkior. The Lazy Student's Dream: ChatGPT Passing an Engineering Course on Its Own. IFAC-PapersOnLine, v. 59, n. 7, p. 213-218, 2025.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence‐informed management knowledge by means of systematic review. British journal of management, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.