



Indústria 4.0 e Engenharia: Formação e Implicações

Industry 4.0 and Engineering: Education and Implications

Sandro da Costa Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Aflíio de Oliveira Marra

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Delton Baragli Junior

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Artur Caron Mottin

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Sofia Listgarten Duarte

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Mariana Marques Silva

Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo: A Indústria 4.0 constitui uma das transformações tecnológicas mais significativas no âmbito dos processos produtivos, com avanços expressivos em controle, automação e integração de sistemas. No contexto industrial, destaca-se a fabricação ou manufatura avançada, que integra processos essenciais e amplamente difundidos, responsável por empregar milhões de pessoas. Este trabalho visa integrar conhecimentos teóricos e práticos em processos de fabricação, criando um ambiente de aprendizagem e pesquisa que beneficie discentes dos cursos de Engenharia, a comunidade acadêmica em geral e o setor técnico-profissional. O desencadeamento das ideias e discussões apresentadas neste capítulo de livro são desenvolvidas por meio de atividades baseadas em revisão bibliográfica, análises de contexto local, coleta de dados e discussões sobre a perspectiva discente sobre Indústria 4.0. Uma pesquisa realizada entre 70 a 80 alunos de Engenharia Mecânica (amostra de referência do Centro Federal de Educação Tecnológica de MG - CEFET-MG), revelou baixo conhecimento geral sobre a Indústria 4.0 em dois momentos distintos, embora haja familiaridade com ferramentas específicas como CAD/CAE/CAM, Automação e Inteligência Artificial. Esses resultados evidenciam uma fragmentação do conhecimento, sem a plena integração dos princípios da Indústria 4.0. O estudo reforça a necessidade de ações educativas que promovam uma formação mais abrangente, preparando engenheiros para as demandas tecnológicas do mercado. Recomenda-se a inclusão de conteúdos e práticas que abordem de forma efetiva a Indústria 4.0 no currículo, fortalecendo a capacidade crítica e inovadora dos futuros profissionais. Ao aliar teoria e prática, o projeto pretende consolidar o domínio sobre processos de usinagem avançados, contribuindo para o avanço da pesquisa e da manufatura inteligente. Assim, a iniciativa posiciona-se como um marco na integração das novas tecnologias no ambiente acadêmico e no fortalecimento da formação em Engenharia.

Palavras-chave: indústria 4.0; manufatura avançada; engenharia; formação.

Abstract: Industry 4.0 represents one of the most significant technological transformations in production processes, bringing significant advances in control, automation, and systems integration. In the industrial context, advanced manufacturing stands out, integrating essential and widespread processes and employing millions of people. This work aims to integrate theoretical and practical knowledge in manufacturing processes, creating a learning and

research environment that benefits engineering students, the academic community in general, and the technical-professional sector. The ideas and discussions presented in this book chapter are developed through activities based on literature reviews, local context analyses, data collection, and discussions on student perspectives on Industry 4.0. A survey conducted among 70 to 80 Mechanical Engineering students (reference sample from Federal Center for Technological Education of MG - CEFET-MG) revealed low general knowledge of Industry 4.0 at two different points in time, although there was familiarity with specific tools such as CAD/CAE/CAM, Automation, and Artificial Intelligence. These results highlight a fragmentation of knowledge, lacking the full integration of Industry 4.0 principles. The study reinforces the need for educational initiatives that promote more comprehensive training, preparing engineers for the technological demands of the market. It is recommended that content and practices that effectively address Industry 4.0 be included in the curriculum, strengthening the critical and innovative capacity of future professionals. By combining theory and practice, the project aims to consolidate mastery of advanced machining processes, contributing to the advancement of research and smart manufacturing. Thus, the initiative positions itself as a milestone in the integration of new technologies into the academic environment and in strengthening engineering education.

Keywords: industry 4.0; advanced manufacturing; engineering; training.

INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 representa uma revolução tecnológica que está transformando profundamente o ambiente industrial e redefinindo a formação de engenheiros. Com a integração de tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (IoT), automação inteligente, análise de big data e inteligência artificial, esta nova era exige profissionais capazes de lidar com sistemas complexos, interconectados e dinâmicos (Sakurai; Zuchi, 2018). A necessidade de alinhar a formação às demandas do mercado torna indispensável o desenvolvimento de competências que vão além dos fundamentos tradicionais.

Historicamente, a formação de engenheiros concentrava-se em conceitos teóricos e práticas convencionais. No entanto, o avanço tecnológico impulsionado pela Indústria 4.0 demanda um perfil de engenheiro multidisciplinar, que una conhecimentos clássicos a áreas emergentes, como sistemas CAD/CAM/CNC (Groover; Zimmers, 1984), robótica avançada e fabricação aditiva. Além disso, habilidades não técnicas, como pensamento crítico, trabalho em equipe e capacidade de adaptação às rápidas mudanças, são essenciais para que esses profissionais liderem e inovem no setor industrial.

Diante dessas transformações, torna-se imprescindível repensar o modelo educacional vigente. A inclusão de novos conteúdos curriculares e a reestruturação das abordagens pedagógicas são medidas essenciais para garantir uma formação alinhada às exigências do setor. As instituições de ensino enfrentam o desafio de integrar tecnologias e metodologias inovadoras que preparem os engenheiros para atuar em projetos tecnológicos avançados, colaborar em equipes multidisciplinares e responder às demandas do mercado com flexibilidade e criatividade. Nesse contexto, surge a necessidade de investigar de que forma a formação dos engenheiros tem sido adaptada para acompanhar essa evolução.

Este estudo tem como objetivo analisar as mudanças na formação de engenheiros frente à Indústria 4.0, identificando as principais competências técnicas e comportamentais demandadas pelo setor industrial. Além disso, busca-se compreender como as instituições de ensino têm adaptado seus currículos e metodologias para integrar tecnologias emergentes, como CAD/CAM/CAE, Internet das Coisas (IoT) e automação inteligente. A pesquisa também pretende avaliar as percepções dos discentes sobre a indústria 4.0, investigando o nível de conhecimento sobre o tema, suas opiniões a respeito da incorporação dessas tecnologias na formação acadêmica e os desafios envolvidos nesse processo.

INDÚSTRIA 4.0: HISTÓRIA

A Indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, constitui um paradigma que integra avanços tecnológicos nas áreas de automação, controle de processos e tecnologia da informação. Recursos como inteligência artificial, robótica e redes de comunicação em alta velocidade estão promovendo transformações profundas no setor industrial e nos modelos de negócios, tanto no Brasil quanto em escala global, além de impactarem significativamente a vida cotidiana das pessoas (Zawadzki e Zywicki, 2016).

No contexto fabril, observa-se uma ampla gama de tecnologias e metodologias aplicadas à obtenção de produtos e subprodutos, conduzidas sob rigorosos parâmetros de controle para assegurar a transição a etapas subsequentes da cadeia produtiva ou para atender diretamente ao mercado consumidor. Entre os processos produtivos, a usinagem de metais se destaca por representar, na maioria dos casos, a etapa final de transformação e conformação do aço. Este processo, considerado o mais difundido mundialmente, converte aproximadamente 10% de toda a produção de metais em cavacos (resíduos) e emprega dezenas de milhões de profissionais (Trent, 1985).

A fabricação por usinagem, assim como outros sistemas e processos industriais, sofreu impactos significativos com a incorporação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. A evolução tecnológica nesse campo abrange desde a introdução do torno mecânico por Richard Roberts, em 1816 (1ª Revolução Industrial), até os atuais sistemas integrados de manufatura avançada, envolvendo CAD, CAE, CAM e CNC (4ª Revolução Industrial).

Questões relacionadas à sustentabilidade nos processos de fabricação e ao gerenciamento adequado dos resíduos provenientes da usinagem também constituem foco deste estudo. O cavaco, principal resíduo gerado, assume relevância não apenas pelo seu volume expressivo, mas também por fornecer informações técnicas precisas sobre o comportamento de operações de usinagem, considerando suas características físicas e metalúrgicas. A magnitude desse resíduo impacta diretamente aspectos econômicos, ambientais e sociais, sendo que seu estudo, classificação e destinação adequada podem reduzir problemas logísticos e ambientais, além de otimizar seu potencial de reciclagem.

A Indústria 4.0 fundamenta-se em princípios e pilares consolidados desde o início do século XXI, incorporando um conjunto de ferramentas e tecnologias que moldam um novo modelo produtivo. A figura 1 ilustra a integração dessas ferramentas no contexto da manufatura inteligente.

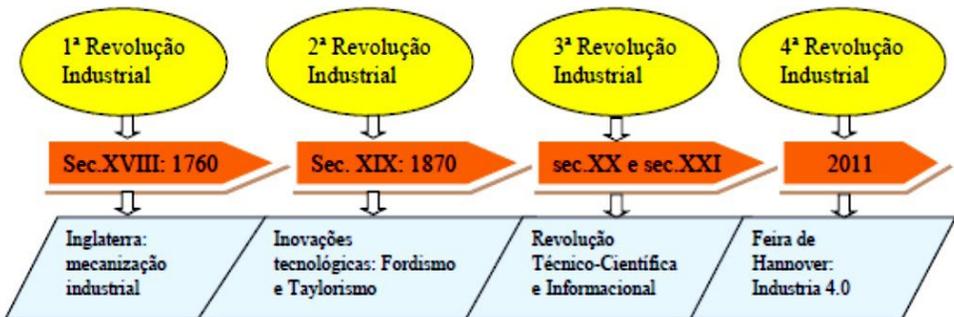
Figura 1 - Ferramentas da Indústria 4.0.



Fonte: Listgarten, 2022.

Embora historicamente se reconheça que a Indústria 4.0 integra a quarta grande Revolução Industrial, sucedendo sequencialmente as anteriores, este trabalho apresenta uma linha do tempo que se inicia no marco da Primeira Revolução Industrial, no século XVIII, caracterizada pela transição da produção artesanal para a mecanização dos meios de fabricação. Esta linha temporal, revisada e consolidada neste estudo, encontra-se representada na fig. 2.

Figura 2 - Linha do tempo das Revoluções Industriais.



Fonte: autoria própria.

A Primeira Revolução Industrial, deflagrada no século XVIII, tem como referência central a consolidação da máquina a vapor, aprimorada por James Watt, o que potencializou o uso do carvão como fonte primária de energia. Esse avanço

impulsionou a aplicação da máquina a vapor na indústria e na tração ferroviária, sendo este último um marco determinante para a modernização do transporte de cargas e passageiros (Venturelli, 2017).

A Segunda Revolução Industrial, no século XIX, decorre da crescente demanda por inovações tecnológicas, tendo o aço e a eletricidade como elementos centrais. Este período é marcado pela implementação de modelos de organização e gestão industrial como o Fordismo e o Taylorismo, que revolucionaram a produção em série e a eficiência fabril (Silva e Gasparin, 2015; Boettcher, 2015).

A Terceira Revolução Industrial, denominada Revolução Técnico-Científica e Informacional, é impulsionada pelos expressivos avanços tecnológicos ocorridos entre os séculos XX e XXI (Boettcher, 2015). Suas transformações ultrapassam o âmbito tecnológico, abrangendo também dimensões econômicas, políticas e sociais (Silva *et al.*, 2012). Nesse contexto, o modelo de produção Toyotista substitui o Fordista, ao priorizar o controle e monitoramento integral do processo produtivo e a fabricação de lotes ajustados à demanda, em contraste com a produção em massa padronizada do Fordismo.

A Quarta Revolução Industrial é alavancada pelos progressos nos campos da informática, automação, redes digitais e internet, incorporando tecnologias e sistemas avançados. Representa um marco pela escala e intensidade dos impactos tecnológicos deste século. O termo “Indústria 4.0” foi empregado pela primeira vez na Feira de Hannover, em 2011, um dos principais eventos globais do setor industrial (Kagermann *et al.*, 2013). Conforme Silveira (2017), a Indústria 4.0 se estrutura na conectividade entre máquinas, sistemas e ativos, possibilitando a criação de redes inteligentes capazes de controlar módulos de produção de forma autônoma.

A Indústria 4.0 consolidou-se como um marco na integração entre sistemas físicos e digitais, impulsionada por tecnologias como Internet das Coisas, inteligência artificial, automação avançada e análise massiva de dados. No entanto, o cenário industrial continua em rápida evolução, abrindo caminho para a Indústria 5.0, que busca equilibrar alta produtividade com foco humano, sustentabilidade e personalização em larga escala, promovendo a colaboração entre pessoas e máquinas inteligentes. Olhando adiante, a Indústria 6.0 desponta como uma visão ainda mais integrada, em que sistemas ciberfísicos, redes autônomas e tecnologias quânticas poderão operar em tempo real e de forma auto-organizada, conectando cadeias produtivas globais com eficiência, adaptabilidade e inteligência ambiental sem precedentes.

ANÁLISE E DISCUSSÕES DA PERSPECTIVA DISCENTE

Os alunos do curso de Engenharia Mecânica do CEFET-MG foram entrevistados por meio de questionário eletrônico, sobre como está sendo abordado e integrado o tema Indústria 4.0 no contexto local da comunidade discente acadêmica. Foram entrevistados 74 alunos de um universo de 400 alunos matriculados na ocasião (ano de 2022 e reaplicação em 2025), o que representa uma amostra

de aproximadamente 20%, considerada válida pelos parâmetros estatísticos de pesquisa para 90% de confiança.

A figura 3 mostra a quantidade de alunos entrevistados por período e se refere à primeira pergunta.

Figura 3 - Gráfico dos períodos dos entrevistados.

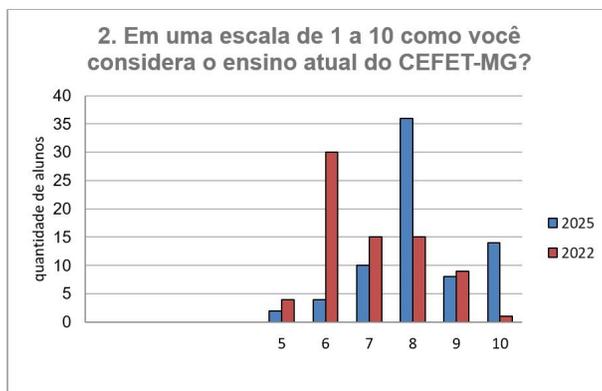


Fonte: autoria própria.

Pode-se observar na fig. 3 que os discentes dos períodos iniciais tiveram pouca adesão à pesquisa no ano de 2022, o que se justifica pelo pouco contato com disciplinas profissionalizantes e técnicas, despertando pouco interesse ou desconhecimento do tema; em contraponto a participação no ano de 2025 foi expressiva. A partir do 6º período, observa-se uma adesão maior e progressiva, justamente pelo efeito inverso em função do avanço dos discentes nos conteúdos técnico e tecnológicos, e muitos já tendo iniciado o estágio obrigatório, em sua maioria nas indústrias da RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte - MG). Já no ano de 2025 a adesão foi baixa e estável.

A figura 4 mostra a quantidade de alunos que avaliaram o ensino atual do CEFET-MG, e se refere a segunda pergunta.

Figura 4 - Gráfico do nível/qualidade do ensino no CEFET-MG.

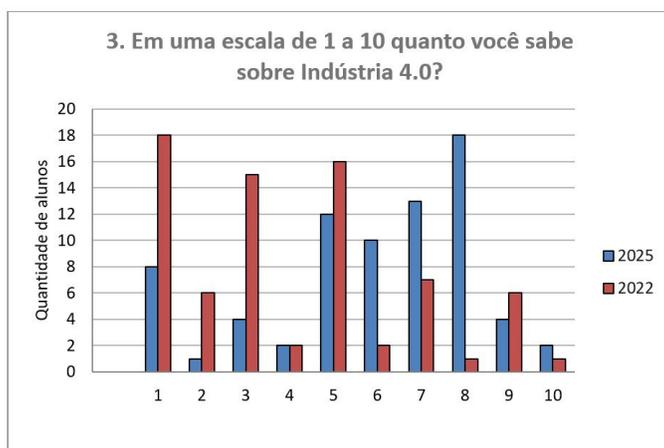


Fonte: autoria própria.

Este gráfico representado na fig. 4 indica que a amostra de discentes entrevistados tem uma avaliação média acima de 6,6 na escala em ambos os períodos analisados, com uma classificação “C” parametrizando com os níveis clássicos de avaliação qualitativa. Isso caracteriza que o CEFET tem uma avaliação dois níveis abaixo de “A”, indicando necessidade de ações de melhoria no ensino a partir da percepção dos discentes.

A figura 5 representa a quantidade de alunos entrevistados pelo conhecimento da Indústria 4.0, e se refere a terceira pergunta.

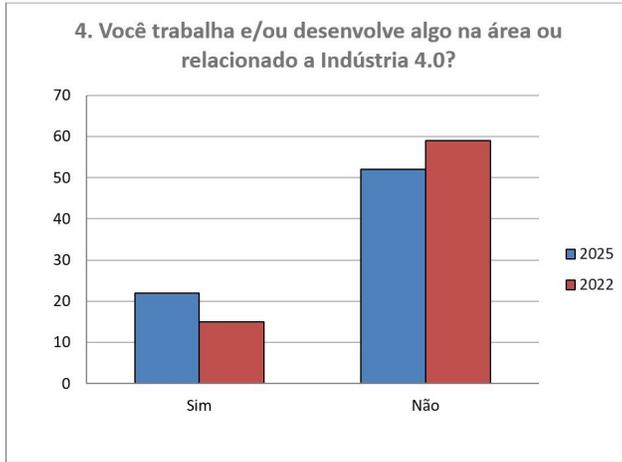
Figura 5 - Gráfico sobre o conhecimento dos discentes sobre Indústria 4.0.



Fonte: autoria própria.

Na figura 5, o gráfico demonstra que prevalece o pouco conhecimento sobre Indústria 4.0 para o ano de 2022, visto que em torno de 25% dos alunos votaram nos menores valores escalares. A média geral dos dados foi 4, um nível baixo de conhecimento sobre determinado tema. Esse dado demonstra a falta de mais informações sobre as habilidades e competências do futuro engenheiro da Indústria 4.0 pelos discentes entrevistados. A diferença entre os anos analisados existe em função de em 2022 prevalecer um menor conhecimento pela maioria dos discentes em curso, enquanto no ano de 2025 este comportamento apresenta uma melhoria relativa no que diz respeito a esta apropriação do conhecimento.

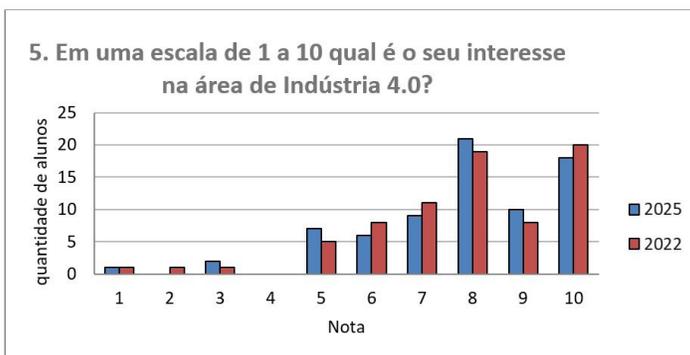
A figura 6 representa o resultado sobre os alunos que exercem alguma função na Indústria 4.0, e se refere a quarta pergunta.

Figura 6 - Atividades relacionadas a Indústria 4.0.

Fonte: autoria própria.

Na figura 6, nota-se no gráfico que tanto em 2022, quanto em 2025, em torno de 80% dos alunos responderam que não trabalham e/ou desenvolvem algo relacionado com Indústria 4.0. Esse número pode refletir a falta de conhecimento sobre o tema, visto que muitas empresas atualmente buscam implementar essas tecnologias em seus processos e esses alunos podem estar em contato direto com alguma das ferramentas da Indústria 4.0, mas não as notam. Em 2025 está caracterizado um pequeno avanço no trabalho com a Indústria 4.0, mas ainda de pouca expressão em face dos avanços tecnológicos dentro da indústria local.

A figura 7 representa o resultado sobre o interesse dos alunos em relação à Indústria 4.0, e se refere a quinta pergunta.

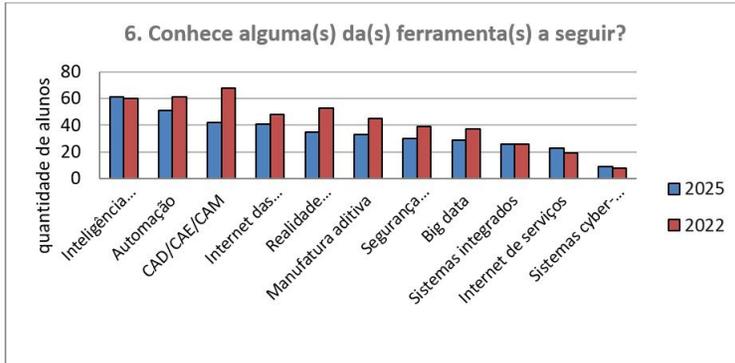
Figura 7 – Interesse pela Indústria 4.0.

Fonte: autoria própria.

Na figura 7, para ambos os anos analisados observa-se que em torno de 96 % têm interesse na área de Indústria 4.0, acima de da metade da escala. Isso demonstra a demanda de alunos que veem a importância do tema para sua formação acadêmica.

Na figura 8 estão consolidadas as respostas para a quinta pergunta elaborada com o objetivo de avaliar o conhecimento específico dos discentes sobre ferramentas da Indústria 4.0.

Figura 8 - Conhecimento das ferramentas da Indústria 4.0.



Fonte: autoria própria.

Na figura 8, pode ser verificado que aproximadamente 90% dos alunos conhecem da ferramenta CAD/CAE/CAM, 80% sobre Automação, 80% de Inteligência Artificial e 60% de Manufatura Aditiva. Essa foram as ferramentas que os alunos mais indicaram conhecimento da Indústria 4.0.

A figura 9 representa o resultado sobre a relação das disciplinas do curso de graduação com a Indústria 4.0, e se refere à sétima pergunta.

Figura 9 – Relação das disciplinas com a Indústria 4.0.



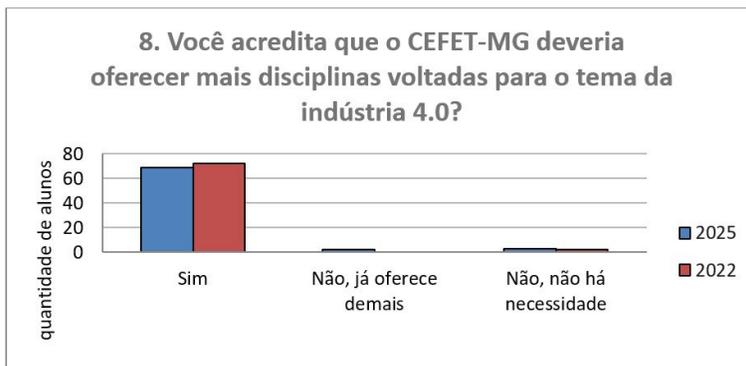
Fonte: autoria própria.

Na figura 9, observa-se que 24% dos alunos avaliam como mediana a conexão das disciplinas do curso com a Indústria 4.0. O cálculo da média foi de 4,3, e a mediana foi de 4,5; comprovando a afirmação anterior. Segundo pesquisa (De Melo *et al.*, 2020) realizada com alunos de engenharia de produção, a segurança para atuar no mercado de trabalho com alguns dispositivos relacionados com a Indústria 4.0, mostrou que a maioria dos alunos afirmaram não concordar que possuíam tal convicção. Uma alternativa para a solução desse problema é conectar de uma

forma mais explícita e direta as disciplinas da instituição com a Indústria 4.0 para garantir uma maior segurança na hora de atuar no mercado de trabalho.

A figura 10 representa o resultado sobre a oferta de disciplinas relacionadas a Indústria 4.0, e se refere a oitava pergunta.

Figura 10 – Oferta de disciplinas relacionadas a Indústria 4.0



Fonte: autoria própria.

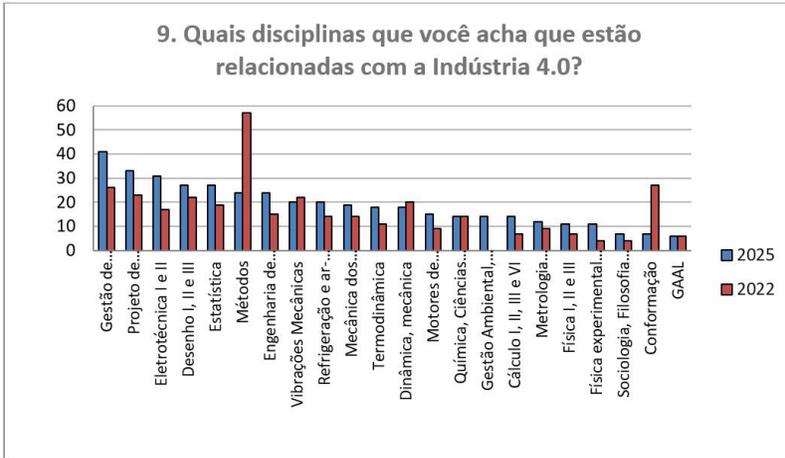
Na figura 17, observa-se uma correlação muito próxima entre os anos analisados, assim nota-se que aproximadamente 97% dos alunos acreditam que deveriam haver mais disciplinas voltadas para o tema de Indústria 4.0. Isso mostra que há vontade de aprender sobre o tema e que mesmo que não conheçam as habilidades do “engenheiro 4.0”, percebem a necessidade de mudança no ensino atual de formação e relevância do tema.

Além disso, Costa (2022, p.101) evidencia que “[...] as tecnologias da I.4 podem ser aplicadas de diferentes formas e em diferentes níveis educacionais. A utilização das tecnologias da I4 no ensino possui uma gama de possibilidades e sua aplicação deve ser proposta com base na demanda e necessidade de alunos e professores e, nos fatores que interferem em sua aceitação pelas partes interessadas.”

Pelos resultados da pesquisa, como foi mencionado, há a necessidade e demanda do ensino das competências do “engenheiro 4.0” e cabe a instituição fazer as mudanças e adaptações necessárias para alcançar esses objetivos. Afinal, as peças fundamentais para a estrutura da Indústria 4.0 são as pessoas. Vale ressaltar que, cultura e educação são os principais pilares para impulsionar a conscientização e o conhecimento sobre Indústria 4.0 (Motyl *et al.*, 2017).

A figura 11 representa o resultado sobre o interesse dos alunos em relação à Indústria 4.0, e se refere a nona pergunta.

Figura 11– Disciplinas com efetiva relação com a Indústria 4.0



Fonte: autoria própria.

Na figura 11 nota-se que os alunos do ano de 2022 indicam que Métodos Computacionais Numéricos e Conformação tem relação mais significativa com Indústria 4.0 que as demais disciplinas do ano em estudo. A análise geral indica que para os dois anos em estudo os valores apurados são próximos para todas as demais disciplinas. Existe uma divergência desses dados com os da figura 10, uma vez que, CAD/CAM/CAE são consideradas as ferramentas mais conhecidas pelos alunos e são utilizadas principalmente nas disciplinas que envolvem desenho técnico, fabricação e projetos. Nota-se que, mesmo isso ocorrendo as matérias de Desenho, Usinagem, Projetos de Máquinas etc., não foram as mais votadas nessa pergunta, mostrando incoerência por parte da percepção dos alunos.

A figura 12 representa o resultado para as competências e habilidades da Indústria 4.0, e se refere a decima pergunta

Figura 12 – Competências e habilidades da Indústria 4.0.



Fonte: autoria própria.

As recomendações mais votadas na figura 12 pelos alunos de um modo geral foram: Utilizar as ferramentas nas aulas com 16%, ter um aprendizado que mostra mais a aplicabilidade dessas ferramentas com 15% e parcerias com empresas que utilizam essas tecnologias com 18%. Apenas um aluno sugeriu a Integração de disciplinas e Projetos interdisciplinares.

Na pesquisa de Murofushi *et al.* (2019) foi constatado que as respostas que tiveram mais importância com uma pergunta similar a feita nessa pesquisa, foram as relacionadas em mostrar como as ferramentas são aplicadas às matérias de engenharia, tornar o aprendizado mais prático e criar desafios que desenvolvem certas habilidades.

Sobre a sugestão de integração de disciplinas, o ponto chave para uma mudança efetiva na educação atual é a interdisciplinaridade, em que, na sala de aula, o aluno seja desafiado com atividade de lógica, resolução de problemas e comunicação (Maciel e Furtado, 2020). Portanto, é válido, como já dito anteriormente, sabe-se que muitas disciplinas apresentam diferentes ferramentas atreladas e a integração entre elas é uma forma de fazer um Sistema Integrado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho é fruto do empenho conjunto de docentes e discentes na inserção do tema Indústria 4.0 no contexto acadêmico do CEFET-MG, alinhando-se à recomendação do MEC, que, por meio das DCNs, tornou obrigatória sua inclusão nas novas matrizes curriculares de Engenharia a partir de 2023. Mais do que atender a uma exigência normativa, defende-se a necessidade de promover um debate amplo e humanizado com estudantes e comunidade acadêmica, de forma a construir uma formação integral, evitando abordagens fragmentadas do conteúdo.

Com base no estudo bibliográfico realizado, considera-se pertinente a definição de Indústria 4.0 apresentada por Zawadzki e Zywicki (2016), ao descrevê-la como “...um novo modelo de indústria que combina as conquistas tecnológicas dos últimos anos com a visão de um futuro com sistemas de produção inteligentes e automatizados, nos quais o mundo real é ligado ao virtual”. Tal conceito é dinâmico e deverá se expandir conforme o avanço das tecnologias associadas à Indústria 4.0.

No contexto da comunidade acadêmica analisada, identificaram-se percepções distintas e, por vezes, contraditórias. Essa situação é compreensível, uma vez que esta quarta revolução industrial apresenta impactos mais profundos e abrangentes, afetando múltiplas dimensões em um intervalo de tempo significativamente reduzido, diferentemente das revoluções industriais anteriores, que ocorreram de forma mais espaçada e setorial.

De modo geral, a amostra de estudantes entrevistados demonstrou baixo conhecimento global sobre a Indústria 4.0. Por outro lado, grande parte declarou familiaridade com ferramentas específicas e experiências práticas relacionadas ao tema, mesmo considerando os anos de 2022 e 2025 analisados. Por fim, pouco avançamos no desenvolvimento integral do saber em Indústria 4.0 nas amostras

de graduação analisadas. Essa contradição evidencia que a fragmentação do conhecimento permanece como um desafio na formação e na prática profissional. O saber integral, que permitiria uma visão sistêmica e interdisciplinar, ainda é subvalorizado, enquanto a especialização fragmentada é priorizada tanto no setor produtivo quanto no ambiente acadêmico e nos processos de qualificação profissional.

REFERÊNCIAS

- Boettcher, M., (2015). “Revolução Industrial - Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0.” LinkedIn, 26 nov. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>. Acesso em: 10 maio 2018.
- Costa, A. C. (2022). “Proposta de framework para suporte ao ensino de engenharia de produção baseado nas tecnologias da Indústria 4.0.” – São Paulo. Universidade Estadual Paulista – UNESP.
- De Melo, J. B.; Leite, G. E. Vidal; De Melo, B. L. A. P.; Fontana, M. E. (2020). “Características e impactos da Indústria 4.0: Análise estatística sobre a percepção dos profissionais e estudantes de engenharia de produção acerca das mudanças pertinentes à Indústria 4.0”. Em: XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção – Paraná.
- Groover, M. P.; Zimmers jr., E. W. (1984). “CAD/CAM: computer aided design and manufacturing”. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 489 p.
- Kagermann, H. *et al.*, (2013). “Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie.”
- Listgarten, S., (2022). “Impactos na Educação pela Indústria 4.0: Percepção dos alunos de Engenharia Mecânica do CEFET-MG.” Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica – CEFET-MG.
- Maciel, L. F., Furtado, A. E. (2020). “Análise dos impactos da revolução 4.0 no perfil profissional do aluno de engenharia, bem como na metodologia de ensino”. Em: XVII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (XVII SEGET). Faculdades Dom Bosco.
- Ministério da Educação - MEC, 2019. “Conselho Nacional de Educação – CNE/ Câmara de Educação Superior – CES. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.” Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 157, n. 80, p. 43-44, 26 abr. 2019b.
- Motyl, B. *et al.* (2017). “How will change the future engineers’ skills in the Industry 4.0 framework?” A questionnaire survey. *Procedia Manufacturing*, v. 11, p. 1501-1509.

Murofushi, J.; Barreto, M. (2019). “Educação 4.0 na engenharia: percepção dos docentes de 3 universidades Brasileiras”. Em: Brazilian Journal of Development – Curitiba.

Sakurai, R.; Zuchi, J. D. (2018). “As Revoluções Industriais até a Indústria 4.0”. Revista Interface Tecnológica, v. 15, n. 2, p. 480-491.

Silva, D. B. da *et al.*, (2012). “O Reflexo da Terceira Revolução Industrial na Sociedade.” In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 22., Curitiba. ABEPR. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr82_0267.pdf. Acesso em: 20 jun. 2018.

Silva, M. C. A. da and Gasparin, J. L., (2015). “A Segunda Revolução Industrial e suas influências sobre a Educação Escolar Brasileira.” Disponível em: http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/seminario/seminario7/TRABALHOS/Marcia%20CA%20Silva%20e%20%20Joao%20L%20Gasparin2.pdf. Acesso em: 20 jun. 2018.

Silveira, C. B., (2017). “O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo.” Citisystems. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 10 jun. 2018.

Trent, E.M. and Wright, P.K., (2000). Metal Cutting, 4th Edition, Butterworth-Heinemann Ltda.

Venturelli, M., (2017). “Indústria 4.0: uma visão da automação industrial.” Automação Industrial, nov. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

Zawadzki, P.; Żywicki, K., (2016). “Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept.” Management and Production Engineering Review.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua gratidão ao CEFET-MG e ao CNPQ pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho por meio do Programa de Iniciação Científica (PIBIC), com a aprovação dos projetos PIC-00048-2023 no edital DPPG nº14/2023, e PIC-00658-2024 no edital DPPG nº24/2024.