



RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA EDUCAÇÃO 5.0 EM ENGENHARIA NO BRASIL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6437

Autores: FILIPPO VALIANTE FILHO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO

Resumo: A Educação 5.0, prevista para a década de 2030, visa a formação individualizada do estudante, dentro de um coletivo, com o suporte de sistemas de tecnologia de informação, inteligência artificial e outras tecnologias avançadas, dentro de um ensino efetivamente baseado em competências e com o emprego de metodologias ativas, proporcionando educação de qualidade. Foi elaborado um arcabouço conceitual e prognósticos para o cenário da Educação 5.0 em engenharia no Brasil a partir de ampla revisão bibliográfica. Para avaliar o cenário proposto foi realizada uma pesquisa Delphi com 41 especialistas da academia, indústria, setor de serviços e governo, em duas fases, para validar, revisar e aprimorar o cenário proposto. Esses resultados são apresentados neste artigo de forma sintética e a partir deles são propostas uma série de recomendações para a implementação da Educação 5.0 em engenharia no Brasil, abrangendo a educação em engenharia, pesquisa científica e políticas públicas e setoriais.

Palavras-chave: Educação 5.0, Educação em engenharia, Sistema educacional adaptativo, Educação 5.0, Educação em engenharia, Sistema educacional adaptativo

RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA EDUCAÇÃO 5.0 EM ENGENHARIA NO BRASIL

1 INTRODUÇÃO

O termo 4.0 tem sido empregado para designar o estágio tecnológico da presente década. Por outro lado, esta década também tem presenciado maior preocupação com as questões sociais e a sustentabilidade em sentido amplo, como expresso nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas apresentados em 2015 com metas para 2030. É dentro desse contexto que as atuais diretrizes curriculares nacionais (DCNs) para o ensino de engenharia foram instituídas em 2019 (BRASIL, 2019), visando formar com mais qualidade uma maior quantidade de engenheiros para fazer frente às demandas da indústria e da sociedade. A sociedade como um todo, a educação e a educação em engenharia sofreram fortes impactos com a pandemia de covid-19. Após a pandemia novos avanços tecnológicos como a disseminação das aplicações dos grandes modelos de linguagem (LLMs) de inteligência artificial (IA) continuam impactando fortemente a educação, mas infelizmente, acompanhados por conflitos armados e tensões geopolíticas em diversos pontos do planeta.

Se este é o cenário atual, que afeta a educação e em especial a educação em engenharia por ser a profissão que, por excelência, promove grande parte desse desenvolvimento tecnológico, como deverá ser a educação em engenharia na próxima década?

Estimam-se grandes avanços tecnológicos como comunicações 6G, computação quântica e avanços significativos em IA. Espera-se também avanços significativos quanto às questões de sustentabilidade e os ODS. Para responder e principalmente potencializar esses avanços também é necessário avançar na educação em engenharia.

Nesta pesquisa, ao longo dos últimos quatro anos, buscou-se olhar para a educação em engenharia na próxima década visando colimar ideais e princípios em favor de uma aprendizagem individualizada, multiator, centrada no aluno, baseada em competências, impregnada de um amplo senso de coletividade e sustentabilidade. Essa visão tem sido chamada de Educação 5.0.

Discutiu-se os principais aspectos da Educação 5.0 dentro do contexto brasileiro visando ajudar a estruturar, embora não padronizar, seu estabelecimento. Os primeiros resultados foram apresentados no COBENGE de 2022 (VALIANTE FILHO; KOFUJI; CARDOSO, 2022).

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa foi proposto um arcabouço conceitual para a Educação 5.0 em Engenharia e uma série de prognósticos para a educação em engenharia no Brasil para a década de 2030 com base em vasta revisão bibliográfica incluindo bases e mecanismos de pesquisa como IEEE Xplore, Scopus e Dimensions Analytics, além de legislação e regulação dos setores educacional e industrial e relatórios e publicações de organismos internacionais como Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e Fórum Econômico Mundial (WEF) e organismos nacionais como a Confederação Nacional da Indústria (CNI), Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) e a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE).

Esse arcabouço conceitual e os prognósticos foram submetidos à avaliação de um painel de especialistas oriundos da academia, indústria, setor de serviços e governo através de uma

pesquisa utilizando o método Delphi em duas fases permitindo aprofundar, validar e revisar cada um dos aspectos propostos para o futuro da educação em engenharia.

Com base na proposta elaborada a partir da literatura e da avaliação realizada pelos especialistas pode-se elaborar uma série de recomendações para a concretização do cenário da Educação 5.0 no contexto nacional nos âmbitos da educação em engenharia, da pesquisa científica em educação em engenharia e de políticas públicas e setoriais.

O objetivo e principal contribuição do presente artigo é apresentar uma síntese dessas recomendações para a implementação da Educação 5.0 em Engenharia no Brasil. A estrutura do artigo segue com uma visão geral da Educação 5.0 na seção 2, uma descrição concisa da pesquisa Delphi realizada na seção 3, culminando nas recomendações apresentadas na seção 4.

2 EDUCAÇÃO 5.0 EM ENGENHARIA

A Educação 5.0 em engenharia é prevista para a década de 2030 moldada pela disseminação e amadurecimento das tecnologias da Indústria 4.0, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU (ONU, 2015), à visão da Sociedade 5.0 japonesa (FUKUYAMA, 2018) e impulsionada pelas novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Engenharia no Brasil e toda a articulação realizada em torno de seu estabelecimento e implementação. Este novo paradigma educacional busca uma formação mais holística, centrada no ser humano e adaptada às necessidades individuais e coletivas.

O grande avanço da Educação 5.0 é promover a individualização do ensino, não no sentido de isolar o aluno, mas de atender tanto às suas potencialidades como às suas deficiências dentro de um coletivo. O suporte tecnológico, especialmente com o avanço da Inteligência Artificial (IA) rumo à chamada IA geral, será fundamental para viabilizar essa individualização. A integração de múltiplos atores como a indústria, o governo, o setor de serviços e a sociedade civil, além da academia, será crucial para definir as competências e prover recursos e experiências de aprendizagem relevantes.

A Educação 4.0 é caracterizada por ser centrada no aluno, personalizável de forma limitada, com foco em inovação e criatividade, e sem barreiras físicas ou geográficas, tendo provado essas características durante a pandemia de covid-19 e nos anos subsequentes.

A Educação 5.0 aprofunda esses aspectos considerando a individualização do ensino como objetivo central, tendo os sistemas baseados em IA como tecnologia habilitadora, o ensino baseado em competências como base e a interação contínua entre academia, sociedade, governo, indústria e setor de serviços como suporte.

2.1 O Papel da IA no Caminho para a Educação 5.0

A IA é um pilar fundamental da Educação 5.0. Núñez e Lantada (2020) descrevem a "educação em engenharia auxiliada por IA" destacando seu impacto na personalização do ensino, avaliação, tutoria e automação de tarefas administrativas. Eles enfatizam a necessidade de integrar a IA ao currículo de forma aplicada e com metodologias ativas, visando "universidades inteligentes" até 2030. Ling (2020) propõe uma reforma educacional impulsionada pela IA, centrada no estudante, individualizando o ensino e cultivando o pensamento inovador, com a IA apoiando o aprendizado mútuo, a análise de aprendizagem, a educação personalizada e o uso de tecnologias de realidade virtual.

A proliferação de IAs generativas na educação levanta preocupações éticas sobre autenticidade, vieses e precisão (CAMPBELL; JOVANOVIĆ, 2023; AHMAD; MURUGESAN; KSHETRI, 2023; MURUGESAN; CHERUKURI, 2023). A "alfabetização em IA" é crucial para educadores e estudantes (HAO; MIAO; YAN, 2021; RAMOS; SQUICCIARINI; LAMM, 2024; UNESCO, 2019, 2022), e o foco deve ser no uso ético e construtivo.

Kshetri (2023) aponta que a IA generativa pode aumentar o engajamento e a conclusão de cursos, mas ressalta que as habilidades sociais dos professores são insubstituíveis. Os modelos de avaliação devem migrar para abordagens processuais (MURUGESAN; CHERUKURI, 2023) e deve-se fomentar o uso de metodologias ativas. O desenvolvimento de IAs centradas no humano é fundamental, exigindo sistemas justos, transparentes e explicáveis (SHIN; AHMAD, 2023). A UNESCO (RAMOS; SQUICCIARINI; LAMM, 2024) e relatórios internacionais (Bengio et al., 2023, 2024) destacam a importância da ética e segurança da IA.

No Brasil, as discussões sobre a regulação da IA (ABC, 2023; SBC, 2024) evidenciam a preocupação com a "lacuna tecnológica" e a necessidade de formação qualificada, com a IA complementando, não substituindo, os professores. A adaptação da IA ao idioma e cultura locais também é de suma importância.

2.2 As Competências no Caminho para a Educação 5.0

A Educação 5.0 sinaliza uma transição de um modelo meramente baseado em conhecimentos para um modelo fundamentado em competências, incorporando o "saber fazer" e a inserção no contexto social. No Brasil, essa mudança tem sido impulsionada pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e por iniciativas em diversas escolas de engenharia. A Escola Politécnica da USP é um exemplo, tendo iniciado em 2024 um percurso por competências na engenharia elétrica, centrado na aprendizagem baseada em projetos (PBL) e com foco em competências como aprendizado autossuficiente, trabalho em equipe multidisciplinar, comunicação eficaz, modelagem e simulação, concepção de soluções inovadoras e desenvolvimento de projetos de engenharia (USP, 2024). O estabelecimento dessas competências deve envolver amplamente a academia, indústria, governo e sociedade.

O WEF (2023a) relaciona as habilidades futuras do trabalho com as da Educação 4.0 (e ao menos o início da 5.0), destacando as dez principais habilidades esperadas para 2027, que incluem pensamento analítico e criativo, conhecimentos em IA e big data, liderança, resiliência e alfabetização tecnológica (WEF, 2023b). O mapeamento e acompanhamento das competências demandarão padronização, com taxonomias como as propostas pelo WEF (2021).

A formação em engenharia baseada em competências implicará em menor especialização inicial e uma formação mais holística (MEI, 2015; LANTADA, 2020). As metodologias ativas são essenciais para desenvolver habilidades e atitudes, tornando o processo de ensino-aprendizagem dinâmico, evolutivo e personalizável. A compreensão do conceito e relevância das competências por parte do aluno é fundamental.

A OCDE (2019) define competências como a mobilização de conhecimento, habilidades, atitudes e valores em contextos complexos.

O ensino baseado em competências deve formar um ciclo abrangendo suas definições, construção de currículos e o uso de recursos e experiências educacionais, contando com avaliação em todas as etapas.

2.3 O Papel do Professor no Caminho para a Educação 5.0

O papel do professor na Educação 5.0 será transformado, não eliminado. Com o auxílio da tecnologia e da IA, o foco do professor se deslocará da transmissão de conteúdo e tarefas burocráticas para atividades de maior valor humano, como orientação de projetos, mentoria, devolutivas personalizadas e desenvolvimento das habilidades comportamentais dos alunos, utilizando os dados fornecidos pelos sistemas para guiar suas ações, além da curadoria de conteúdos. Seu foco será no relacionamento individual e em grupo com os alunos. A transmissão de conhecimentos e habilidades técnicas será mediada por sistemas e IA liberando o professor para se dedicar ao desenvolvimento amplo das competências dos estudantes. O tempo em sala de aula será majoritariamente dedicado ao desenvolvimento

dessas competências em contextos relevantes e empregando metodologias ativas. O trabalho burocrático será automatizado e a cooperação docente será impulsionada pelo dinamismo dos cursos e pela análise de dados fornecidos pelos sistemas. O professor também precisará de desenvolvimento contínuo de suas próprias competências.

2.4 Sistemas Educacionais Adaptativos 5.0

Sistemas educacionais adaptativos (AES) serão o pilar tecnológico da Educação 5.0. Eles precisarão ser abrangentes, lidando com múltiplas dimensões do processo educacional, e possivelmente atuar como um "sistema de sistemas". A interoperabilidade será garantida pelo uso de taxonomias e modelos de dados padronizados e abertos, permitindo a troca de informações entre diferentes instituições e setores. Esses modelos de dados devem contemplar competências (conhecimentos, habilidades e atitudes e valores), métricas de avaliação, perfis de alunos e professores, modelos de cursos e recursos e experiências educacionais. A IA será fundamental para lidar com a complexidade desses dados e proporcionar uma interface natural e personalizada. É imperativo que esses sistemas, construídos com IA geral, sejam explicáveis e transparentes. A integração com sistemas administrativos, segurança da informação e legislação como a LGPD são requisitos essenciais. A individualização da aprendizagem, o acompanhamento do desenvolvimento de competências e a interação fluida entre alunos, professores e outras partes interessadas serão viabilizados por esses sistemas. As diretrizes para implementação desses sistemas são apresentadas em (VALIANTE FILHO, 2025).

2.5 Educação 5.0 em Engenharia no Brasil: Um Cenário Esperançado

A implementação em larga escala da Educação 5.0 em engenharia no Brasil requer um esforço colaborativo entre professores, instituições, indústria, empresas, sociedade e governo para mapear competências, recursos educacionais e boas práticas. A OCDE (2019) instiga os engenheiros a refletirem sobre quais problemas devem ser resolvidos, o que demanda ampla colaboração para identificar problemas reais e significativos. O setor privado e o terceiro setor são parceiros cruciais, contribuindo com demandas e ampliando o acesso à educação em STEM. Essa integração é vital para enfrentar as múltiplas dimensões do desenvolvimento sustentável e a totalidade dos ODS.

Considerando que as instituições privadas predominam no ensino superior brasileiro, o governo deve zelar pela implementação efetiva das DCNs e fomentar a avaliação contínua. Universidades públicas têm um papel de catalisadores de boas práticas e qualidade, mas a colaboração entre redes pública e privada é imprescindível para atender às demandas quantitativas e qualitativas.

Os sistemas adaptativos para a Educação 5.0 devem ser desenvolvidos nacionalmente, ou ter partes significativas desenvolvidas no país, considerando peculiaridades de idioma, cultura, aspectos legais e privacidade de dados. Modelos de dados abertos são cruciais para interoperabilidade.

A Educação 5.0 possibilitará uma educação individualizada e uma avaliação contínua e holística. Na década de 2030, espera-se um cenário em que os conhecimentos sejam trabalhados de forma individual ou em pequenos grupos, enquanto o coletivo será focado no desenvolvimento de competências. Os cursos de engenharia poderão ter menor duração adaptando-se ao tempo necessário para atingir as competências. Disciplinas híbridas servirão como transição, e a educação a distância poderá suprimir barreiras geográficas e socioeconômicas. Intercâmbios e duplas diplomações tendem a se expandir, elevando a qualidade e relevância dos cursos. O desenvolvimento de novas tecnologias, com a participação das instituições de ensino de engenharia, e a realização de competições, concursos e hackathons serão cada vez mais integrados ao processo educacional.

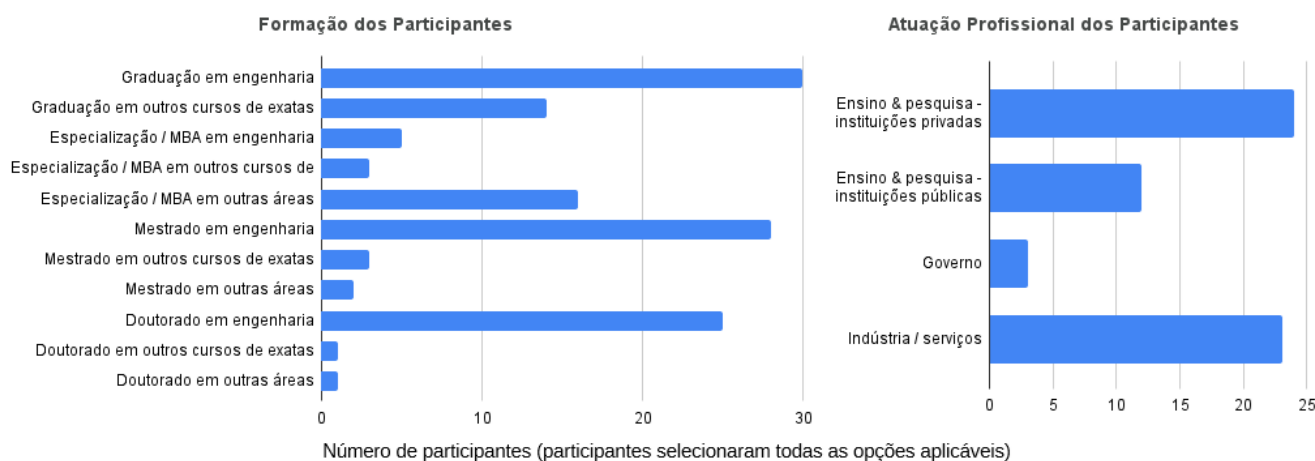
Deve haver o surgimento de cursos em novas áreas de engenharia mais transversais e uma diminuição das ênfases ou habilitações, com a especialização passando à formação continuada.

A Educação 5.0 em engenharia no Brasil visa escalar a quantidade de engenheiros formados com alta qualidade, respeitando as individualidades e as particularidades regionais. Isso requer não apenas a disponibilidade de sistemas adaptativos, mas também o mapeamento de competências, recursos educacionais e boas práticas, fomentando o trabalho colaborativo entre professores, instituições, indústria, empresas, sociedade e governo.

3 A PESQUISA DELPHI: A VOZ DOS ESPECIALISTAS

Para validar e refinar o arcabouço conceitual da Educação 5.0 em engenharia no Brasil, foi conduzida uma pesquisa utilizando o método Delphi, uma ferramenta de prospecção tecnológica que consulta um painel de especialistas de forma assíncrona e anônima (BRADY, 2015; CARDOSO et al., 2005). Nesta pesquisa o painel de especialistas foi composto por 41 profissionais com mais de 15 anos de atuação em engenharia. Foram ouvidos profissionais atuantes na academia, na indústria, no setor de serviços e governo, garantindo uma diversidade de perspectivas e enriquecendo a análise dos prognósticos. O perfil de formação e atuação profissional dos respondentes pode ser visto nos gráficos da Figura 1.

Figura 1 – Perfil dos respondentes da pesquisa Delphi



Fonte: os autores.

O questionário foi aplicado em duas fases. Na primeira fase buscou-se avaliar a concordância dos especialistas com o cenário para a década de 2030, as competências, o papel do professor e os sistemas de TIC para a Educação 5.0 e o cenário esperado para o Brasil. A maior parte das questões foram apresentadas utilizando-se a escala Likert e fornecendo espaços para comentários a cada bloco de perguntas. Algumas poucas questões foram feitas em formato aberto para se obter percepções mais livres e aprofundadas. A principal análise no método Delphi é qualitativa, valorizando-se muito os comentários, porém considerou-se também uma análise estatística para se estabelecer os pontos de consenso e dissenso permitindo aprofundar, validar e revisar cada um dos aspectos propostos para o futuro da educação em engenharia no Brasil. Os principais pontos de dissenso e muitos tópicos levantados nos comentários foram explorados na segunda fase do questionário.

Os resultados da pesquisa Delphi revelaram áreas de alto consenso, como a importância da engenharia para os ODS e vice-versa, bem como a necessidade de melhorar a qualidade dos engenheiros formados. Também identificaram pontos de divergência ou

preocupação, como a percepção de atraso do cenário tecnológico Brasil em relação a países desenvolvidos, inclusive com a percepção de que o cenário esperado para a década de 2030 para os países desenvolvidos deverá se concretizar no Brasil a partir da segunda metade da década de 2030. Outros pontos levantados foram a resistência de professores e instituições às mudanças e sobre déficit quantitativo de engenheiros, sendo o déficit qualitativo apontado como mais premente. A falta de políticas públicas adequadas também foi apontada como um fator crítico. O uso de IA e sistemas educacionais também mostrou nuances importantes.

Considerando-se as duas fases os especialistas forneceram 111 comentários que enriqueceram sobremaneira a pesquisa. A discussão com os especialistas foi fundamental para se refinar as recomendações apresentadas na próxima seção. A pesquisa Delphi encontra-se detalhada em (VALIANTE FILHO, 2025).

4 RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA EDUCAÇÃO 5.0 EM ENGENHARIA NO BRASIL

Com base na revisão da literatura e nas percepções dos especialistas obtidas pela pesquisa Delphi, são propostas as recomendações a seguir para a implementação da Educação 5.0 em engenharia no Brasil (VALIANTE FILHO, 2025). Ao implementar essas recomendações de forma integrada e colaborativa, o Brasil pode pavimentar o caminho para uma Educação 5.0 em engenharia que forme profissionais mais qualificados, inovadores, socialmente responsáveis e aptos a construir um futuro mais próspero e sustentável para o país.

4.1 Recomendações para a educação em engenharia

Múltiplos atores estiveram envolvidos na elaboração das DCNs e no início de sua implementação, abrangendo a academia, a indústria e o setor de serviços e o governo. Essa integração precisa ser mantida para fazer frente às demandas qualitativa e quantitativa por engenheiros, definir as competências necessárias e promover o ensino por competências, levar problemas e projetos reais para serem desenvolvidos na academia, além de promover a aprendizagem ao longo da vida (lifelong learning)

Essa integração deve acontecer do nível nacional ao local. O ensino de engenharia precisa se reaproximar da sociedade, da indústria e do setor de serviços de forma rápida e transformacional. Essa transformação pode tanto ser impulsionada como impulsionar o compartilhar de boas práticas e a constituição de parcerias entre diferentes instituições locais, regionais e mesmo internacionais.

Ao implantar um modelo efetivo de ensino por competência, estas precisam ter um olhar para o futuro e não apenas para o presente (ou passado). Trata-se de educar hoje para um amanhã que se transforma cada vez mais aceleradamente. A adoção do ensino baseado em competências requer também o emprego de metodologias ativas e problemas e projetos reais.

Os projetos de cursos devem efetivamente ter como ponto de partida as competências, com o projeto do currículo e o desenvolvimento e seleção de recursos e experiências educacionais adequados, com avaliação contínua e realimentação do processo, gerando cursos mais dinâmicos.

As competências precisam ser explicadas aos estudantes logo no início do curso. Os estudantes devem saber não apenas as competências que irão desenvolver, mas o que elas são, como foram estabelecidas e possíveis formas como serão trabalhadas. Com a possibilidade de uma formação cada vez mais personalizada, o aluno poderá escolher outras competências que quer desenvolver e precisará ter subsídios para tomar essa decisão.

A academia e os demais atores envolvidos também devem fomentar a criação e adoção de sistemas educacionais adaptativos para a educação 5.0, que utilizarão IA geral. Esse desenvolvimento pode ocorrer de forma progressiva e modular. É essencial que esses sistemas empreguem modelos de dados abertos para viabilizar a interoperabilidade. Também é essencial que esses sistemas tenham mecanismos de transparência, no contexto da IA explicável. No ensino de engenharia e na formação profissional de forma geral, a interação com os sistemas educacionais não será apenas através de dispositivos como notebooks e smartphones, mas poderá incluir equipamentos e instrumentos utilizando IoT, robôs, computação vestível, etc.

Devem ser criados bancos de recursos e experiências educacionais relevantes tanto do ponto de vista didático como de seu impacto social. É essencial que além de bancos de recursos e experiências privados, ou que requeiram licenciamento, também haja bancos de recursos e experiências educacionais abertos (REA).

As instituições de ensino de engenharia devem assumir uma postura mais colaborativa. A "individualidade" institucional será mais ressaltada com a educação 5.0 e haverá demanda por mais engenheiros. Essa colaboração dentro da academia e com os demais atores precisam ser em prol do desenvolvimento sustentável do país em todos os aspectos.

Essa parceria também será valiosa para treinar os professores atuais e futuros. As DCNs exigem programas continuados de formação de professores e isso deve ser feito considerando-se efetivamente o ensino baseado em competências. O desenvolvimento das competências dos professores na Educação 5.0 também deverá ser individualizado.

Conforme caminha-se para a implementação dessas mudanças, é provável que surgirá a necessidade de novas DCNs, muito embora as atuais já forneçam as bases regulatórias mais relevantes para a implementação da educação 5.0. Também se faz necessário um novo sistema de avaliação dos cursos de engenharia pois o existente ainda não está de acordo nem com o preconizado nas diretrizes atuais.

Outros avanços regulatórios também devem ocorrer para permitir currículos mais flexíveis, tanto em formato como em tempo, bem como cursos de graduação e pós-graduação mais interdisciplinares. Por exemplo, programas de pós-graduação em educação em engenharia (multidisciplinar) ou outras engenharias "transversais".

É esperado que os cursos de engenharia tenham reduzidas as habilitações existentes em favor de habilitações mais generalistas, ou novas engenharias mais transversais, além de ser possível rediscutir a carga horária e o tempo de duração dos cursos (semestres / anos), levando em conta a realidade do ensino fundamental brasileiro nessas discussões.

A atuação da ABENGE e de outras instituições precisa ser reforçada de forma a proporcionar a divulgação de boas práticas e o palco adequado para discussões de maior impacto, visando alcançar os professores, os empresários e os engenheiros que estão atuando na indústria e no setor de serviços.

É preciso (re)aproximar instituições como ABENGE, CNI, CREA, etc. Mas também é necessário incluir outras entidades e sociedades científicas da área de STEM como a SBC, por exemplo.

O déficit qualitativo na formação do engenheiro brasileiro hoje é mais premente do que o déficit quantitativo. Os especialistas ouvidos neste trabalho apontaram que primeiro, ou simultaneamente, é necessário fomentar a demanda na indústria e/ou setor de serviços e/ou infraestrutura, bem como fomentar o desenvolvimento de tecnologias nacionais e não apenas o uso de tecnologias importadas.

Deve haver uma nova aproximação da formação em engenharia com as humanidades. Ela não deve se limitar a empreendedorismo e gestão, mas deve contemplar principalmente a ética, abrangendo o exercício profissional, desenvolvimento e uso de IA e outras tecnologias e cidadania. O profissional de engenharia precisa ter maior consciência dos impactos social,

econômico e cultural de seus projetos e precisa ser capaz de considerar essas dimensões ao escolher os projetos em que irá trabalhar. A ética deve ser aplicada por todas as partes envolvidas no processo educacional. As instituições podem aprofundar essa integração com as humanidades ao incluir arte, filosofia e outros conhecimentos e habilidades das humanidades.

Deve se desenvolver uma cultura de aprendizado ao longo da vida para os novos e para os atuais profissionais de engenharia.

4.2 Recomendações para a pesquisa científica em educação em engenharia

Há um vasto campo de pesquisa sobre avaliação de competências dos estudantes, professores e profissionais formados, além de uma avaliação de cursos baseada em competências, da escala institucional à nacional.

Também é imprescindível avaliar a eficiência e o impacto social e econômico das mudanças conduzidas no processo educacional, considerando o dinamismo da educação e dos estudantes.

Avaliar a importância e o impacto do professor podem contribuir para uma revalorização da profissão docente.

Investigar os principais fatores de similaridades e diferenciação entre cursos de engenharia em níveis regional e nacional, bem como os diferentes perfis de curso existentes no país.

Harmonizar as taxonomias de competências propostas pelo WEF e outras instituições internacionais com aquelas apontadas nas DCNs e nos PPCs dos atuais cursos de engenharia.

As recentes mudanças implementadas no ensino médio já produzem reflexos nos ingressantes do ensino superior. Pode-se investigar a mudança no perfil dos estudantes e de que forma isso impacta e contribui para a educação 5.0. Idem para muitas iniciativas recentes de promoção das áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática no ensino básico.

O desenvolvimento de sistemas educacionais adaptativos 5.0 irá requerer:

- o estabelecimento de modelos de dados abertos;
- avanços em modelos de IA geral adequados ao(s) nosso(s) idioma(s) e cultura(s);
- especificação, desenvolvimento, teste e avaliação de sistemas educacionais adaptativos para a educação 5.0 de forma progressiva e modular, seja integrando a sistemas existentes (módulos), seja como novos sistemas;
- especificação, desenvolvimento, teste e avaliação de outras ferramentas educacionais para o contexto tecnológico 5.0 incluindo robótica avançada, tecnologias quânticas, etc.;
- Colaboração com outras áreas do conhecimento como educação, medicina e neurociência para a correta especificação e desenvolvimento de sistemas mais eficientes.

4.3 Recomendações para políticas públicas e setoriais

É urgente que o país adote efetivamente um planejamento estratégico para a educação, ciência, tecnologia e indústria. Apesar do país ter adotado os ODS como política pública e incluído em sua legislação, percebe-se a falta de um planejamento estratégico nacional para o desenvolvimento sustentável em um sentido amplo. Também é necessária uma maior coordenação e articulação entre as iniciativas já existentes. Isso deve refletir e ser refletido em políticas públicas e setoriais para indústria, serviços e Ciência e Tecnologia. Também deve haver iniciativas da indústria, do setor de serviços e da sociedade civil organizada em prol do desenvolvimento sustentável e da educação.

Quando este artigo foi escrito o país discutia políticas públicas para o desenvolvimento e regulamentação da IA e uma nova proposta para avaliação do ensino superior. Também contava com uma nova política industrial nacional ancorada na economia verde e na neoindustrialização, publicada recentemente junto com seu primeiro plano de ação. No entanto, faz-se necessário ações práticas, efetivas e escaláveis, com contrapartidas de investimento do setor privado e maior envolvimento da academia. É preciso encorajar e desburocratizar a parceria entre academia e setor privado em benefício da sociedade. Sociedade esta que também precisa demonstrar maior envolvimento com o tema. As ações precisam ser articuladas e os resultados visibilizados, com seus impactos avaliados e devidamente comunicados à sociedade para que se perceba o valor da ciência, tecnologia e inovação para o país e se produza uma mudança cultural nesse sentido.

Toda política pública e setorial para a indústria, ciência e tecnologia precisa incluir a educação. Sem isso o país não reverterá a situação de déficit tecnológico em que se encontra. Trata-se, portanto, de uma questão de soberania ou, ao menos, autonomia tecnológica.

Também é necessário investir na infraestrutura necessária para esse desenvolvimento industrial e tecnológico, que além de questões energéticas, de telecomunicações e de transporte, passa por equipamentos e laboratórios científicos de porte, centros de inovação, incubadoras e parques tecnológicos, datacenters e computadores de alto desempenho, etc.

É preciso fomentar novas tecnologias que resolvam os grandes problemas brasileiros e que possibilitem que o país fique em linha com o estado da arte da tecnologia mundial.

Reitera-se que políticas e ações na educação não devem se limitar ao ensino superior, mas devem considerar toda a educação básica e a articulação entre os diversos níveis de ensino, da educação infantil à pós-graduação.

Também são urgentes iniciativas que promovam a alfabetização em tecnologia da informação (TI) e IA para toda a população.

A criação e adoção de sistemas educacionais adaptativos deve ser encorajada. Esses sistemas devem ser construídos sobre modelos de IA geral treinados em português, com dados locais, "dentro da cultura brasileira" e contribuindo para a economia do país. Em outras palavras, zelando pela soberania de dados do país. A legislação e/ou regulação pertinentes quanto a dados, IA, informática e educação demandarão ser atualizadas.

Um ecossistema de alta tecnologia pode ser construído visando o desenvolvimento sustentável e o progresso educacional. Além desse alcance nacional, esse ecossistema pode abranger tanto outros países de língua portuguesa, como outros países da América do Sul, devido às proximidades culturais ou regionais.

AGRADECIMENTOS

Aos especialistas que participaram da pesquisa Delphi contribuindo de maneira inestimável para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **Recomendações para o avanço da inteligência artificial no Brasil**: GT-IA da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, RJ, 2023.
AHMAD, N.; MURUGESAN, S.; KSHETRI, N. Generative Artificial Intelligence and the Education Sector. **Computer**, v. 56, n. 6, p. 72–76, 1 jun. 2023.
BENGIO, Y. et al. **Capabilities and risks from frontier AI**: a discussion paper on the need for further research into AI risk. In: AI SAFETY SUMMIT, London, Oct. 2023. London: Department for Science, Innovation and Technology, 2023.

- BRADY, S. R. Utilizing and adapting the Delphi method for use in qualitative research. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 14, n. 5, 1 dez. 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. **RESOLUÇÃO Nº 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, 2019.
- CAMPBELL, M.; JOVANOVIĆ, M. Detecting Artificial Intelligence: A new cyberarms race begins. **Computer**, v. 56, n. 8, p. 100–105, 1 ago. 2023.
- CARDOSO, L. R. de A. et al. Prospecção de futuro e método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 3, p. 63–78, jul. 2005.
- FUKUYAMA, M. Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. **Japan Spotlight**, v. 27, n. 5, p. 47–50, 2018.
- HAO, Z.; MIAO, E.; YAN, M. Research on school principals' willingness to adopt artificial intelligence education and related influencing factors. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATIONAL INNOVATION THROUGH TECHNOLOGY, 10th, 2021, Chongqing, China. **EITT: proceedings**. [Piscataway]: IEEE, 2021. DOI 10.1109/EITT53287.2021.00076. p. 356-361.
- KSHETRI, N. The Economics of Generative Artificial Intelligence in the Academic Industry. **Computer**, v. 56, n. 8, p. 77–83, 1 ago. 2023.
- LANTADA, A. D. Engineering education 5.0: Continuously evolving engineering education. **International Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 6, p. 1814–1832, 2020.
- LING, X. Research on University Education Reform in the Era of Artificial Intelligence. Proceedings - 2020 International Conference on Information Science and Education, ICISE-IE 2020. **Anais**. IEEE, 2020.
- MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA INOVAÇÃO. **Fortalecimento das Engenharias**. Confederação Nacional da Indústria. Brasília: CNI, 2015.
- MURUGESAN, S.; CHERUKURI, A. K. The Rise of Generative Artificial Intelligence and Its Impact on Education: The Promises and Perils. **Computer**, v. 56, n. 5, p. 116–121, 1 maio 2023.
- NÚÑEZ, J. L. M.; LANTADA, A. D. Artificial intelligence aided engineering education: state of the art, potentials and challenges. **International Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 6, p. 1740–1751, 2020.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Future of education and skills 2030** – Conceptual learning framework – Attitudes and values for 2030. Paris, 2019a. Disponível em: www.oecd.org/education/2030-project/learning/attitudes-and-values.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 3 jul. 2022.
- RAMOS, G.; SQUICCIARINI, M.; LAMM, E. Making AI ethical by design: The UNESCO Perspective. **Computer**, v. 57, n. 2, p. 33–43, 1 fev. 2024.
- SHIN, D.; AHMAD, N. Algorithmic nudge: An approach to designing human-centered generative artificial intelligence. **Computer**, v. 56, n. 8, p. 95–99, 1 ago. 2023.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. **Plano de Inteligência Artificial da Sociedade Brasileira de Computação**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2024. 20 p. DOI 10.5753/sbc.rt.2024.141.
- UNESCO. **Artificial intelligence in education**: challenges and opportunities for sustainable development. Working papers on education policy 07. Paris: UNESCO, 2019.
- UNESCO. **Currículos de IA para a educação básica**: Um mapeamento de currículos de IA aprovados pelos governos. Paris: UNESCO, 2022.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. **Percurso competências da engenharia elétrica da escola politécnica da USP**. 2024. Disponível em: <<https://hml.poli.usp.br/percursosporcompetencias>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

VALIANTE FILHO, F. **Educação 5.0 em engenharia**. 177 páginas. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

VALIANTE FILHO, Filippo; KOFUJI, Sergio Takeo; CARDOSO, José Roberto. Um panorama da educação 4.0 e o caminho para a educação 5.0. In: 50º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Cobenge). **Anais**. Online. 2022. Disponível em: https://www.abenge.org.br/sis_artigos.php?cod_trab=3989. Acesso em: 22 jun. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Building a common language for skills at work: A global taxonomy**. Geneva, jan. 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Defining Education 4.0: A taxonomy for the future of learning**. Geneva, jan. 2023a.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Future of Jobs Report - 2023**. Geneva: World Economic Forum, 2023b.

RECOMMENDATIONS FOR IMPLEMENTING EDUCATION 5.0 IN ENGINEERING IN BRAZIL

Abstract: *Education 5.0, projected for the 2030s, aims to individualize the education of students within a collective setting, supported by information technology systems based on artificial intelligence and other advanced technologies. It considers education to be effectively based on competencies and employs active learning methodologies to deliver quality education. A conceptual framework and prognoses for the scenario of Education 5.0 in engineering in Brazil were developed based on an extensive literature review. To evaluate the proposed scenario, a survey was conducted using the Delphi method, consulting 41 experts from academia, industry, the service sector, and government, in two phases, to validate, review, and improve the proposed scenario. These results are synthetically presented in this paper, and based on them, a series of recommendations are proposed for the implementation of Education 5.0 in engineering in Brazil. These recommendations encompass engineering education, scientific research in engineering education, and public and sectoral policies.*

Keywords: *education 5.0, engineering education, adaptive educational system.*

