

ADRIANA MARIA TONINI
ORGANIZADORA E AUTORA

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA NO SÉCULO XXI

FORMAÇÃO E ATUAÇÃO PROFISSIONAL

Realização:



Patrocínio





Larissa Rodrigues Ribeiro Pereira
Diretora Comercial

Winstom Erick Cardoso Pereira
Diretor Administrativo

CONSELHO EDITORIAL

ACADÊMICO

Prof. Me. Adriano Cielo Dotto (Una Catalão)
Prof. Dr. Aguinaldo Pereira (IFRO)
Profa. Dra. Christiane de Holanda Camilo (UNITINS/UFG)
Prof. Dr. Dagoberto Rosa de Jesus (IFMT)
Profa. Me. Daiana da Silva da Paixão (FAZAG)
Profa. Dra. Deise Nanci de Castro Mesquita (Cepae/UFG)
Profa. Me. Limerce Ferreira Lopes (IFG)
Profa. Dra. Márcia Gorett Ribeiro Grossi (CEFET-MG)
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos (FAQ)
Profa. Dra. Maria Adélia da Costa (CEFET-MG)
Profa. Me. Patrícia Fortes Lopes Donzele Cielo (Una Catalão)
Profa. Dra. Rita de Cassia de Oliveira Reis (Cepae/UFG)
Profa. Dra. Rosane Castilho (UEG)
Prof. Dr. Ulysses Rocha Filho (UFCAT)

CONSULTIVO

Nelson José de Castro Peixoto
Núbia Vieira
Welima Fabiana Vieira Borges

Adriana Maria Tonini

Organizadora e Autora

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA NO SÉCULO XXI

Formação e atuação profissional

1ª edição

Goiânia - Goiás
Editora Alta Performance
- 2025 -

Copyright © 2025 by
Adriana Maria Tonini

Editora Alta Performance

Rua 128, nº 67, Qd. F-29, Lt. 05, 2º Andar - Sala 03
Setor Sul - CEP 74.093-100 - Goiânia/Goiás
CNPJ: 21.538.101/0001-90
Site: <http://editoraaltaperformance.com.br/>

Contatos:

Larissa Pereira - (62) 98230-1212

Editoração: Franco Jr.

Revisão ortográfica e ABNT: Doralice Jacomazi

Imagem da capa: Vecteezy_Titima Ongkantong

CIP - Brasil - Catalogação na Fonte

Dartony Diocen T. Santos CRB-1 (1º Região) 3294

ED24 Educação em engenharia no século XXI: formação e atuação profissional.
/ Adriana Maria Tonini (Org.). – 1ª ed. – Goiânia: Editora Alta Performance,
2025. [E-Book]

406p.: il.

ISBN: 978-65-5447-381-1

DOI geral: 10.293275676828

1. Educação. 2. Engenharia. 3. Formação. 4. Atuação. 5. Profissão. I. Título.

CDU: 62

O conteúdo da obra é de responsabilidade dos autores.

DIREITOS RESERVADOS

É proibida a reprodução total ou parcial da obra, de qualquer forma ou por qualquer meio, sem a autorização prévia e por escrito dos autores. A violação dos Direitos Autorais (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	8
--------------------	---

TEXTO INSTITUCIONAL.....	10
--------------------------	----

GESTÃO DA APRENDIZAGEM NA ENGENHARIA: ENTRE A REGULAÇÃO DAS COMPETÊNCIAS E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA.....	11
---	-----------

Karina Bradaschia Rocha

Marcello Nitz da Costa

Rafael Hauckewitz Todaro

Vinícius da Silva Carvalho

FORMANDO ENGENHEIROS PARA A SOCIEDADE 5.0: COMUNIDADES DE APRENDIZAGEM, DIVERSIDADE E METODOLOGIAS ATIVAS NO CURRÍCULO INTEGRADO COM O CAPSTONE	47
--	-----------

André Luiz Maciel Santana

Luciano Pereira Soares

Angélica Turaça

Carlos Magno de Oliveira Valente

Fabiana Oliveira Paixão Fernandes

Fábio Roberto de Miranda

Franco Henrique Moro

Gabriel Couto Mantese

Guy Cliquet do Amaral Filho

Igor Vac Coelho

Fabício Jailson Barth

Lucas Falcão Artacho

Licia Sales Costa Lima

Luciana Campos Lima

Rafael Amoroso Marzolla

Romero Tori

**REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA:
POSSIBILIDADES PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.....106**

*Luciano Andreatta Carvalho da Costa
Marcondes Moreira de Araujo*

**CRIAÇÃO DE METODOLOGIAS DE ENSINO A PARTIR DA
APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS.
ESTUDO DE CASO: MÉTODO SBCB.....150**

*Gisele Maria Ribeiro Vieira
Cristiane M. B. Bacaltchuk
Gilberto A. Castello Branco
Cíntia M. Oliveira
Mônica Roberta Silva
Dagmar Silva Pinto de Castro
Caminhos da Psicanálise
Clovis Pinto de Castro
Caminhos da Psicanálise*

**O IMPACTO DAS DCNs DE ENGENHARIA NA CONCEPÇÃO DE
CURSOS DE GRADUAÇÃO NA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP191**

*Moura, R. T.
Rebder, G. P.
LyMBERopoulos, A.
Fernandes da Silva, E. C.
Fagundes, P. L.
Kuhl, N. M.
Higa, R.
Brandão, L. O.
Seckler, M. M.
Kurokawa, F. A.
Seabra, A. C.
Kawano, A.*

**ENGENHARIA COMEÇA NA EDUCAÇÃO BÁSICA INSPIRAÇÕES
PARA UM FUTURO INOVADOR.....222**

*Roseli de Deus Lopes
André Luiz Maciel Santana
Valkiria Venancio
Angélica Turaça
Elio Molisani Ferreira Santos
Lucas Ribeiro Mata
Irene Karaguila Ficheman*

**LA MATEMÁTICA COMO PUENTE EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UNA EXPERIENCIA COLABORATIVA ENTRE ARGENTINA Y BRASIL.....257**

María Beatriz Bouciguez

Eloiza Gomes

Juliana Martins Philot

Mariano Ferreyro

**PERSPECTIVA METODOLÓGICA FORMATIVA E A EDUCAÇÃO EM
ENGENHARIA: PERCEPÇÃO DOS EGRESSOS284**

Louise Miron Roloff

Graziela Fátima Giacomazzo

Maria do Carmo Duarte Freitas

**FORMAÇÃO E ATUAÇÃO PROFISSIONAL DO ENGENHEIRO:
DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA INDÚSTRIA 4.0299**

Edson Pedro Ferlin

**COMPETÊNCIAS NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:
UMA PROPOSTA ALINHADA ÀS DCNS E PERCEPÇÕES DE EGRESSOS319**

Fernanda Barreto de Almeida Rocha Mariz

Ariadny de Sousa Pereira

Sandra Rufino

Ciliana Regina Colombo

Werner Kleyson da Silva Soares

Fernanda Heloah dos Santos Silva

**A ABORDAGEM CTSA NOS CURSOS DE ENGENHARIA DO
CEFET-MG: UMA ANÁLISE DOCUMENTAL DOS PROJETOS
PEDAGÓGICOS DE CURSO351**

Maria Adélia da Costa

Wilson Antonio da Silva

Ana Cecília Estevão

**ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO & TIC: LUGAR DE ATUAÇÃO
PROFISSIONAL DA MULHER NO SÉCULO XXI369**

Antonio Claudio Jorge da Silveira

Adriana Maria Tonini

**INCLUSÃO NA ENGENHARIA: UMA PERSPECTIVA INTERSECCIONAL
SOBRE A FORMAÇÃO E ATUAÇÃO PROFISSIONAL NO BRASIL393**

Raquel Quirino

APRESENTAÇÃO

A formação em engenharia sempre esteve no centro das grandes transformações econômicas e tecnológicas do país. Mas, diante de desafios inéditos – como transição energética, cidades inteligentes, inteligência artificial, sustentabilidade e inclusão – a educação em engenharia precisa se reinventar com a mesma ousadia que sempre marcou o espírito inovador da área.

Como presidente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), vejo diariamente o impacto da engenharia na vida das pessoas. Atuamos na fronteira entre ciência e aplicação, transformando conhecimento técnico em soluções para os grandes desafios do país – da infraestrutura à sustentabilidade, da digitalização à segurança hídrica. E, nesse caminho, reafirmamos uma certeza: nenhum avanço tecnológico acontece sem gente preparada. Por isso, a formação de engenheiros não é apenas um tema educacional – é uma questão estratégica para o desenvolvimento do Brasil.

Este livro é mais do que uma coletânea de artigos. É um retrato do esforço nacional por uma engenharia mais conectada às demandas do século XXI. São experiências didáticas, reflexões curriculares e propostas metodológicas que tratam desde a educação básica até a formação superior, da equidade de gênero à inclusão digital, da interdisciplinaridade às competências profissionais para o futuro.

Ao reunir artigos de várias regiões do país, com diferentes abordagens e vozes, a obra reafirma que a educação em engenharia não é uma discussão restrita às salas de aula. É um projeto de nação. E como tal, exige articulação entre academia, setor produtivo e instituições públicas.

Ao longo dos capítulos, é possível observar como a inovação na formação do engenheiro exige, cada vez mais, uma visão sistêmica. Não se trata apenas de dominar técnicas ou ferramentas, mas de compreender contextos, antecipar tendências e atuar de forma ética e colaborativa. Os profissionais do futuro precisarão ser ao mesmo tempo especialistas e integradores – com repertório técnico sólido e sensibilidade social.

Também é necessário garantir que a engenharia dialogue com a diversidade do Brasil. As trajetórias formativas precisam ser mais inclusivas, considerando gê-

nero, raça, território e condições socioeconômicas. O país não pode desperdiçar talentos. Precisamos garantir que jovens de todas as regiões, de escolas públicas e privadas, tenham acesso a uma formação de excelência e oportunidades concretas de atuação.

Por fim, este livro é uma convocação. Para que instituições, professores, estudantes, gestores e empresas olhem juntos para o futuro da engenharia. Um futuro que será, inevitavelmente, construído a muitas mãos – com conhecimento, ousadia e responsabilidade. Que esta obra inspire novas práticas, novas conexões e uma nova geração de engenheiros prontos para servir ao Brasil.

Anderson Ribeiro Correia

Presidente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

Ex-reitor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

TEXTO INSTITUCIONAL

O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea) tem a missão de zelar pela sociedade e pelo desenvolvimento sustentável, por meio da valorização, fiscalização e fortalecimento das profissões da Engenharia, da Agronomia e das Geociências.

Como entidade máxima do Sistema Confea/Crea e Mútua, o Confea integra e coordena um conjunto de conselhos regionais, sindicatos e entidades de classe que atuam de forma colaborativa, sempre pautados pela ética e pela responsabilidade profissional, em benefício da sociedade brasileira.

Entre as ações estratégicas, destaca-se a política de patrocínio institucional, que incentiva projetos técnicos, científicos e culturais voltados à disseminação de conhecimento, inovação, preservação da memória e fortalecimento do exercício profissional.

Um exemplo desse compromisso é o livro *Educação em Engenharia no Século XXI: Formação e Atuação Profissional*, publicado pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge). Reunindo especialistas de diversas áreas, a coletânea apresenta uma análise abrangente e propõe estratégias pedagógicas voltadas a atender às demandas contemporâneas, formando profissionais capazes de contribuir de maneira significativa para o desenvolvimento tecnológico, econômico e social do país.

Ao apoiar iniciativas como esta, o Confea reafirma seu papel institucional em prol da sociedade, fortalecendo o desenvolvimento científico, tecnológico e social, em alinhamento com os desafios contemporâneos e com os princípios que norteiam as profissões que integram o Sistema.

Vinicius Marchese
Presidente do Confea

GESTÃO DA APRENDIZAGEM NA ENGENHARIA: ENTRE A REGULAÇÃO DAS COMPETÊNCIAS E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

Karina Bradaschia Rocha¹

Marcello Nitz da Costa²

Rafael Hauckewitz Todaro³

Vinícius da Silva Carvalho⁴

Introdução

A avaliação educacional tem passado por transformações significativas ao longo das últimas décadas, impulsionadas por novas abordagens teóricas e metodológicas. Em 1989, Guba e Lincoln introduziram no campo da avaliação a chamada “quarta geração”, que rompe com a visão positivista tradicional e enfatiza a natureza contextual, negociada e interativa dos processos avaliativos. Essa abordagem questiona a presunção de objetividade na avaliação, destacando como diferentes valores e interesses influenciam a escolha das questões, métodos e interpretações dos resultados. Além disso, aponta que, muitas vezes, a avaliação é vista pelos gestores apenas como uma ferramenta estratégica, negligenciando seu potencial para promover aprendizado e transformação.

No contexto educacional, essas reflexões ganham força à medida que a avaliação deixa de ser um simples instrumento de medida de desempenho e se torna um mecanismo ativo de aprendizagem. Modelos como a avaliação participativa e cola-

¹ Instituto Mauá de Tecnologia - IMT.

² Instituto Mauá de Tecnologia - IMT.

³ Instituto Mauá de Tecnologia - IMT.

⁴ Instituto Mauá de Tecnologia - IMT.

borativa, desenvolvidos a partir da proposta de Guba e Lincoln, reforçam a importância do envolvimento dos diversos atores no processo avaliativo. Mais do que um campo restrito a especialistas, a avaliação deve ser um espaço dialógico e formativo, permitindo que estudantes, professores e gestores influenciem o desenho das práticas avaliativas e utilizem seus resultados para aprimorar o ensino e a aprendizagem.

Especialmente no ensino superior de engenharia, a gestão de aprendizagem desempenha um papel crucial tanto para professores quanto para estudantes, pois permite identificar se os conhecimentos, habilidades e atitudes desenvolvidos ao longo do curso estão, de fato, preparando os futuros engenheiros para resolver problemas complexos, tomar decisões fundamentadas e atuar com responsabilidade técnica e social.

Historicamente, a educação em engenharia foi estruturada em uma abordagem centrada no ensino técnico, priorizando a transmissão de conteúdos e o desenvolvimento de habilidades específicas da área. Oliveira e Campos (2023) ressaltam que o modelo educacional tradicional da engenharia é caracterizado por uma visão na qual o professor é o centro do processo de ensino e aprendizagem, enquanto os estudantes assumem um papel passivo.

Contudo, diante das mudanças impulsionadas pela Indústria 4.0 e das novas exigências do mercado de trabalho, torna-se essencial um modelo educacional que vá além da simples aquisição de conhecimento técnico. É necessário desenvolver competências como pensamento crítico, resolução de problemas complexos e colaboração interdisciplinar.

Oliveira e Campos (2023) defendem a necessidade de uma transição desse paradigma, enfatizando que a formação dos engenheiros deve ir além da transmissão de conhecimento técnico, incorporando o desenvolvimento de competências socioemocionais, técnicas, socioambientais e humanas.

Essa atenção é fundamental diante de um cenário preocupante: segundo dados do Censo da Educação Superior, entre 2015 e 2022, os cursos de engenharia registraram taxas médias de evasão superiores a 40% em muitas instituições públicas e privadas. Tal realidade evidencia a necessidade de estratégias que integrem avaliação da aprendizagem, acompanhamento contínuo e gestão pedagógica para garantir que mais estudantes não apenas ingressem, mas concluam com êxito sua formação em engenharia.

Seguindo essa perspectiva, a avaliação educacional nos cursos de engenharia tem evoluído para garantir a qualidade e a efetividade do processo de ensino-aprendizagem. No Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), essa evolução se manifesta

na implementação do Ciclo de Gestão de Aprendizagem (CGA), que reorganiza os processos pedagógicos e desloca o foco para o acompanhamento das aprendizagens fundamentais adquiridas pelos estudantes. Inspirado em uma visão integradora da avaliação, o CGA não apenas mensura resultados, mas também identifica lacunas, promove devolutivas estruturadas e implementa ações para aprimorar a aprendizagem.

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de Engenharia reforçam a necessidade dessa abordagem, estabelecendo que os currículos devem priorizar o desenvolvimento de competências. No capítulo III, inciso VIII, é determinado que a gestão da aprendizagem deve estar presente nos projetos pedagógicos, contemplando processos de autoavaliação, instrumentos diagnósticos, elaboração de planos de ação para melhoria da aprendizagem e definição clara de responsabilidades e governança.

Além de estar prevista nas Diretrizes Curriculares Nacionais, a gestão da aprendizagem também será objeto de atenção nas Avaliações de Curso conduzidas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), autarquia vinculada ao Ministério da Educação (MEC). Conforme detalhado nos instrumentos de avaliação mais recentes (Brasil, 2025), espera-se que as instituições demonstrem a existência de um Programa de Gestão da Aprendizagem estruturado, com intervenções curriculares e mecanismos de aferição periódica capazes de identificar lacunas no percurso formativo. Esse programa deve ainda contemplar o monitoramento contínuo das intervenções pedagógicas, com base nos resultados de aprendizagem dos estudantes.

Os procedimentos avaliativos também exigem que o Núcleo Docente Estruturante (NDE), os coordenadores e os setores de apoio psicopedagógico utilizem ferramentas analíticas para acompanhar o progresso dos alunos, subsidiando ações formativas e a melhoria dos planos de ensino. Assim, a gestão da aprendizagem deixa de ser apenas uma boa prática institucional e passa a ser critério fundamental de qualidade nos processos de regulação e supervisão da educação superior brasileira.

Nesse sentido, o CGA propõe colocar a aprendizagem do estudante no centro da organização acadêmica e exigindo uma análise sistemática dos resultados e das competências desenvolvidas. Essa transição do foco no ensino para a centralidade da aprendizagem exige a reformulação dos currículos a partir de objetivos de aprendizagem claros, mensuráveis e observáveis. A partir disso, é fundamental investir na formação docente, de modo que os professores desenvolvam práticas pedagógicas alinhadas a esses objetivos e sejam capazes de construir instrumentos avaliativos

coerentes, que possibilitem aos estudantes demonstrarem sua capacidade de mobilizar e aplicar conhecimentos em contextos reais, complexos e desafiadores.

Diante desse cenário, este capítulo tem como objetivo apresentar os fundamentos teóricos e metodológicos do Ciclo de Gestão da Aprendizagem (CGA) implementado no Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), destacando seu papel na articulação entre currículo, avaliação e intervenção pedagógica. A proposta é demonstrar como o CGA contribui para a construção de uma cultura institucional focada na aprendizagem, no desenvolvimento de competências e na melhoria contínua do ensino. Para isso, o capítulo será estruturado em três eixos principais: (1) as bases conceituais que sustentam o modelo, (2) a metodologia de implementação junto aos docentes e coordenadores, e (3) os resultados observados a partir da aplicação prática do ciclo em disciplinas da engenharia, evidenciando seus impactos na formação dos estudantes e na atuação docente.

1. O contexto do ciclo de gestão da aprendizagem

1.1 Bases teóricas e conceituais

A transição de currículos tradicionais, centrados na simples transmissão de conteúdos, para modelos orientados por competências e habilidades tem se consolidado como uma resposta às exigências contemporâneas da formação superior, impulsionada por transformações sociais, tecnológicas e culturais. Essa mudança representa não apenas uma atualização metodológica, mas uma redefinição profunda do papel da educação no desenvolvimento de profissionais capazes de atuar em contextos incertos, dinâmicos e interdisciplinares.

No entanto, essa transição tem representado um desafio significativo para os docentes, que precisam ressignificar suas práticas pedagógicas. Um currículo por competências pressupõe a articulação entre conhecimentos, habilidades, atitudes e valores em contextos significativos, permitindo que o estudante mobilize saberes em situações reais e complexas (Zabala; Arnau, 2010; Roegiers, 2010). Isso rompe com a lógica fragmentada e conteudista, exigindo a reconstrução dos objetivos educacionais com base em resultados de aprendizagem claros, observáveis e avaliáveis.

Nesse processo, torna-se fundamental compreender a distinção entre os conceitos de competência e habilidade, que, ainda se torna confusa na prática docente (Marinho-Araujo e Rabelo, 2015). Na dimensão da gestão de aprendizagem do IMT, consideramos as competências à capacidade de mobilizar e articular conhecimentos

diante de situações análogas, desenvolvendo-se progressivamente por meio da prática e da experiência (Perrenoud *et al.*, 2002). Complementarmente, Giansesi, Massi e Mallet (2020) conceituam habilidades como descrições mais específicas, que orientam o percurso de aprendizagem e delimitam os conteúdos e atitudes necessários para atingir determinados objetivos. Esses objetivos, por sua vez, são definidos por meio de verbos operacionais no infinitivo, que indicam a ação esperada e os conhecimentos que a sustentam.

Nesse sentido, o ensino superior precisa assegurar não apenas uma base conceitual consistente, mas também condições para a efetiva operacionalização das competências e habilidades no cotidiano acadêmico. Isso implica a criação de experiências formativas intencionais, com metodologias ativas e instrumentos avaliativos coerentes, que permitam aos estudantes aplicar o que aprendem em contextos autênticos. Como defendem Perrenoud *et al.* (2002), desenvolver competências implica oferecer desafios reais, que estimulem a reflexão, a autonomia e a transferência de saberes.

No contexto brasileiro, autores como Marinho-Araujo e Rabelo (2015) e Dias Sobrinho (2008) reforçam que essa mudança curricular deve estar ancorada em um projeto pedagógico comprometido com a formação integral, crítica e ética. Nesse projeto, a avaliação desempenha um papel central – não como simples medição de desempenho, mas como processo formativo, dialógico e reflexivo, capaz de orientar tanto a aprendizagem dos estudantes quanto a prática dos professores.

Como sintetiza Perrenoud (1999, p. 9), avaliar é mais do que atribuir notas; é participar da construção de trajetórias:

“Avaliar é – cedo ou tarde – criar hierarquias de excelência, em função das quais se decidirão a progressão no curso seguido, a seleção no início do secundário, a orientação para diversos tipos de estudos, a certificação antes da entrada no mercado de trabalho e, frequentemente, a contratação.”

Essa visão reforça a responsabilidade ética e pedagógica envolvida nos processos avaliativos, especialmente em currículos baseados no desenvolvimento de competências. Ainda segundo Perrenoud (1999), os processos de avaliação não se limitam à mensuração do desempenho, mas expressam uma determinada concepção de mundo e de ensino, ao valorizarem formas específicas de excelência e configurarem, de maneira implícita ou explícita, um modelo ideal de estudante, que pode ser concebido como disciplinado e aplicado, ou, em outra perspectiva, como autônomo e criativo.

Nesse contexto, a avaliação deixa de ser um mecanismo neutro e passa a ocupar lugar estratégico na mediação entre ensino e aprendizagem. Para Luckesi (2014), ao acompanhar continuamente o progresso dos estudantes, os professores têm a possibilidade de ajustar suas estratégias pedagógicas e de intervir de maneira formativa sempre que identificarem desvios que comprometem o processo de aprendizagem. Já para os estudantes, a avaliação torna-se um espaço de autorreflexão, permitindo que reconheçam seus limites, avancem em suas dificuldades e construam uma compreensão mais consciente e autônoma do próprio percurso formativo.

Essa perspectiva dialógica e crítica é reforçada por Marinho-Araujo e Rabelo (2015, p. 447), ao afirmarem que

“mudanças pedagógicas realizadas na última década nas diretrizes curriculares da educação superior vêm sinalizando a necessidade da investigação educacional pautar-se nos indicadores da trajetória de formação educativa, expressa em competências, habilidades, conhecimentos e saberes fundamentais. Há que se desenvolver processos avaliativos que consigam evidenciar a forma pela qual ocorre a articulação teoria e prática, bem como indicadores de como as competências se constroem, vinculadas às subjetividades individuais e sociais próprias às relações e aos contextos vivenciados.”

Diante disso, torna-se papel da instituição, por meio de seu corpo docente, definir, entre os diversos objetivos de aprendizagem possíveis, aqueles que se mostram essenciais à formação do estudante em sua integralidade. Essa definição deve partir de um equilíbrio entre as diretrizes institucionais, as demandas do mundo do trabalho e os desafios da sociedade contemporânea, assegurando que os egressos não apenas dominem conteúdos, mas saibam mobilizá-los com ética, criticidade e adaptabilidade em cenários reais e em constante transformação.

Carvalho e Afonso (2024) exploram a elaboração de sentenças descritoras para itens de avaliação, destacando a importância de categorizar corretamente os processos cognitivos envolvidos. Essa abordagem é fundamental para garantir que os instrumentos avaliativos reflitam de maneira precisa as habilidades desenvolvidas pelos estudantes, oferecendo evidências claras e acionáveis para a intervenção pedagógica.

No contexto do IMT, a construção de um setor de Gestão de Aprendizagem tem sido experimentada ao longo dos últimos anos. Carvalho, Nitz e Albanes (2024) exemplificam uma atividade de Gestão da Aprendizagem aplicada aos cursos de Engenharia Química e de Alimentos. A experiência demonstrou o mapeamento de habi-

lidades por meio da elaboração de sentenças descritoras (Carvalho, Afonso, 2024) e a medição por meio de instrumentos construídos não apenas para gerar dados, mas também como forma de orientar a devolutiva pedagógica com foco na superação de dificuldades reais dos estudantes e aprimorar as discussões nos NDEs sobre o currículo do curso. A partir das evidências coletadas, os docentes foram capazes de ajustar metodologias, replanejar conteúdos e refinar as estratégias avaliativas, promovendo um alinhamento mais efetivo entre ensino, aprendizagem e currículo.

Complementando esse panorama, Todaro e Lebrão (2024) apresentam a reestruturação da disciplina de Desenho Técnico a partir de uma matriz de competências. O estudo mostra que a combinação equilibrada de conhecimentos, habilidades e atitudes, conforme proposto pela Taxonomia de Bloom revisada (Anderson; Krathwohl, 2001) fortalece a formação profissional e amplia a capacidade dos estudantes em resolver problemas autênticos e interdisciplinares.

Essa integração entre avaliação, acompanhamento e intervenção pedagógica apresentado nos relatos tem oferecido um caráter formativo e estratégico ao CGA, que vai além da verificação de resultados para atuar diretamente na qualificação do processo de aprendizagem. Ao utilizar a Taxonomia de Bloom revisada (Anderson; Krathwohl, 2001) como referência para a elaboração dos instrumentos avaliativos, o CGA assegura que os objetivos de aprendizagem estejam distribuídos de forma equilibrada entre diferentes níveis de complexidade cognitiva, favorecendo tanto o desenvolvimento de competências técnicas quanto o pensamento crítico, a criatividade e a autonomia intelectual dos estudantes.

Essa intencionalidade pedagógica está em consonância com os princípios da Gestão da Aprendizagem, que requer a articulação entre currículo, avaliação e desenvolvimento docente. Com isso, o CGA contribui para consolidar uma cultura institucional voltada à melhoria contínua e ao compromisso com a aprendizagem de todos os estudantes. Mais do que um instrumento de gestão acadêmica, o ciclo se configura como uma prática reflexiva e colaborativa, que valoriza o protagonismo docente, fortalece a intencionalidade pedagógica e assegura que os processos educacionais estejam, de fato, promovendo a aquisição e a aplicação significativa de competências. Ao estruturar a avaliação como parte orgânica do processo formativo, o CGA torna-se um modelo que deseja conciliar qualidade acadêmica, compromisso social e inovação pedagógica de forma humana e intencionada.

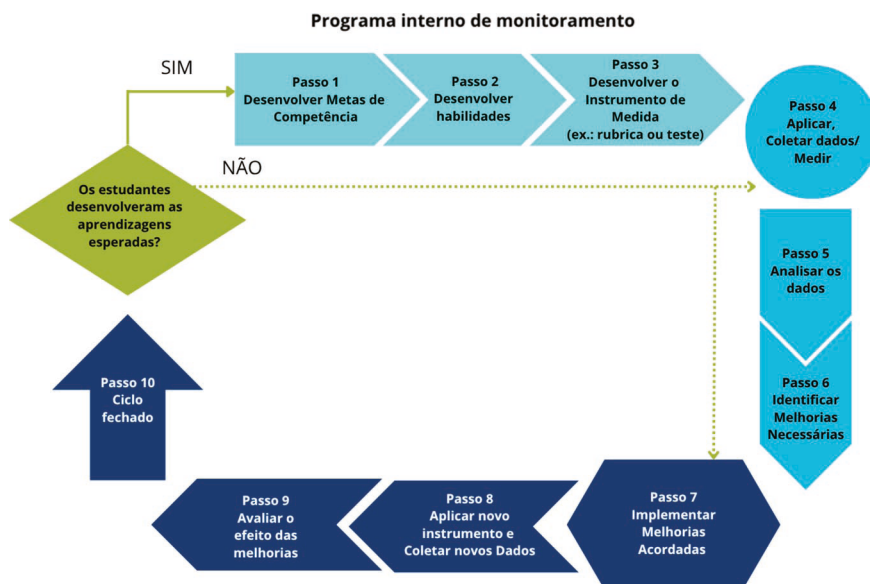
De posse desses referenciais, o modelo de Gestão e Aprendizagem adotado pelo IMT, estrutura-se como um ciclo contínuo que contempla: (1) o diagnóstico da aprendizagem por meio de avaliações específicas, (2) a devolutiva pedagógica orien-

tada por dados, e (3) a intervenção planejada com base nas evidências levantadas. Cada uma dessas etapas está alinhada a objetivos de aprendizagem previamente definidos e validados com os docentes, garantindo que o processo seja coerente, mensurável e centrado na formação integral dos estudantes. Essas etapas serão mais bem detalhadas a seguir.

1.2 Objetivos e estrutura geral do Ciclo de Gestão de Aprendizagem

O CGA tem se tornado é um processo estruturado e contínuo que visa monitorar, avaliar e intervir pedagogicamente na organização do plano de ensino, com o objetivo de garantir que os discentes alcancem as competências e habilidades definidas nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPC). Ele busca oferecer um acompanhamento eficiente do progresso dos estudantes, assegurando que o processo de ensino-aprendizagem seja constantemente aprimorado. A imagem a seguir apresenta esta estrutura.

Figura 1 - Esquema do Ciclo de Gestão de Aprendizagem fundamentado na AoL



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A partir da definição das metas de competência e dos objetivos de aprendizagem que vão compor o Plano de Ensino para o curso, o Ciclo de Gestão da Aprendizagem começa o letramento em avaliação, etapa voltada à capacitação docente para a elaboração e aplicação de instrumentos avaliativos alinhados às habilidades e competências estabelecidas no Plano de Ensino para alcançar o Projeto Pedagógico do Curso (PPC). O letramento em avaliação envolve o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e princípios que possibilitam aos docentes planejar e conduzir práticas avaliativas, além de interpretar e utilizar os resultados para orientar a aprendizagem dos estudantes.

O conceito de letramento em avaliação foi introduzido por Stiggins (1991) no contexto educacional norte-americano e, desde então, tem sido expandido para diferentes áreas do conhecimento. Estudos como os de Cappelletti (2007) e Fulcher (2012) apontam a importância da compreensão dos processos avaliativos para promover práticas alinhadas ao contexto educacional. No Brasil, Quevedo-Camargo e Scaramucci (2018) tratam desse letramento na formação de professores de idiomas, demonstrando como a avaliação impacta a prática docente. A ampliação desse debate no ensino de engenharia pode proporcionar avanços significativos na qualidade da formação profissional, tornando a avaliação um elemento central na gestão da aprendizagem e na construção do conhecimento técnico e aplicado.

A articulação entre artefatos, instrumentos de avaliação e o plano para garantia da aprendizagem reforça o papel da avaliação como um processo dinâmico, que não se encerra na mensuração do desempenho dos estudantes, mas se estende à interpretação dos resultados e à adaptação das práticas pedagógicas. O CGA estrutura essa relação de maneira sistemática, promovendo um alinhamento entre a definição das habilidades a serem desenvolvidas, a produção de evidências de aprendizagem e a retroalimentação do ensino.

O processo avaliativo, quando inserido no contexto do CGA, deixa de ser um momento isolado e passa a constituir um elemento contínuo de aprimoramento. A partir da análise dos artefatos produzidos pelos estudantes, são identificadas lacunas na aprendizagem e oportunidades para aprofundamento do conhecimento. Essa etapa é essencial para que docentes possam atuar de maneira proativa, ajustando suas estratégias didáticas e promovendo intervenções pedagógicas direcionadas.

A estruturação do plano para garantia da aprendizagem dentro do ciclo fortalece a convergência entre ensino e aprendizagem. Diferentemente do plano de ensino, que foca nos conteúdos e estratégias definidas pelo professor, o plano para garantia

da aprendizagem prioriza a construção de um percurso formativo no qual os estudantes assumem papel ativo na assimilação dos conhecimentos. Essa abordagem se fundamenta na clareza dos objetivos de aprendizagem e na transparência dos critérios avaliativos, favorecendo maior engajamento e autonomia estudantil.

A integração dessas práticas evidencia a importância da devolutiva pedagógica como um mecanismo estruturado de comunicação entre professores e alunos. Ao receberem devolutivas detalhadas sobre seus desempenhos, os estudantes têm a oportunidade de compreender suas dificuldades, reorientar seus esforços e desenvolver estratégias mais eficazes para consolidar seu aprendizado. Do mesmo modo, os docentes se beneficiam desse processo ao refletirem sobre a eficácia das metodologias adotadas no plano de ensino, aprimorando continuamente suas práticas avaliativas e didáticas.

Por meio dessa abordagem, o CGA fortalece a prática no suporte aos docentes, garantindo que a avaliação formativa seja parte integrante do processo educacional. A capacitação docente, aliada ao monitoramento contínuo dos indicadores de aprendizagem e às ações de intervenção pedagógica, cria um ambiente favorável ao desenvolvimento das competências previstas no PPC.

Assim, consideramos que o CGA é uma metodologia de Gestão de Aprendizagem que estabelece uma cultura de avaliação e intervenção pedagógica, orientada por evidências e fundamentada na colaboração entre docentes e estudantes. Esse modelo não apenas promove a melhoria do desempenho acadêmico, mas também contribui para a formação de profissionais preparados para enfrentar os desafios contemporâneos da educação profissional, articulando atualização, conhecimento técnico, pensamento crítico e capacidade de adaptação às demandas do mercado e do comportamento e necessidades da sociedade.

2. Implementação metodológica do Ciclo de Gestão de Aprendizagem

A implementação do método do CGA no IMT seguiu um planejamento estruturado em fases, garantindo que os docentes realizassem entregas progressivas ao longo do semestre. O cronograma foi organizado para orientar a participação dos professores desde o planejamento da avaliação até a implementação das práticas avaliativas e análise dos resultados.

2.1 Planejamento e capacitação docente

Cabe destacar que o setor de Gestão de Aprendizagem iniciou um processo de capacitação docente durante a Semana Acadêmica do IMT, que acontecem uma vez por semana a cada semestre, oferecendo oficinas introdutórias sobre avaliação educacional. No entanto, percebeu-se que o tempo disponível não era suficiente para aprofundar determinados conceitos e, principalmente, para que os professores pudessem aplicá-los em suas realidades de sala de aula. Além disso, ficou evidente a demanda dos docentes por um acompanhamento mais contínuo e contextualizado, que permitisse a experimentação dos conceitos ao longo do semestre.

Diante desse cenário, foi criado o CGA, um programa estruturado em três fases, com o objetivo de oferecer formação continuada e apoiar os professores na aplicação de práticas avaliativas alinhadas às diretrizes curriculares. Para viabilizar esse acompanhamento contínuo, foi desenvolvida uma capacitação baseada em tecnologia, composta por dez vídeos curtos (com duração máxima de 20 minutos), que permitem aos docentes acessar conteúdos de acordo com suas necessidades e momentos específicos da prática docente.

Quadro 1 - Capacitação do Ciclo de Gestão de Aprendizagem

Fase	Descrição	Vídeos
Planejamento da Avaliação	Definição de objetivos de aprendizagem e alinhamento entre ensino, avaliação e competências.	1. Construção do plano de ensino. 2. Formulação de objetivos específicos e mensuráveis. 3. Seleção de instrumentos avaliativos adequados.
Construção e Aplicação	Desenvolvimento e implementação dos instrumentos de avaliação.	4. Criação de instrumentos alinhados aos objetivos. 5. Avaliação de projetos e critérios transparentes. 6. Uso de rubricas para correção objetiva. 7. Templates para estruturação e aplicação de avaliações.
Interpretação e Devolutiva	Análise dos resultados e implementação de intervenções pedagógicas.	8. Critérios para atribuição de qualidade e transparência. 9. Interpretação pedagógica dos resultados. 10. Importância da devolutiva pedagógica e do feedback.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

2.2 Desenvolvimento de atividades

O quadro a seguir sintetiza as principais etapas do processo de Gestão de Aprendizagem, destacando as atividades desenvolvidas em cada fase e as respectivas entregas realizadas pelos professores. Essa estrutura permite visualizar de forma clara e organizada o fluxo do ciclo, evidenciando como cada etapa contribui para o aprimoramento das práticas pedagógicas e para o desenvolvimento das competências dos estudantes.

Quadro 2 - Capacitação do Ciclo de Gestão de Aprendizagem

Etapas	Descrição	Entregas
Organização Inicial	Mobilização e alinhamento com coordenadores de curso.	Lista de professores participantes.
Planejamento e Definição de Objetivos	Estruturação dos objetivos de aprendizagem e seleção dos instrumentos avaliativos.	Objetivos de aprendizagem e justificativa dos instrumentos escolhidos.
Construção e Aplicação dos Instrumentos Avaliativos	Desenvolvimento e aplicação dos instrumentos de avaliação, acompanhados por rubricas.	Instrumentos avaliativos, rubricas e evidências de aplicação.
Análise das Evidências de Aprendizagem	Interpretação dos resultados das avaliações e identificação de padrões de desempenho.	Relatório preliminar de análise dos dados.
Intervenções Pedagógicas e Ajustes Curriculares	Implementação de ações para sanar lacunas identificadas e sugestões para aprimoramento curricular.	Relatório final com intervenções pedagógicas e propostas de ajustes curriculares.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A implementação do ciclo de gestão de aprendizagem gerou impactos significativos na prática docente e no desenvolvimento dos estudantes. Para compreender melhor esses efeitos, a seção a seguir apresentará experiências concretas dos professores que participaram do processo. Os relatos permitirão identificar desafios enfrentados, estratégias bem-sucedidas e ajustes necessários para a continuidade e aprimoramento da metodologia. Além disso, serão analisados os resultados observados na aprendizagem dos alunos, destacando como as intervenções pedagógicas

contribuíram para a evolução dos desempenhos acadêmicos e para uma maior integração entre ensino, avaliação e competências

3. Resultados e impactos observados

Esta seção apresenta uma experiência específica de Gestão da Aprendizagem aplicada em uma avaliação formativa nas disciplinas de Desenho Técnico e Resistência dos Materiais, ministradas para estudantes dos cursos de Engenharia do IMT. Dois professores participaram dessa iniciativa e, por isso, os resultados serão apresentados em primeira pessoa, refletindo diretamente suas vivências e percepções. Serão detalhadas as atividades avaliativas estruturadas para monitorar o desenvolvimento inicial de *hard skills*, permitindo uma análise mais precisa das competências adquiridas pelos alunos ao longo do processo.

3.1 Estudos de caso – Disciplina de Desenho Técnico

Na disciplina de Desenho Técnico, adotamos uma estrutura de avaliação composta por eventos diagnósticos, formativos e somativos (Todaro; Lebrão, 2024). Neste relato, escolhemos apresentar uma questão específica de uma avaliação formativa que avaliou a capacidade dos alunos em identificar corretamente a perspectiva isométrica de uma peça com base em suas vistas ortográficas. Essa atividade simula uma situação comum à prática profissional em engenharia, exigindo fluência na interpretação gráfica e conhecimento das normas técnicas relacionadas ao Desenho Técnico Projetivo. Dessa forma, conseguimos observar o nível de visualização espacial dos estudantes e sua familiaridade com representações gráficas normatizadas.

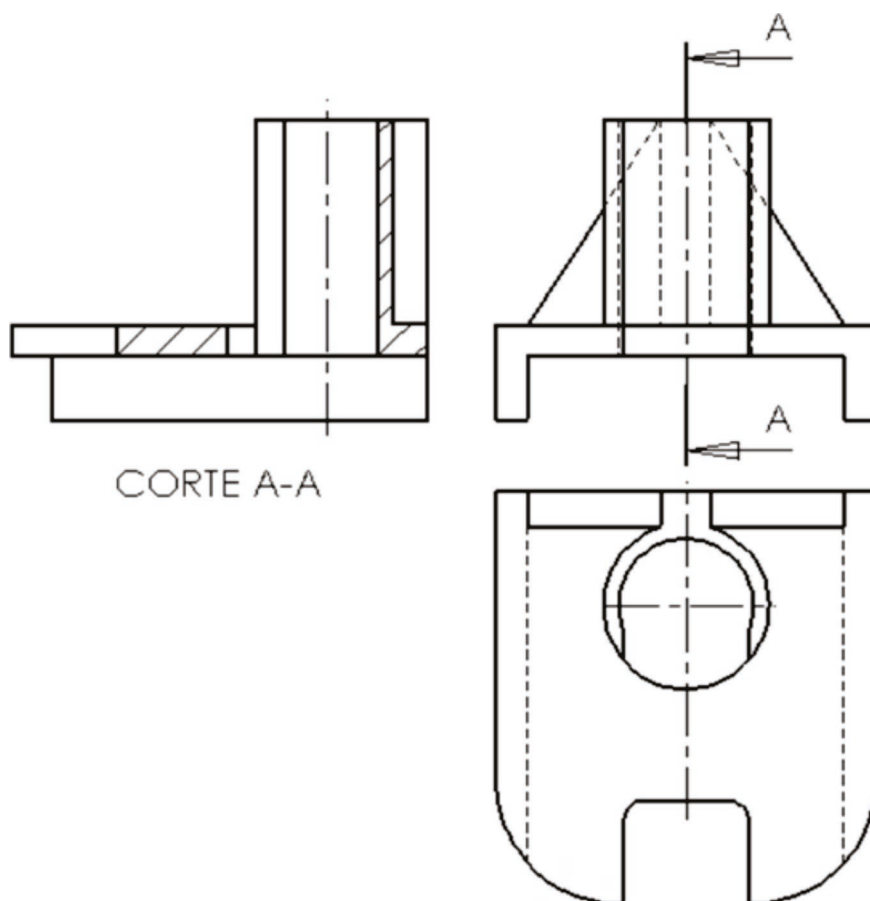
Optamos pela avaliação formativa devido à sua relevância no processo de ensino-aprendizagem, pois acreditamos que o *feedback* personalizado é uma ferramenta essencial para impulsionar o desenvolvimento das habilidades e competências propostas na disciplina. Essa abordagem está alinhada às ações de Gestão da Aprendizagem e nos permitiu acompanhar mais de perto o progresso dos alunos, ajustando estratégias pedagógicas conforme necessário.

Utilizei diferentes formatos de questão na avaliação formativa, incluindo múltipla escolha, preenchimento de lacunas e análise de sentenças, todas aplicadas em um ambiente virtual apropriado. Neste relato, optei por detalhar uma questão de múltipla escolha, que foi a primeira atividade formativa do módulo sobre perspectiva isométrica. Essa questão exigia que os estudantes identificassem corretamente

a perspectiva isométrica de uma peça a partir de suas vistas ortográficas, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3.

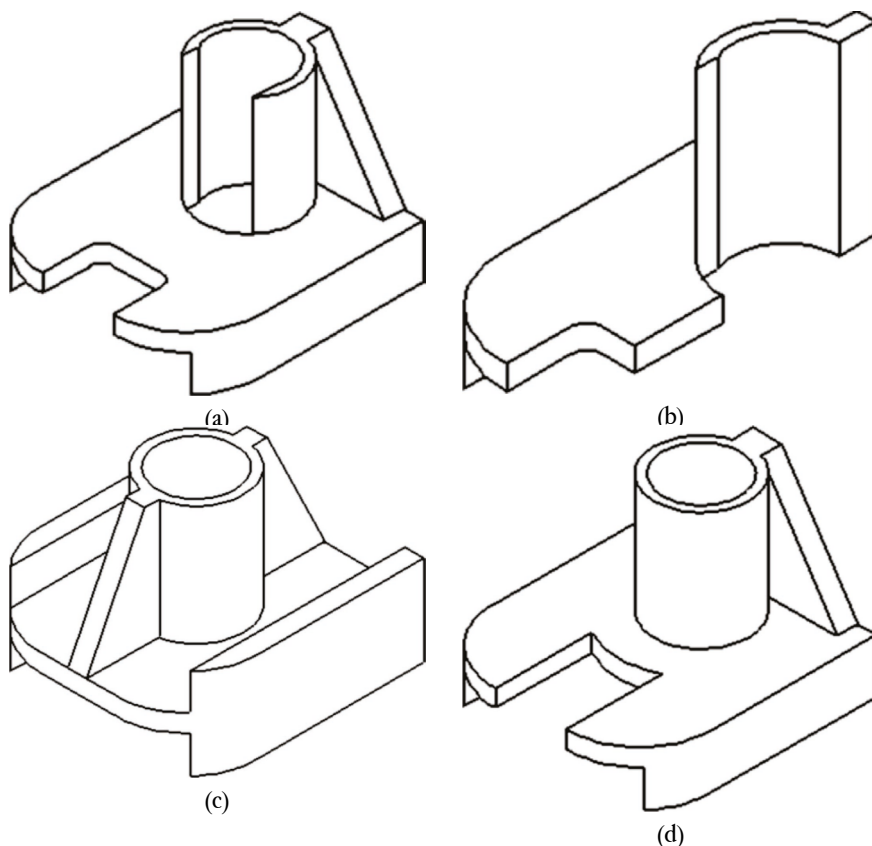
Do meu ponto de vista como docente, o desafio foi elaborar alternativas plausíveis que testassem eficazmente a compreensão dos alunos. A análise das respostas permitiu-me realizar intervenções pontuais e estruturadas, respeitando o nível de entendimento de cada estudante. Além disso, a possibilidade de recuperação aumentou o comprometimento dos alunos e garantiu maior confiabilidade nos resultados obtidos.

Figura 2 - Vistas ortográficas do sólido utilizado na atividade avaliativa



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Figura 3 - Perspectivas isométricas apresentadas aos alunos
como múltiplas opções de resposta



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Para o estudante que selecionou a Figura 2(a), identifiquei evidências de que ele demonstrou a habilidade de reconhecer elementos das vistas ortográficas e em corte para, então, formar sua própria concepção de perspectiva isométrica. Já o aluno que escolheu a Figura 2(b) como resposta associou a vista em corte à necessidade de apresentar a perspectiva em corte, o que é um erro comum, mas ainda assim incorreto. Nesse caso, minha intervenção docente exigiu apenas uma orientação pontual, pois o estudante conseguiu identificar as principais propriedades contidas nas projeções fornecidas.

Por outro lado, para aqueles que indicaram a Figura 2(c) como correta, percebi a necessidade de uma intervenção pedagógica mais ampla. Nessa situação, pude constatar que o estudante inverteu a posição de leitura das vistas ortográficas, o que compromete significativamente o desenvolvimento da visualização espacial e evidencia falhas na evolução do domínio do processo cognitivo. Por fim, para o aluno que interpretou a Figura 2(d) como resposta correta ao problema proposto, identifiquei lacunas de aprendizagem em representações gráficas de corpos cilíndricos seccionados radialmente. Como esse tipo de erro é comum, compreendi que a intervenção deveria ser pontual e focada no esclarecimento desse conceito específico.

Com o objetivo de atribuir uma métrica ao resultado da avaliação, utilizei rubricas holísticas autoexplicativas, ou seja, as próprias descrições dos critérios foram suficientes para definir a razão da falha do estudante. No entanto, reconheço que esse procedimento não é usualmente adotado na disciplina, pois o processo avaliativo que desenvolvo junto aos demais docentes normalmente se baseia em rubricas analíticas, que avaliam com especificidade cada parte componente de uma representação gráfica (Todaro; Lebrão, 2022, 2024). Entretanto, para possibilitar este estudo e permitir comparações futuras que beneficiem o desenvolvimento de competências, optei por utilizar essa abordagem avaliativa.

Assim, as rubricas que descreveram a experiência do estudante foram organizadas em cinco níveis:

- **Nível 0 (N0):** O estudante não respondeu ao questionário.
- **Nível 1 (N1):** O estudante inverteu o sentido de leitura das vistas ortográficas, negligenciou a presença das linhas tracejadas na periferia da peça e/ou propôs uma representação gráfica para o cilindro e para a nervura divergente do esperado.
- **Nível 2 (N2):** O estudante compreendeu o posicionamento das vistas e a definição de elementos a partir de linhas tracejadas, mas negligenciou a secção radial no cilindro.
- **Nível 3 (N3):** O estudante entendeu o posicionamento das vistas, a definição de elementos a partir de linhas tracejadas e a representação de cilindros com secção radial, mas apresentou a perspectiva em corte.
- **Nível 4 (N4):** O estudante demonstrou plena compreensão sobre o posicionamento das vistas, a definição de elementos a partir de linhas tracejadas, a representação de cilindros com secção radial e apresentou a perspectiva corretamente.

Diante dessa estrutura, percebo que o processo de análise das respostas foi conduzido com o suporte de rubricas holísticas, mas ainda há necessidade de desenvolver uma metodologia de intervenção específica que contemple desde correções pontuais até abordagens mais estruturadas. Detalhes sobre essas iniciativas são discutidos no próximo item.

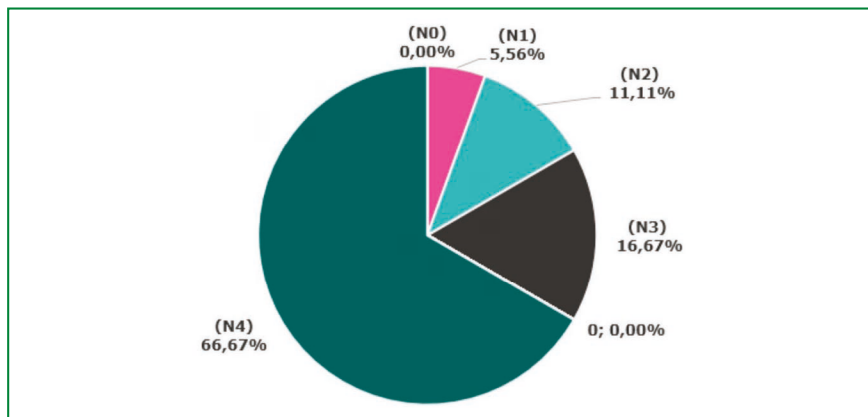
Depois da aplicação da avaliação formativa, observei que cerca de 67% dos alunos conseguiram identificar corretamente a perspectiva isométrica de uma peça de média complexidade (com furos, cavidades e demais particularidades) a partir das vistas ortográficas fornecidas. Além disso, percebi que pouco mais de 16% dos estudantes selecionaram a perspectiva em corte como resposta, evidenciando um entendimento equivocado de que a perspectiva deve ser representada dessa maneira sempre que uma vista em corte é fornecida. Esse tipo de erro é recorrente, mas pode ser corrigido com uma intervenção simples e eficaz.

Os demais alunos apresentaram dificuldades na identificação da perspectiva: 11% ignoraram a secção radial do cilindro, enquanto outros demonstraram uma incompreensão geral da peça. Para esses casos, reconheci a necessidade de propor intervenções específicas para auxiliar na construção do conhecimento. O Gráfico 1 ilustra, de maneira gráfica, os resultados obtidos na questão proposta durante a avaliação formativa.

Para oferecer uma devolutiva pedagógica eficaz aos alunos que apresentaram um desempenho inferior ao N4, optei por estruturar um atendimento específico dentro de uma sessão do Programa de Recuperação. Considerando a proposta desse programa, apoio-me na definição de Todaro e Lebrão (2024, p.4), que afirmam:

[O Programa de Recuperação] visa oferecer ao corpo discente oportunidades de desenvolvimento de habilidades que não foram manifestadas conforme a intenção da disciplina, isto é, quando o estudante não se mostrou habilitado adequadamente ao final de um módulo de aprendizagem. Para tanto, cabe ao PRC organizar sessões de atendimento personalizadas e propor atividades avaliativas que visem promover a recuperação acadêmica do estudante de modo a garantir a formação competente do discente ao final do ano letivo. Contudo, a participação dos estudantes é avaliada pelo corpo docente e atividades de recuperação são comumente aplicadas em acordo com um critério de participação determinado pela disciplina.

Gráfico 1 - Análise dos resultados, por nível (N),
de uma das questões proposta na avaliação



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Dessa forma, os alunos que classifiquei no nível N3 cometeram um erro conceitual de baixo impacto. Esses estudantes conseguiram identificar corretamente a geometria principal da peça, porém replicaram a estratégia de visualização do corte na exibição da perspectiva. Para corrigir essa dificuldade, disponibilizei um material de leitura explicativo que abordava, entre outros aspectos, a diferença entre vista em corte e perspectiva. Além disso, incluí exemplos que evidenciavam a situação discutida, permitindo que os alunos compreendessem melhor a distinção entre esses conceitos.

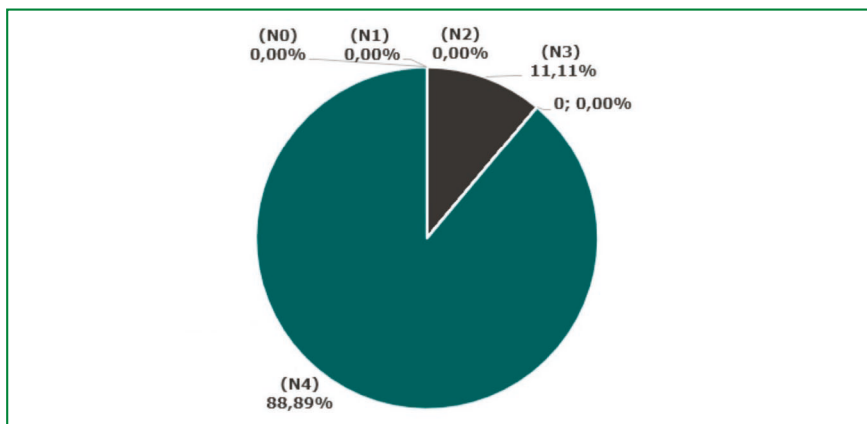
Os estudantes classificados no nível N2, por terem falhado na representação da secção radial, foram convidados a assistir a uma videoaula sobre estratégias de representação de contornos circulares em projeções ortográficas. Depois dessa etapa, propus uma atividade prática na qual eles deveriam representar peças com geometria semelhante àquela utilizada na avaliação formativa. Esse exercício permitiu que consolidassem o aprendizado e evitassem o mesmo erro em avaliações futuras.

Por fim, os alunos classificados no nível N1 apresentaram falhas na leitura das vistas ortográficas, negligenciando o significado das linhas tracejadas (que indicam contornos não visíveis, conforme a ABNT NBR 16861:2020) e elaborando representações gráficas divergentes do esperado. Para esse grupo, direcionei uma trilha de recuperação, composta por videoaulas e exercícios instrucionais, com acompanhamento de um monitor da disciplina. Esse monitor personalizou a experiência para

cada estudante em recuperação, focando nas lacunas de aprendizagem mais relevantes e auxiliando na compreensão dos conceitos fundamentais.

Todos os estudantes atendidos pelo Programa de Recuperação tiveram a oportunidade de participar de uma segunda rodada de avaliação. Os resultados indicaram que a intervenção pedagógica teve um impacto significativo no aprendizado, pois quase 90% dos alunos conseguiram identificar corretamente a peça representada por vistas ortográficas. Vale ressaltar que, nessa segunda avaliação, os alunos não responderam à mesma questão da primeira rodada, mas sim a um novo conjunto de vistas ortográficas com o mesmo nível de dificuldade. O Gráfico 2 apresenta os resultados obtidos nessa segunda aplicação da avaliação formativa.

Gráfico 2 - Análise dos resultados, por nível (N), de uma questão aplicada após o Programa de Recuperação, com conteúdo correlato àquele avaliado no primeiro evento de avaliação



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

É importante destacar que a operacionalização desse modelo de intervenção pedagógica torna-se viável quando o número de alunos não é excessivamente grande. No meu caso, percebo que lidar com um grande volume de dados de forma manual não é uma tarefa trivial nem de fácil implementação. Para que essa abordagem seja escalável, reconheço a necessidade de integrar recursos digitais avançados que possibilitem a personalização do ensino para cada estudante, garantindo que as intervenções sejam direcionadas e eficazes.

O impacto positivo das ações realizadas no Programa de Recuperação reafirma a importância dessa iniciativa. Diante dos resultados obtidos, planejo atualizar e aprimorar essa estratégia no próximo ciclo letivo, incorporando melhorias que otimizem a experiência dos alunos e potencializem ainda mais o desenvolvimento das competências necessárias.

Além dessa experiência, uma abordagem semelhante foi adotada na Disciplina de Resistência dos Materiais, ministrada por uma professora que também buscou aprimorar a definição da avaliação como ferramenta para diagnosticar e fortalecer a aprendizagem dos estudantes.

3.2 Estudos de caso – Disciplina de Resistência dos Materiais

Fui convidada a participar de um Ciclo de Gestão de Aprendizagem por meio de um chamado geral feito pelo coordenador do curso de Engenharia Mecânica, que, na ocasião, solicitou a participação de três professores na aplicação de um instrumento de avaliação em alguma de suas disciplinas. Como professora responsável pela disciplina de Resistência dos Materiais, me voluntariei para integrar esse processo, considerando a importância de aprimorar as práticas avaliativas e contribuir para a melhoria da aprendizagem dos alunos.

Para a realização desse procedimento, foi disponibilizada uma capacitação *online*, composta por vídeos curtos e assíncronos, permitindo que os participantes se familiarizassem com os objetivos e metodologias do ciclo. Desde o início, a proposta foi desenvolver um instrumento para aplicação em uma avaliação somativa na terceira prova bimestral, com o propósito de avaliar de forma mais detalhada o desempenho dos alunos em aspectos específicos da disciplina. Além de proporcionar uma análise criteriosa e objetiva das respostas, essa abordagem permite identificar dificuldades recorrentes, contribuindo para ajustes no planejamento didático e o aprimoramento das estratégias de ensino em turmas futuras.

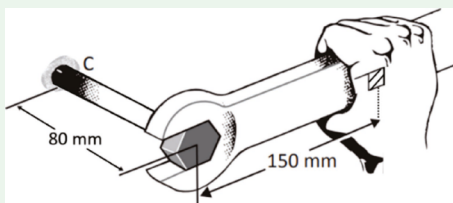
Dessa forma, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento da competência “Ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras”, prevista tanto nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia- DCN (Brasil, 2019) quanto no Plano de Ensino da disciplina mencionada, e de atender ao conteúdo de torção, contemplado no terceiro bimestre do curso segundo Beer *et al.* (2013), foi elaborada a situação problema apresentada no Quadro 3.

A ideia inicial era realizar a gestão de aprendizagem em apenas um dos cinco itens. No entanto, em diálogo com o coordenador de gestão de aprendizagem, responsável por liderar essa intervenção, identificou-se que os itens haviam sido organizados em uma sequência cognitiva, da mais baixa para a mais alta. Diante disso, optou-se por criar uma habilidade específica para cada item, seguindo os níveis da Taxonomia de Bloom. As habilidades definidas foram:

- Identificar e esquematizar a(s) força(s) atuante(s) em componentes estruturais;
- Calcular o momento torsor que atua sobre determinado componente estrutural;
- Calcular a tensão de cisalhamento máxima devida ao momento torsor em componentes estruturais;
- Analisar se componentes estruturais suportam o momento torsor ao qual estão submetidos;
- Estimar a força máxima que pode ser aplicada a um componente estrutural dada uma determinada condição a ser atendida.

Quadro 3 - Situação problema de torção elaborada como instrumento de avaliação

Q1: Para dimensionar adequadamente elementos de fixação, é essencial entender as forças que atuam e as tensões que surgirão nesses elementos. No sistema ilustrado na figura abaixo, a mão da pessoa aplica na chave de boca uma força de 90 N (o ponto de aplicação da força é indicado na figura) e a chave aperta o parafuso no sentido horário. O parafuso possui 20 mm de diâmetro e as tensões de cisalhamento devido à força cortante são negligenciadas. Dessa forma, pede-se:



- a) Identifique as forças atuantes no sistema por meio de um DCL. Faça o DCL nos elementos de barra indicados abaixo e despreze os esforços que surgem no ponto C.



- b) Determine o momento torsor ao qual o parafuso está submetido.
- c) Determine a tensão de cisalhamento máxima do parafuso.
- d) Sabendo-se que para o material do parafuso $\bar{\tau} = 90 \text{ MPa}$, $\Delta\bar{\varphi} = 10^{-3} \text{ rad}$ e $G = 180 \text{ GPa}$ verifique a condição de resistência e rigidez do parafuso.
- e) Determine a força máxima P que a mão da pessoa pode exercer de forma que a condição de resistência do parafuso seja garantida.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Uma vez definidas as habilidades e, conseqüentemente, os comandos de cada item da situação problema proposta, tornou-se necessário prever todas as possíveis respostas a cada item, organizando-os em três grandes categorias:

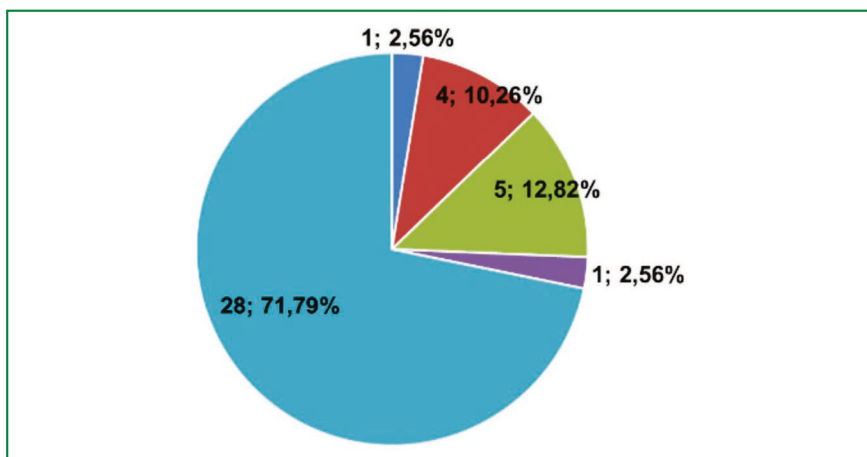
1. Respostas de crédito completo (Código 2) – aquelas em que, independentemente do comando do item, o aluno demonstra um conhecimento profundo sobre o que foi solicitado e atende integralmente às exigências do enunciado;
2. Respostas de crédito parcial (Código 1) – aquelas em que o aluno revela algum entendimento sobre o conteúdo abordado no item, mas não consegue respondê-lo de maneira completa;
3. Respostas incorretas (Código 0) – aquelas que indicam que o estudante não compreendeu os conceitos básicos envolvidos no problema e não conseguiu aplicá-los corretamente na resolução.

Os itens deixados em branco receberam código 9. Os códigos foram criados com o objetivo de facilitar a computação das respostas atingidas por cada aluno no Excel, permitindo uma análise quantitativa mais eficiente do desempenho e das dificuldades encontradas. Para a categoria de código 1, foram previstas algumas respostas parciais e, após a correção das avaliações, ajustes foram feitos para incluir casos inicialmente não contemplados. O Quadro 4 em anexo no final do capítulo apresenta as rubricas utilizadas para as correções.

Ao todo, trinta e nove alunos realizaram a avaliação somativa em que a situação problema elaborada foi contemplada, participando, assim, das análises. Seus registros acadêmicos foram inseridos no Excel e, após a correção de cada item com base nas rubricas do Quadro 2, os códigos correspondentes foram registrados na planilha. Para tornar os resultados mais visuais, cada rubrica foi identificada por uma cor

específica (vide Quadro 2), e o total de alunos enquadrados em cada categoria de rubrica foi compilado por item. O Gráfico 3 apresenta os valores numéricos e percentuais, respectivamente, das respostas classificadas em cada rubrica, em relação ao total de estudantes, do item Q1 A.

Gráfico 3 - Percentual de respostas por rubrica do item Q1 A



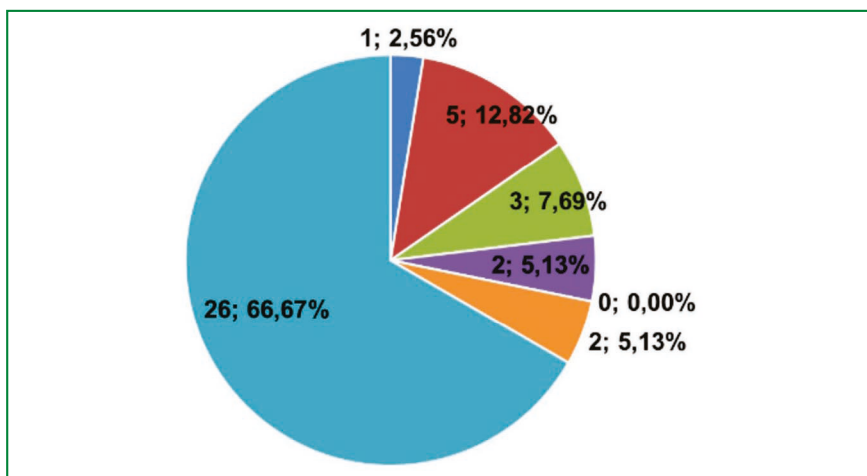
Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Observa-se que, possivelmente devido ao fato de o item **Q1 A** avaliar uma habilidade de nível mais baixo na Taxonomia de Bloom, aproximadamente 72% dos estudantes obtiveram crédito completo. Apenas 13% consideraram forças inexistentes ou confundiram o sentido da força atuante, enquanto 2,6% incluíram incorretamente os esforços no ponto C e 10% não conseguiram identificar ou esquematizar corretamente os esforços que surgem nos elementos de barra. O Gráfico 4 apresenta a distribuição numérica e percentual, respectivamente, das respostas classificadas em cada rubrica, em relação ao total de estudantes, para o item Q1 B.

Cerca de 67% dos estudantes obtiveram crédito completo no item **Q1 B**, um percentual inferior ao do item Q1 A, mas ainda expressivo em relação ao total de alunos. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que o conceito de cálculo de momento fletor é abordado desde o início do curso. Além disso, aproximadamente 18% dos estudantes responderam de forma parcial, cometendo erros como a omissão ou indicação incorreta da unidade de medida, o uso equivocado da distância no

cálculo do momento ou a falta de conclusão adequada da resposta. Por fim, cerca de 13% dos alunos não conseguiram resolver o item corretamente.

Gráfico 4 - Percentual de respostas por rubrica do item Q1 B

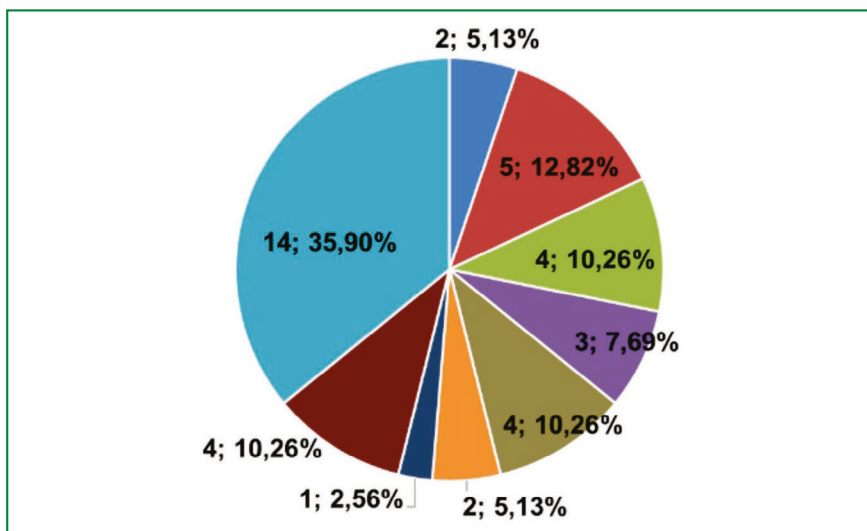


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O Gráfico 5 apresenta a distribuição numérica e percentual, respectivamente, das respostas classificadas em cada rubrica, em relação ao total de estudantes, para o item **Q1 C**. Embora esse item avalie uma habilidade de mesmo nível na Taxonomia de Bloom que o Q1 B, apenas 36% dos alunos obtiveram crédito completo. Esse desempenho inferior pode estar relacionado ao fato de o item abordar um conteúdo novo, introduzido no mesmo bimestre da avaliação, sem tempo suficiente para que os estudantes o assimilassem completamente até a data da prova.

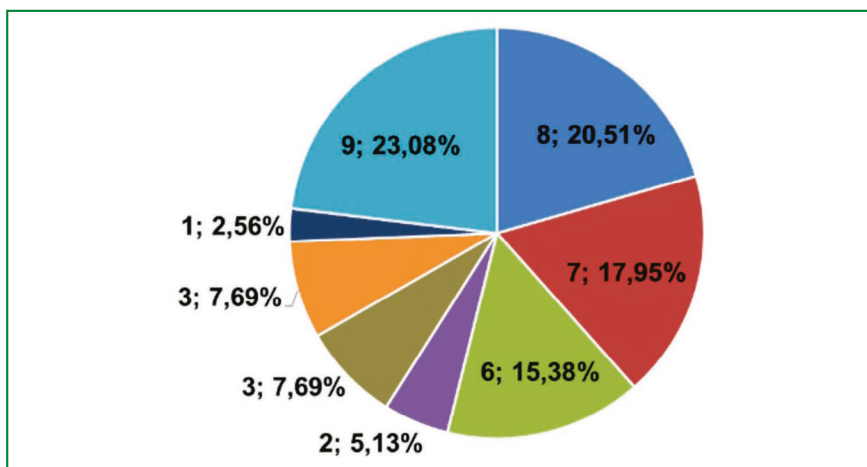
Quanto às respostas de crédito parcial, cerca de 10% dos alunos cometeram erros como a omissão ou indicação incorreta da unidade de medida, 8% dos estudantes propagaram equívocos no cálculo do momento torsor oriundos do item anterior e 20% utilizaram de forma inadequada determinados parâmetros na fórmula de cálculo. Por fim, aproximadamente 13% dos estudantes não conseguiram resolver corretamente o que foi solicitado no item. O Gráfico 6 apresenta a distribuição numérica e percentual, respectivamente, das respostas classificadas em cada rubrica, em relação ao total de estudantes, para o item Q1 D.

Gráfico 5 - Percentual de respostas por rubrica do item Q1 C



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Gráfico 6 - Percentual de respostas por rubrica do item Q1 D



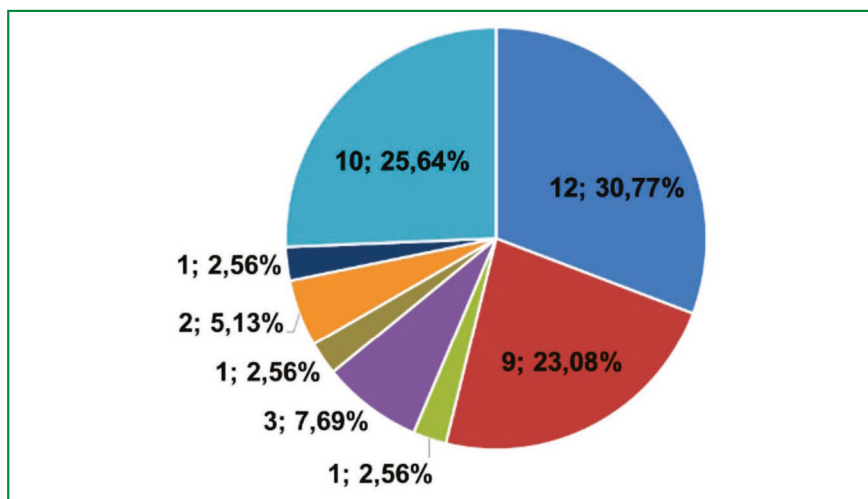
Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

No item Q1 D, apenas 23% dos estudantes obtiveram crédito completo, demonstrando domínio ao analisar, com base nas condições de resistência e rigidez,

a segurança do elemento em relação ao momento torsor aplicado. Por outro lado, 20,5% dos alunos deixaram esse item em branco e 18% não conseguiram resolvê-lo corretamente, totalizando cerca de 40% de respostas inadequadas ou ausentes.

Entre as respostas de crédito parcial, aproximadamente 15% dos estudantes verificaram corretamente a condição de resistência, mas cometeram erros ou deixaram de analisar a rigidez. Outros 15%, embora tenham identificado corretamente a maior parte dos cálculos e realizado as substituições adequadas, não perceberam que o momento torsor correto era o calculado no item Q1 B e não conseguiram concluir a análise final sobre a segurança e funcionalidade do parafuso.

Gráfico 7 - Percentual de respostas por rubrica do item Q1 E



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O Gráfico 7 apresenta distribuição numérica e percentual das respostas classificadas em cada rubrica, em relação ao total de estudantes, para o item Q1 E. Por se tratar de um item que exigia o domínio de uma habilidade de nível elevado na Taxonomia de Bloom, aproximadamente 54% dos alunos deixaram a resposta em branco ou não conseguiram resolver o que foi solicitado.

Apenas 26% obtiveram crédito completo, demonstrando pleno conhecimento ao estimar corretamente a força máxima que poderia ser aplicada ao componente estrutural, considerando a condição imposta. Já os estudantes que receberam crédito

parcial representaram cerca de 20% do total, sendo o erro mais comum a realização correta das operações, mas com a propagação de equívocos dos itens anteriores, especialmente na comparação entre a tensão atuante e a tensão admissível.

Dessa forma, acima foi apresentada uma análise detalhada de cada item, destacando os dados e informações considerados mais relevantes com base na disciplina em que a gestão de aprendizagem do item foi aplicada. Após as correções e devidas análises dos resultados, foi realizada uma devolutiva pedagógica para os estudantes por meio de um documento elaborado pela professora. O documento continha todos os gráficos e rubricas acima apresentados, mas, em termos de análise de desempenho, foi disponibilizado um resumo dos principais erros. O Quadro 4 apresenta a análise geral de desempenho disponibilizada para os estudantes.

Quadro 4 - Análise geral de desempenho disponibilizada para os estudantes

Conforme indicado nas rubricas acima, os erros mais comuns foram:

1. **Unidade de medida incorreta ou não indicada:** lembre-se sempre de indicar as unidades corretas para todos os cálculos, seja para o momento torsor, para a tensão ou para a força máxima. Isso é fundamental para garantir que seus resultados sejam coerentes com as normas técnicas e com as práticas de engenharia.
2. **Uso incorreto do momento polar de inércia:** alguns estudantes utilizaram o momento polar de inércia de forma incorreta. Este é um ponto crítico, pois a forma como se calcula o momento polar de inércia afeta diretamente a precisão do cálculo da tensão de cisalhamento. Revisem as fórmulas e conceitos associados a esse cálculo, e atentem-se à geometria do componente em questão.
3. **Erros de cálculo:** os erros de conta são sempre comuns, especialmente quando a questão envolve múltiplos passos. Recomendo revisar com calma cada etapa do cálculo, para garantir que todas as operações sejam realizadas corretamente.
4. **Respostas parciais ou incompletas:** muitas respostas estavam parciais, ou seja, abordaram apenas uma parte do que foi solicitado. Ao resolver questões dissertativas, é essencial fazer uma leitura atenta de todo o enunciado e garantir que todas as partes da questão sejam respondidas de forma completa e detalhada.
5. **Conclusões equivocadas (itens d) e e):** os erros mais frequentes ocorreram nas conclusões dos itens d) e e), em que foi solicitado verificar as condições de resistência e rigidez do componente e calcular a força máxima admissível considerando a condição de resistência. Lembre-se de que essas análises devem envolver a comparação entre as tensões e deformações calculadas e os limites admissíveis de resistência e rigidez dos materiais. É importante não fazer suposições sem uma base teórica sólida.

De forma geral, não existe um padrão característico dos erros.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Na sequência da análise geral, foi disponibilizada também uma recomendação pedagógica, indicada no Quadro 5.

Quadro 5 - Recomendações pedagógicas disponibilizadas para os estudantes

Abaixo listo algumas sugestões para a melhoria dos pontos acima levantados:

- **Atenção à leitura dos enunciados:** muitos dos erros ocorreram por não compreenderem integralmente o que a questão pedia. Releiam as questões com atenção, marcando as informações mais relevantes e analisando o que é realmente solicitado.
- **Revisão dos conceitos e fórmulas:** reforcem os conceitos relacionados à torção, como o cálculo do momento torsor, a tensão de cisalhamento e a resistência dos materiais. Pratiquem a aplicação dessas fórmulas, especialmente no que diz respeito à momentos de inércia e geometrias específicas.
- **Prática de cálculos:** façam uma revisão detalhada dos cálculos realizados, para evitar erros simples, como equívocos nas operações matemáticas e falhas na utilização de unidades de medida.
- **Análise crítica e completa:** ao realizar a análise de resistência e rigidez, verifiquem se todos os fatores estão sendo levados em consideração, como o material, a geometria e as condições de carga.

Por fim, sugiro que refaçam todos os exercícios referentes a esse conteúdo tratados em sala com atenção a esses quatro principais pontos!

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

É importante destacar que, após o período de provas, os estudantes têm a opção de participar da vista de provas, realizada em horários fora da grade horária regular e previamente informados durante as aulas e por meio de avisos no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) da disciplina. Durante a vista da terceira prova, na qual foi conduzida a gestão de aprendizagem, a professora explicou aos estudantes presentes como a primeira situação problema foi elaborada e qual era o objetivo de cada item.

Dos trinta e nove estudantes que realizaram a avaliação, quinze participaram da vista de prova, representando aproximadamente 39% do total. A esses alunos, foi apresentada a análise geral do desempenho, juntamente com as recomendações pedagógicas. Como o conteúdo de torção não seria abordado no quarto bimestre, a última recomendação foi especialmente relevante para aqueles que pretendiam realizar a prova substitutiva no final do semestre, uma vez que essa avaliação abran-

ge todo o conteúdo semestral. As demais quatro recomendações foram aplicáveis à maioria dos tópicos trabalhados na disciplina.

Entretanto, devido ao curto intervalo entre a aplicação da prova e as etapas subsequentes do planejamento acadêmico, não foi possível implementar uma intervenção pedagógica eficaz para reforçar a assimilação do conteúdo. Além disso, considerando que esse tema não seria retomado no semestre seguinte, a adoção de uma estratégia de recuperação contínua tornou-se inviável dentro da organização curricular prevista.

Apesar dessa limitação, a iniciativa foi essencial para identificar os principais desafios enfrentados pelos estudantes. Com base nessa análise, alguns desses pontos poderão ser trabalhados com mais profundidade e de forma antecipada no início do curso, proporcionando uma base mais sólida. Assim, no terceiro bimestre, os alunos estarão mais preparados e menos propensos a enfrentar as mesmas dificuldades.

Considerações finais

O Ciclo de Gestão de Aprendizagem (CGA) demonstrou ser uma ferramenta eficaz para promover a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de competências nos cursos de engenharia do Instituto Mauá de Tecnologia. A aplicação sistemática de avaliações formativas, aliada à utilização de instrumentos validados e intervenções pedagógicas estruturadas, permitiu um acompanhamento mais preciso do progresso dos estudantes, favorecendo uma abordagem mais alinhada às Diretrizes Curriculares Nacionais e às necessidades do mercado de trabalho.

A experiência relatada evidencia que a avaliação educacional vai além da mensuração de desempenho, tornando-se um mecanismo ativo de ensino e aprendizagem. O uso de rubricas detalhadas, *feedback* contínuo e estratégias de recuperação acadêmica fortaleceu a compreensão dos estudantes sobre seus próprios processos de aprendizado e possibilitou ajustes pedagógicos mais assertivos por parte dos docentes.

Além disso, a aplicação do CGA em diferentes disciplinas, como Desenho Técnico e Resistência dos Materiais, demonstrou a versatilidade desse modelo, que pode ser adaptado para diversas áreas da engenharia. A experiência das professoras envolvidas reforça a importância da capacitação docente para a implementação de metodologias avaliativas inovadoras, garantindo que a avaliação seja um instrumento para a melhoria contínua do ensino e da aprendizagem.

Diante dos resultados positivos obtidos, o CGA será aprimorado e expandido nos próximos ciclos letivos, com a incorporação de novas tecnologias educacionais que possibilitem uma análise de dados mais robusta e personalizada. A implementação de recursos digitais avançados permitirá um acompanhamento ainda mais eficiente dos estudantes, tornando o processo de avaliação mais dinâmico e acessível.

Por fim, os achados deste estudo contribuem para a reflexão sobre a importância da gestão da aprendizagem no ensino superior, especialmente nos cursos de engenharia, nos quais a formação de profissionais capacitados para enfrentar os desafios contemporâneos exige uma abordagem avaliativa inovadora e orientada para o desenvolvimento de competências. A experiência do IMT pode servir para reflexão sobre modelos de gestão de aprendizagem para outras instituições interessadas em implementar modelos semelhantes, consolidando a avaliação como um pilar fundamental para a excelência na educação em engenharia.

Referências

ANDERSON, Lorin W.; KRATHWOHL, David R. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition**. Addison Wesley Longman, Inc., 2001.

BEER, Ferdinand P. *et al.* **Mecânica dos materiais**. McGraw Hill Brasil, 2013.

BLOOM, Benjamin S. Learning for Mastery. Instruction and Curriculum. Regional Education Laboratory for the Carolinas and Virginia, Topical Papers and Reprints, Number 1. **Evaluation comment**, v. 1, n. 2, p. n2, 1968.

BRASIL. **Resolução CNE/CES nº 2/2019, de 23 de abril de 2019**. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: <https://bityli.com/1pxvh>. Acesso em: 13 fev. 2025.

BRASIL. **Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. *Censo da Educação Superior 2022: notas estatísticas*. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/educacao-superior/censo-da-educacao-superior-2022-revela-expansao-da-graduacao-e-do-ead>. Acesso em: 9 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Instrumento de avaliação in loco de cursos de graduação: dimensões comuns**. Brasília: MEC, [2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/instrumento-de-avaliacao-in-loco-de-cursos-de-graduacao-dimensoes-comuns>. Acesso em: 9 jul. 2025.

CAPPELLETTI, Isabel Franchi. **Avaliação da aprendizagem**: discussão de caminhos. São Paulo: Editora Articulação Universidade/Escola, 2007.

DA SILVA CARVALHO, Vinícius; FRANCISCO, Afonso Andréia. Construção de sentenças descritoras para itens de química no ENEM para o aprimoramento da prática pedagógica. **Meta: Avaliação**, v. 16, n. 53, 2024.

DA SILVA CARVALHO, Vinícius; COSTA, Marcello Nitz.; ALBANEZ, Roberta. Medida de habilidade – um exemplo de atividade de gestão da aprendizagem em disciplina dos cursos de engenharia química e de alimentos do IMT. **Anais do COBENGE 2024**.

DE OLIVEIRA, Danieli Soares; DE MENEZES CAMPOS, Andromeda Goretti. Desenvolvimento de habilidades e competências transversais na formação de futuros engenheiros: ações com alunos de ensino médio/técnico. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 11, p. 19334-19359, 2023.

DIAS SOBRINHO, José. Avaliação educativa: produção de sentidos com valor de formação. **Avaliação**: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas), v. 13, p. 193-207, 2008.

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. Bloom's taxonomy and its adequacy to define instructional objective in order to obtain excellence in teaching. **Gestão & Produção**, v. 17, p. 421-431, 2010.

FULCHER, Glenn. Assessment literacy for the language classroom. **Language assessment quarterly**, v. 9, n. 2, p. 113-132, 2012.

GIANESI, Irineu Gustavo Nogueira; MASSI, Juliana Machado; MALLET, Débora. **Formação de Professores**: no Desenho de Disciplinas e Cursos. 1. ed. São Paulo: Atlas Ltda., 2020.

GOVINDARAJULU, Chittibabu; MURPHY, Jim. Improving the assessment (assurance of learning) processes. **Communications of the IIMA**, v. 15, n. 3, Article 1, 2017.

GUBA, Egon G.; LINCOLN, Yvonna S. **Fourth generation evaluation**. Sage, 1989.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. Cortez editora, 2014.

MARINHO-ARAUJO, Claisy Maria; RABELO, Mauro Luiz. Avaliação educacional: a abordagem por competências. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 20, n. 2, p. 443-466, 2015.

PERRENOUD, Philippe. Construir competências é virar as costas aos saberes. **Revista Pátio**, Porto Alegre: Artmed, v. 3, p. 15-19, 1999.

PERRENOUD, Philippe. Dez novas competências para uma nova profissão. **Pátio: Revista Pedagógica**, v. 5, n. 17, p. 8-12, 2001.

PERRENOUD, Philippe *et al.* A formação dos professores no século XXI. **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

QUEVEDO-CAMARGO, Gladys; SCARAMUCCI, Matilde Virgínia Ricardi. O conceito de letramento em avaliação de línguas: origem de relevância para o contexto brasileiro. **Linguagem: estudos e pesquisas**, v. 22, n. 1, 2018.

STIGGINS, Rick. Assessment literacy. **Phi Delta Kappan**, v. 72, p. 534-539, 1991.

TODARO, Rafael Hauckewitz.; LEBRÃO, Guilherme Wolf Reestruturação curricular orientada ao desenvolvimento de competências: a experiência da disciplina Desenho Técnico em um curso de engenharia. **Anais do COBENGE 2024**.

Anexos

ANEXO A

Quadro 4 - Rubricas utilizadas para as correções dos itens

Item	Habilidade	Código	Descrição da rubrica
Q1 A	Identificar e esquematizar a(s) força(s) atuante(s) em componentes estruturais	9	Resposta em branco
		0	Não consegue identificar ou esquematizar corretamente os esforços que surgem nos elementos de barra
		1.1	Identifica corretamente algumas forças atuantes nos elementos de barras, mas considera forças inexistentes ou confunde os sentidos das forças atuantes
		1.2	Identifica corretamente a força atuante no elemento de barra, mas considera um esforço no ponto C de forma incorreta
		2	Identifica corretamente todas as forças atuantes nos elementos de barra
Q1 B	Calcular o momento torsor que atua sobre determinado componente estrutural	9	Resposta em branco
		0	Não demonstra compreensão adequada do conceito de momento torsor e não consegue calcular o que foi solicitado no item
		1.1	Realiza a operação correta, mas não indica unidade de medida na resposta final ou indica a unidade de medida de forma incorreta
		1.2	Identifica a força correta, mas utiliza a distância incorreta
		1.3	Identifica a força e a distância corretas, mas esquece de multiplicá-los ou realiza a multiplicação de forma errada
		1.4	Realiza o cálculo de forma correta, mas não consegue concluir o que foi pedido no item de forma correta
		2	Calcula corretamente o momento torsor ao qual o parafuso está submetido, apresentando cálculo completo e indicando a unidade de medida na resposta final

Item	Habilidade	Código	Descrição da rubrica
Q1 C	Calcular a tensão de cisalhamento máxima devida ao momento torsor em componentes estruturais	9	Resposta em branco
		0	Não demonstra compreensão adequada do conceito de tensão de cisalhamento devida à torção e não consegue calcular o que foi solicitado no item
		1.1	Realiza a operação correta, mas não indica unidade de medida na resposta final ou indica a unidade de medida de forma incorreta
		1.2	Realiza a operação correta, mas traz o momento torsor calculado de forma incorreta no item anterior
		1.3	Realiza a operação correta, mas utiliza o momento polar de inércia incorreto
		1.4	Realiza a operação correta, mas realiza a multiplicação e/ou divisão de forma incorreta
Q1 C	Calcular a tensão de cisalhamento máxima devida ao momento torsor em componentes estruturais	1.5	Realiza a operação correta, mas utiliza a distância máxima de forma incorreta
		1.6	Realiza a operação correta, mas utiliza o módulo de resistência incorreto
		2	Calcula corretamente a tensão de cisalhamento máxima, utilizando o momento torsor calculado corretamente no item anterior, o momento polar de inércia para uma seção transversal circular e a distância máxima

Item	Habilidade	Código	Descrição da rubrica
Q1 D	Analisar se componentes estruturais suportam o momento torsor ao qual estão submetidos	9	Resposta em branco
		0	Demonstra pouca ou nenhuma compreensão dos conceitos de resistência e rigidez e não consegue apresentar uma análise coerente.
		1.1	Verifica corretamente a condição de resistência, mas comete erros ao verificar a condição de rigidez ou não verifica a condição de rigidez
		1.2	Verifica corretamente a condição de rigidez, mas comete erros ao verificar a condição de resistência ou não verifica a condição de resistência
		1.3	Identifica corretamente os cálculos e realiza as substituições adequadas, mas não consegue fazer a análise final sobre a segurança e funcionalidade do parafuso.
		1.4	Identifica corretamente os cálculos e realiza as substituições adequadas, mas não identifica que o momento torsor que deve ser utilizado é o que foi calculado no item b) e não efetua a análise final sobre segurança e funcionalidade do parafuso.
		1.5	Identifica corretamente os cálculos e realiza as substituições adequadas, mas comete erros de conta
Q1 D	Analisar se componentes estruturais suportam o momento torsor ao qual estão submetidos	2	Verifica de forma correta a condição de resistência, calculando a máxima tensão de cisalhamento e comparando com a tensão admissível, e verifica de forma correta a condição de rigidez, calculando o deslocamento angular máximo e comparando esse com o deslocamento angular admissível.

Item	Habilidade	Código	Descrição da rubrica
Q1 E	Estimar a força máxima que pode ser aplicada a um componente estrutural dada uma determinada condição a ser atendida	9	Resposta em branco
		0	Demonstra pouca ou nenhuma compreensão dos conceitos de resistência e não consegue apresentar uma análise coerente.
		1.1	Realiza a operação de forma correta, mas não identifica que no enunciado foi pedida apenas a verificação para a condição de resistência, efetuando a conclusão do item de forma incorreta.
		1.2	Realiza a operação de forma correta, mas traz erros dos itens anteriores e compara a tensão atuante com a tensão admissível errada.
		1.3	Realiza a operação de forma correta, mas utiliza a distância errada para o cálculo do momento torsor.
		1.4	Realiza a operação de forma correta, mas indica a unidade final de forma incorreta.
		1.5	Realiza a operação de forma correta, mas não indica a força P máxima e sim o momento torsor máximo.
		2	Calcula de forma correta a força máxima P de forma a garantir a condição de resistência do parafuso, substituindo os valores determinados nos itens anteriores de forma correta e indicando a unidade de medida correta na resposta final.

Fonte: Elaborado pela professora.

FORMANDO ENGENHEIROS PARA A SOCIEDADE 5.0: COMUNIDADES DE APRENDIZAGEM, DIVERSIDADE E METODOLOGIAS ATIVAS NO CURRÍCULO INTEGRADO COM O CAPSTONE

André Luiz Maciel Santana¹

Luciano Pereira Soares²

Angélica Turaça³

Carlos Magno de Oliveira Valente⁴

Fabiana Oliveira Paixão Fernandes⁵

Fábio Roberto de Miranda⁶

Franco Henrique Moro⁷

Gabriel Couto Mantese⁸

Guy Cliquet do Amaral Filho⁹

Igor Vac Coelho¹⁰

Fabício Jailson Barth¹¹

Lucas Falcão Artacho¹²

¹ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

² Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

³ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

⁴ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

⁵ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

⁶ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

⁷ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

⁸ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

⁹ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

¹⁰ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

¹¹ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

¹² Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo (FAU-USP).

*Licia Sales Costa Lima*¹³
*Luciana Campos Lima*¹⁴
*Rafael Amoroso Marzolla*¹⁵
*Romero Tori*¹⁶

Introdução

A aceleração tecnológica das últimas décadas tem redefinido profundamente o papel e as competências do engenheiro. A Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) integrou tecnologias digitais avançadas – como Internet das Coisas, inteligência artificial, manufatura aditiva e *big data* – aos processos produtivos, exigindo profissionais capazes de navegar por sistemas cada vez mais conectados e complexos. Mais recentemente, o conceito de Sociedade 5.0 ampliou esse horizonte ao propor uma integração entre o mundo digital e o bem-estar social, visando aprimorar a vida humana e promover sustentabilidade por meio do uso ético e centrado no ser humano (Gladden, 2019; Gürdür Broo; Gündüz; Norrie, 2022).

Nesse contexto, espera-se do engenheiro contemporâneo não apenas excelência técnica, mas também capacidade de inovação, visão sistêmica e sensibilidade para questões socioambientais. Competências como criatividade, pensamento crítico, colaboração multicultural, liderança e ética profissional tornaram-se fundamentais para enfrentar os desafios do século XXI (Graham, 2018; Lantada, 2020; Santana; Lopes, 2020).

Cabe salientar que essas transformações trazem novos desafios ao ensino superior em engenharia, exigindo que os currículos, tradicionalmente pautados em aulas teóricas e expositivas, sejam revistos para incorporar metodologias ativas de aprendizagem que estimulem o pensamento crítico. Entre essas estratégias, destacam-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), e a elaboração de materiais estruturados que sejam capazes de auxiliar o estudante durante sua formação, equilibrando autonomia e participação em sala.

No PBL, os alunos se deparam com problemas práticos antes da apresentação dos conceitos teóricos, o que favorece a colaboração, a investigação e a construção

¹³ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

¹⁴ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa.

¹⁵ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).

¹⁶ Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo (FAU-USP). Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP).

de soluções concretas, enquanto o professor assume o papel de facilitador (Casale, 2013; Freeman *et al.*, 2014). Esse formato fortalece a motivação intrínseca, amplia o engajamento e desenvolve competências essenciais, como autonomia, criatividade, iniciativa e trabalho em equipe, reafirmando o PBL como eixo integrador das demais estratégias (Freeman *et al.*, 2014; Coskun; Kayikci; Gencay, 2019; Santana; Lopes, 2024).

Outra metodologia ativa de aprendizagem, frequentemente utilizada, é a sala de aula invertida, que propõe uma inversão à lógica tradicional do ensino, priorizando a exposição prévia do aluno ao conteúdo por meio de recursos como videoaulas, materiais interativos e guias de aprendizagem “mão na massa”, deixando o tempo presencial para atividades práticas e discussões mais profundas. Essa abordagem contribui para maior participação dos estudantes, autonomia no aprendizado e resolução de problemas, aspectos essenciais à formação em engenharia (Bishop; Verleger, 2013).

A recente expansão da inteligência artificial generativa, exemplificada por ferramentas como o ChatGPT, traz novas oportunidades e desafios para o ensino superior. A Inteligência Artificial (IA) pode atuar como um assistente personalizado, auxiliando no esclarecimento de dúvidas, criação de conteúdos didáticos e suporte à aprendizagem individualizada. No entanto, também gera preocupações éticas relativas à integridade acadêmica, privacidade, vieses algorítmicos e confiabilidade das informações geradas (Cavalcanti; Tavares, 2024). Isso exige que educadores e estudantes desenvolvam uma postura crítica e responsável no uso dessas tecnologias, integrando-as de forma consciente e ética ao ambiente educacional (Cavalcanti; Tavares, 2024).

Ante a esses desafios educacionais, as comunidades de aprendizagem entre docentes surgem como espaços importantes para a reflexão coletiva, compartilhamento de experiências e construção conjunta de saberes pedagógicos. Essas comunidades promovem uma cultura de inovação e colaboração, permitindo aos professores de engenharia discutirem práticas, enfrentar dilemas comuns e aperfeiçoar estratégias de ensino, especialmente diante das novas tecnologias e metodologias emergentes (Wagner, 1998; Graham, 2018).

A conexão entre academia e mercado constitui uma das dimensões fundamentais para a formação em engenharia, alinhada às demandas atuais. Essa articulação pode ser observada, por exemplo, no modelo pedagógico adotado pelo Insper, instituição brasileira que implementa práticas educacionais baseadas em metodologias ativas e integradas às necessidades do mercado. Um exemplo dessa abordagem é o

projeto Capstone, realizado no último ano dos cursos de engenharia, no qual estudantes são desafiados a desenvolverem soluções tecnológicas para problemas reais apresentados por empresas parceiras, integrando conhecimentos técnicos adquiridos ao longo do curso com competências transversais requeridas pelo mercado de trabalho (Soares; Ayres, 2020; Insper, 2025). Complementarmente, o Insper também dispõe de ambientes equipados, como Fab Labs, que favorecem uma abordagem interdisciplinar e orientada pelo design centrado no usuário, em linha com recomendações internacionais para a educação em engenharia (Graham, 2018).

Diante desse cenário complexo e dinâmico, este capítulo aprofunda as transformações necessárias à formação do engenheiro do futuro, articulando teoria e prática. Na primeira parte, discutem-se os desafios da formação e as oportunidades do mercado. Em seguida, apresentam-se as experiências de construção de comunidades de aprendizagem no Insper, destacando práticas que dialogam com o ensino superior. Na sequência, analisam-se a estrutura do Projeto Capstone e outras metodologias didáticas inovadoras adotadas pelo corpo docente. O capítulo se encerra com uma reflexão sobre os principais obstáculos e oportunidades na educação em engenharia, indicando tendências e recomendações para formar profissionais capazes de liderar mudanças positivas na Indústria 4.0 e na Sociedade 5.0.

1. Desafios da formação e oportunidades de mercado

1.1 A dinâmica de oferta versus demanda

O alinhamento entre mercado de trabalho e formação profissional, historicamente, possui como característica uma distância, justificada, em parte, por fatores como (i) a falta de proximidade entre universidades e organizações, o que provoca um desalinhamento entre o que se forma e o que se demanda; (ii) recursos limitados para implementação de melhorias e atualizações nas grades curriculares, e especialmente, (iii) conhecimento restrito com relação à dinâmica e futuro do mundo do trabalho.

Nessa perspectiva, esta seção tem como objetivo refletir sobre as condições futuras do mundo do trabalho versus as características atuais da formação profissional relacionada às engenharias.

Segundo o relatório *Future of Jobs* (WEF, 2025), o mundo do trabalho pode ser resumido em uma palavra “complexidade”, e, portanto, gerando diversos desafios. Entre os citados no relatório, destacam-se:

1. A dimensão dos impactos tecnológicos nas características do trabalho.

É esperado que posições deixem de existir e outras surjam mediante o incremento tecnológico, a novidade está na ocorrência combinada de três dimensões que estão e continuarão impactando as características do trabalho:

- O nível de profundidade do impacto, ou seja, o quanto as novas tecnologias afetarão diversas camadas dos aspectos da sociedade, da economia e dos modelos de negócios;
- A intensidade do impacto, o quão capaz a tecnologia é de produzir transformações no *modus operandi* das pessoas, independentemente da área de atuação e/ou formação profissional;
- A abrangência do impacto em termos de limites de mercados, camadas sociais entre outros.

Tal combinação é oriunda das tecnologias atuais que envolvem a inteligência artificial, robótica e automação e geração, armazenamento e distribuição de energia.

2. O peso dos fatores econômico e climáticos, das tensões geopolíticas e da demografia global na dinâmica do mercado de trabalho.

A dinâmica do mercado de trabalho baseia-se na oferta e demanda de posições, sendo ela altamente influenciada pelas taxas inflacionárias. Segundo o relatório, apesar das tendências de a inflação criarem empregos até 2030, também existirá um deslocamento de 1,6 milhão de empregos globalmente. Parte destes estará relacionada a posições referentes à engenharia de energia renovável, ambiental e especialistas em veículos elétricos e autônomos, em decorrência dos aspectos climáticos.

No que tange ao aspecto de demografia global, enquanto a população em idade produtiva vai deixando o mercado de trabalho, especialmente em economias desenvolvidas, a expansão da população em idade produtiva ocorrerá, em maior parte, em economias emergentes. Neste caso, mudanças nos processos de formação acadêmica serão necessárias, além do aumento da responsabilização por parte das organizações no que se refere à continuidade e retroalimentação da formação iniciada no ensino superior.

O relatório aponta que as tensões geopolíticas tendem a se acirrar, a preocupação com segurança envolve não apenas as fronteiras das organizações, mas também entre países e blocos econômicos. Tal movimento pode representar uma oportuni-

dade em relação à oferta de posições pertinentes à engenharia de redes e à cibersegurança.

Considerando os dois desafios citados acima, há uma grande demanda no mercado de trabalho por posições de rápido crescimento, como especialistas em big data, engenheiros fintech, especialistas em inteligência artificial e aprendizado de máquina, além de desenvolvedores de software e aplicativos. Também se destacam as funções ligadas à transição verde e energética, como especialistas em veículos autônomos e elétricos, engenheiros ambientais e engenheiros de energia renovável.

O *U.S. Bureau of Labor Statistics* (BLS, 2025) estima que haverá cerca de 140.000 novos empregos para engenheiros até o ano de 2026 nos EUA, incluindo vagas relacionadas a novos projetos e a necessidade de substituição de profissionais que deixarão ocupações de forma permanente.

No que tange à realidade brasileira, o Censo de Educação Superior evidenciou o crescimento do número de matrículas em cursos de graduação tecnológica entre os anos de 2013 e 2023, incluindo as modalidades presenciais e remotas (Inep, 2023). Entretanto, observa-se uma diferença, significativa, entre os matriculados, os ingressantes e os concluintes, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de matrículas, de ingressos e de concluintes em cursos de graduação tecnológica

Ano	Total		
	Matrículas	Ingressos Total	Concluintes
2013	995.746	521.766	194.962
2014	1.029.767	569.973	206.129
2015	1.010.142	516.965	231.584
2016	946.229	531.424	215.043
2017	999.289	617.317	196.999
2018	1.098.066	719.569	212.037
2019	1.223.851	820.711	223.479
2020	1.435.197	980.164	269.860
2021	1.618.846	1.168.776	281.447
2022	1.813.574	1.384.317	275.070
2023	2.030.236	1.473.062	347.849

Fonte: Adaptado de Mec/Inep (2023); Tabela elaborada por Inep/Deed.

No ano de 2023, o Inep registrou 9.976.782 alunos matriculados em cursos de graduação em engenharia de 24.686.700 vagas oferecidas no Brasil (Inep, 2023).

Segundo levantamento realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2023, o Brasil apresentou um déficit de aproximadamente 75 mil engenheiros. Nessa perspectiva, a pesquisa conduzida pelo *Google for Startups* para a América Latina evidencia que, entre 2021 e 2025, deveriam ser abertas cerca de 800 mil vagas na área de engenharia, o que poderia resultar em um déficit de pelo menos 530 mil profissionais ao longo desse período (Google for Startups, 2024).

Provisiona-se que 87% das organizações em todo o mundo sentirão o impacto do déficit no número de profissionais qualificados em tecnologia (McKinsey; Company, 2021). Tal déficit tem suas origens em diversos fatores, tais como a evasão escolar, investimentos insuficientes em educação, deficiência no ensino básico, desinteresse pela área e currículos desatualizados (Crea-RJ, 2024).

Além disso, há fatores que tornam a entrada dos novos ingressantes ao mercado de trabalho extremamente desafiadora, tais como os requisitos que demandam dos cargos de entrada (estagiários, trainees e juniores) experiências de posições mais elevadas, dificuldade de acesso dos jovens profissionais às bases de conhecimento para tecnologia e a ausência de profissionais seniores capazes de mentorar os mais jovens (Google for Startup, 2024).

Diante do cenário de déficit de mão de obra qualificada e desafios para a entrada no mercado de trabalho, faz-se necessário reconhecer que todo talento deve ser aproveitado. Tendo em vista que talento não possui preferência de gênero e da, já conhecida, desproporcionalidade numérica entre profissionais de gênero feminino e masculino, alguns aspectos precisam ser observados.

1.2 Aproveitamento de todos os talentos

Segundo o Conselho Federal de Engenharia, atualmente, apenas 20% dos estudantes e profissionais são mulheres. Ainda, na base de dados do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia é possível identificar 931.823 profissionais do gênero masculino e 235.219 do feminino (Confea, 2024). Essa sub-representação de mulheres na área tecnológica é resultado de desafios que se iniciam nos primórdios da formação de STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) e seguem ao longo de toda a trajetória.

No tocante ao ambiente acadêmico, o relatório “Uma equação desequilibrada: aumentar a participação das mulheres na STEM na LAC” (América Latina e Caribe)

da Unesco (Bello, Estébanez, 2022, p. 9) explicita: “apesar dos esforços para reduzir a diferença de gênero nos campos STEM, ainda existem lacunas na educação e nos níveis de carreira em quase todos os países em todo o mundo”.

Aspectos como baixas expectativas do corpo docente, combinadas com uma atitude de “deixe-me mostrar a você”, enviam uma mensagem às alunas de que o ambiente STEM é masculino e que a assistência masculina é necessária para ter sucesso (Falk *et al.*, 2017). Além disso, a presença de sexismo aberto, assédio sexual, atos encobertos de isolamento e exclusão acabam criando um ambiente hostil e ameaçador para as alunas (Falk *et al.*, 2017). Faz-se necessário ressaltar a inadequação de modelos educacionais não representativos de especificidades femininas (Moreno; Murta, 2023).

A entrada no mercado de trabalho, além dos aspectos citados anteriormente comuns a todos os novos ingressantes, no caso das formandas, os processos seletivos, em sua maioria, baseados em critérios subjetivos, reforçam muitas das experiências vividas no meio acadêmico que contribuem para a discriminação implícita (Lima *et al.*, 2013).

Isso torna o início da jornada profissional extremamente desafiadora, entretanto, possivelmente menos do que a sua permanência no mercado de trabalho, dada a significância de fenômenos observados (Boffi; Oliveira-Silva, 2021) ao analisar os estudos pertinentes à construção da carreira das engenheiras, tais como:

- **Teto de vidro** (*glass ceiling*): o nome desse fenômeno é uma analogia às barreiras invisíveis – o teto de vidro - e intransponíveis relacionadas ao acesso de mulheres aos cargos de gestão, mesmo diante de comprovada experiência, bons resultados e formação apropriada.

- **Afunilamento** (*leaky pipeline*): neste caso, o mercado de trabalho representa um “oleoduto”, ou seja, um trajeto em que a representatividade feminina vai diminuindo ao longo do caminho em STEM, assim o fenômeno diz respeito ao volume de mulheres que abandonam o trajeto em seus diferentes momentos, desde a formação acadêmica.

- **Tesoura**: o fenômeno tem como analogia o “instrumento de corte”, ou seja, o processo que exclui as mulheres mesmo quando estas estão em maior número. Por exemplo, quando se observa um maior número de mulheres do que homens ingressantes na graduação, entretanto, essa diferença se inverte ao longo do mestrado e doutorado.

Boffi e Oliveira-Silva (2021) sugerem estratégias que podem auxiliar a superação desses desafios, tais como o estabelecimento de processos de mentorias que

facilitam o desenvolvimento estudantil e profissional, o aconselhamento de carreira para que as mulheres sejam capazes de decidir adequadamente sobre a escolha de carreira, a geração de visibilidade para programas relacionados às mulheres na ciência, e a construção de uma rede de relacionamento entre as alunas ingressantes e as veteranas.

1.3 Foco nas habilidades requeridas

Dentre as habilidades requeridas pelo mercado de trabalho futuro, destacam-se como essenciais (WEF, 2025):

Quadro 1 - Habilidades essenciais para o futuro

IA, big data, alfabetização tecnológica	Habilidades tecnológicas
pensamento analítico; pensamento criativo e sistêmico	Habilidades cognitivas
resiliência, flexibilidade e agilidade, motivação e autoconsciência	Habilidades de autoeficácia (capacidade que permite às pessoas enfrentarem adversidades e executar tarefas novas ou difíceis).
liderança e influência social	Habilidade de relacionamento
Gestão de talentos	Habilidade de gestão

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base no WEF, 2025.

Tendo em vista que esse conjunto de habilidades se aplica a todas as formações, ao se tratar, especificamente, da engenharia evidencia-se a demanda por uma revisão curricular em que os formandos sejam capazes de demonstrar não apenas o domínio técnico, mas também comportamentos que, historicamente, não eram considerados requisitos para se tornar um engenheiro.

Destaca-se que tais mudanças curriculares seriam extremamente positivas em relação ao alinhamento com as demandas organizacionais, entretanto, também deve ser explicitado que ensinar conteúdo não significa, necessariamente, desenvolver os comportamentos desejados pelo mercado. Este último depende, em sua maioria, das estratégias didáticas adotadas na implementação dos conteúdos.

Em termos práticos, incluir teoria de liderança nos cursos de engenharia não é o mesmo que propiciar a formação de comportamentos de liderança. Essa diferença

torna ainda mais desafiadora a questão de formação de habilidades, uma vez que implica preparar professores para assumirem papéis diferentes dos tradicionais, suportá-los no processo de implementação de novos métodos de ensino e o acompanhamento não apenas do desenvolvimento dos alunos, mas dos seus próprios.

Telles (2023) argumenta que as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) propostas pelo Conselho Nacional de Educação, em 2019, tornaram o perfil do egresso mais abrangente, incluindo dimensões não técnicas; especificaram que o ensino deve abranger metodologias ativas de aprendizagem, interdisciplinaridade; direcionaram sobre a manutenção constante da atualização das práticas pedagógicas do seu corpo docente. Diante dessas constatações, o autor observa que as dificuldades de implementação de tais melhorias são de diferentes naturezas, como:

Da perspectiva do professor (Telles, 2023):

- Ausência de conhecimento dos professores sobre métodos educativos alternativos.
- Ausência de compromisso em incorporar novas abordagens de ensino e respectivos papéis em sala de aula.
- Dificuldade no desenvolvimento de habilidades relacionadas às novas metodologias ativas, podendo envolver disponibilidade de tempo para tal.
- Ausência de conhecimento do processo de aprendizado envolvido nas novas abordagens pedagógicas.
- Baixa percepção de valor das metodologias ativas devido às crenças de suas próprias formações.

Da perspectiva da instituição de ensino (Amaral; Oliveira Boery, 2022):

- Problemas curriculares relacionados à distribuição de carga horária entre os conteúdos.
- Falta de recursos tecnológicos que favoreçam as novas metodologias.
- Dificuldades para realizar o preparo dos docentes e o seu acompanhamento e suporte na transição de abordagem.
- Dificuldade para engajar os docentes em suas trilhas de desenvolvimento.

Da perspectiva dos alunos:

- Dificuldade dos alunos em realizarem as tarefas prévias para que seja possível o máximo de aproveitamento do tempo em sala de aula, cumprindo com as atividades planejadas.

- Dificuldade de compreender a dinâmica que envolve a aplicação da metodologia, especialmente no que diz respeito ao seu comportamento em sala de aula.
- Resistência em assumir o protagonismo no processo de aprendizado.

Apesar de todas as dificuldades citadas, observa-se que as metodologias ativas já fazem parte da realidade das instituições de ensino superior no Brasil (Santos, 2023), é natural que tais dificuldades ainda perdurem, tendo em vista inclusive o nível de complexidade geográfica e multicultural que envolve o país. Para que seja possível o desenvolvimento das habilidades citadas no WEF (2025), o contexto contemporâneo impõe um outro desafio: a saúde mental dos jovens.

1.4 A saúde mental como variável determinante na formação

Tendo em vista que a graduação em engenharia é reconhecida como um forte fator de empregabilidade, os níveis de ansiedade dos participantes dos processos seletivos podem ser elevados desde antes do seu ingresso na universidade, devido à alta concorrência, à pressão pelas expectativas de transição para o mercado de trabalho, às incertezas quanto ao futuro profissional e às exigências de alto desempenho (Bezerra *et al.*, 2021).

Nesse sentido, depois da aprovação, o ingresso em um curso de nível superior representa mais do que um desafio acadêmico, é um marco de mudança social para os adolescentes ou adultos jovens em processo de construção de sua identidade (Bezerra *et al.*, 2021).

Em geral, os alunos se deparam com muitas facetas do desconhecido: os demais alunos são desconhecidos, o ambiente é desconhecido, os professores são desconhecidos, a rotina é desconhecida, enfim, é um cenário capaz de suscitar um certo nível de ansiedade por si só. Além disso, um aspecto a ser considerado, nesse cenário, é que a faixa etária em que os estudantes universitários se enquadram representa um período suscetível a manifestações de diversas doenças psiquiátricas (Arnett, 2010).

Estudos vêm apontando que a ansiedade pode se tornar um fator mais relevante do que era em décadas passadas. Em 2021, a Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (IBGE, 2021) evidenciou um quadro preocupante com relação à saúde mental dos 11,8 milhões de estudantes entre 13 e 17 anos. Os registros da Rede de Atenção Psicossocial do SUS do período compreendido entre os anos de 2013 e 2023 mostram que a ansiedade entre jovens supera a de adultos. O número de pacientes ado-

lescentes é de 157 a cada 100 mil, já os com mais de 20 anos a taxa é de 112,5 a cada 100 mil (Brasil, 2023).

Nesse contexto, outra condição que gera preocupação é a Síndrome de Burnout, referente ao processo de esgotamento, exaustão física e psíquica do indivíduo em virtude de estresse oriundo tanto de exigências pessoais quanto do meio. Dantas *et al.* (2023) argumentam que, apesar de o Burnout ser atribuído a profissionais já atuantes no mercado, ele pode ser ocasionado durante o processo de formação do profissional mediante as longas cargas horárias de estudos e de atividades extracurriculares. Os autores conduziram um estudo com estudantes do curso de engenharia de alimentos e engenharia civil. Os resultados evidenciaram que 56% dos alunos de engenharia civil apresentaram características de Burnout e 43% dos de engenharia de alimentos.

A preocupação com a saúde mental dos universitários não é nova, Barros e Peixoto (2023) relatam que a Universidade de Princeton (EUA) implantou o primeiro serviço de saúde mental aos estudantes em 1910 e que, em 1936, 40% das universidades americanas já possuíam um tipo de serviço de apoio. Na realidade brasileira, isso veio a acontecer em 1957, com a implantação do serviço de higiene mental da Universidade de Pernambuco, voltada aos estudantes de medicina.

A partir de uma revisão da literatura realizada em sua dissertação de mestrado sobre a assistência à saúde mental de estudantes universitários, Santos (2023) concluiu que, apesar do crescimento do interesse pela temática, o atendimento psicológico, individual ou em grupos aos estudantes, ainda é apresentado como a principal alternativa de assistência às questões de saúde mental. Isso significa que o foco de atuação das instituições de ensino superior está na perspectiva do adoecimento e não na prevenção. Portanto, tem-se nesse ponto uma grande oportunidade para a ação!

Em suma, preparar os futuros engenheiros significa ir muito além de discutir os componentes curriculares, as metodologias e as habilidades e competências demandantes do mercado de trabalho, envolve compreender e suportar o aluno na esfera psicossocial, assegurando que tais indivíduos sejam capazes de se manterem saudáveis e produtivos ao longo da sua trajetória de formação, e assegurando uma transição segura para o mercado de trabalho.

Retomando o objetivo de refletir sobre as condições futuras do mundo do trabalho versus as características atuais da formação profissional relacionada às engenharias, tem-se a síntese descrita no Quadro 2 sobre os desafios da formação e oportunidades do mercado de trabalho:

Quadro 2 - Desafios da formação e oportunidades do mercado de trabalho

Desafios	Oportunidades
Desalinhamento entre formação acadêmica e exigências do mercado	Expansão de áreas como inteligência artificial, big data, energia renovável e veículos elétricos
Baixa atualização dos currículos e resistência à adoção de metodologias ativas	Reformulação das Diretrizes Curriculares Nacionais (2019), ampliando o perfil do egresso
Falta de preparo docente para novas abordagens pedagógicas	Maior valorização de competências socioemocionais e habilidades transversais
Evasão escolar e desinteresse por cursos de engenharia	Déficit de profissionais qualificados abrindo espaço para novos ingressantes
Sub-representação de mulheres na engenharia	Programas de incentivo à participação feminina em STEM e redes de mentoria
Dificuldade de acesso ao mercado por jovens profissionais	Crescimento das vagas para engenheiros em áreas emergentes e tecnológicas (ex.: fintech, cibersegurança)
Desafios psicossociais e aumento de transtornos mentais durante a formação	Implantação de programas de apoio psicológico nas universidades e foco em prevenção
Baixa presença de profissionais seniores para mentoria	Oportunidade de valorização de experiências intergeracionais
Incerteza sobre o futuro do trabalho devido a mudanças tecnológicas e geopolíticas	Desenvolvimento de engenheiros preparados para lidar com complexidade e transições globais
Dificuldade de implementação de habilidades comportamentais (liderança, resiliência)	Demanda crescente por engenheiros com competências híbridas e visão sistêmica

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Em razão dos desafios discutidos ao longo desta seção, como a sub-representação feminina na engenharia, o desalinhamento entre a formação acadêmica e as demandas do mercado de trabalho, as dificuldades na implementação de metodologias ativas e os impactos psicossociais que afetam os estudantes, torna-se evidente que a transformação da educação em engenharia requer soluções construídas de forma colaborativa e sustentáveis ao longo do tempo.

Nesse contexto, as comunidades de aprendizagem entre docentes, especialmente aquelas dedicadas à discussão de temas emergentes, assumem um papel estratégico como catalisadoras de mudança. Ao estimularem o compartilhamento de experiências, a reflexão coletiva e a atualização contínua, essas comunidades fortalecem os vínculos entre teoria, prática e inovação no ensino superior.

Com base nesse entendimento, a próxima seção propõe a construção e o aprofundamento do papel dessas comunidades na formação de engenheiros mais bem preparados para os desafios contemporâneos. Para exemplificar essa abordagem, será apresentada, no contexto do Insper, a experiência da Comunidade de Aprendizagem em Inteligência Artificial.

2. Construção de comunidades de aprendizagem

As comunidades de aprendizagem entre docentes constituem uma abordagem colaborativa e contínua de desenvolvimento profissional, na qual os educadores compartilham conhecimentos, experimentam novas práticas e constroem significados a partir da reflexão coletiva sobre o ensino (Cox, 2004).

Inspiradas em princípios semelhantes aos das Comunidades de Prática, essas comunidades baseiam-se em três elementos essenciais: (i) um domínio de conhecimento compartilhado, que confere identidade e propósito ao grupo; (ii) uma comunidade que se forma a partir do engajamento contínuo entre os participantes; e (iii) uma prática compartilhada, desenvolvida ao longo do tempo por meio do uso coletivo de recursos, estratégias e experiências (Wenger, 1998).

No entanto, diferentemente das Comunidades de Prática, cuja aprendizagem emerge como consequência da participação em atividades do grupo, as comunidades de aprendizagem assumem a aprendizagem como objetivo central e estruturante. Essa intencionalidade as torna especialmente relevantes em ambientes universitários, nos quais a formação de estudantes e o aprimoramento da prática docente estão no cerne da missão institucional. Nessas comunidades, a **troca de informações**, o **apoio mútuo** e o **compromisso com a melhoria contínua** criam um espaço para a construção colaborativa de conhecimento, alinhando inovação pedagógica e desenvolvimento profissional.

No contexto da inteligência artificial (IA), especialmente com o avanço de ferramentas generativas, essas comunidades ganham relevância não apenas como espaços de apoio, mas também como ambientes que estimulam a inovação pedagógica, o pensamento crítico e o fortalecimento da identidade docente (Vescio; Ross; Adams, 2008).

No Insper, entendemos que a comunidade é um caminho válido para conversarmos sobre a IA, pois, em uma instituição que já conta com uma área de *Desenvolvimento de Ensino e Aprendizagem* (DEA), fazia sentido fortalecer espaços horizontais de troca entre docentes. A comunidade promove o diálogo entre diferentes cursos e formações, ampliando a interdisciplinaridade e favorecendo a construção

coletiva. A partir do encontro entre diferentes experiências e contextos, ampliam-se as possibilidades de atuação pedagógica com intencionalidade e autonomia.

Assim, em 2024, teve início a construção de uma comunidade de aprendizagem voltada para o uso da inteligência artificial no ensino superior. O processo começou com o envio de um formulário para identificar os docentes interessados e levantar informações sobre suas experiências prévias com IA. Entre aqueles que já haviam utilizado a tecnologia em contextos acadêmicos, foram mapeados e classificados os principais benefícios e desafios percebidos, considerando seu impacto nos processos de ensino e aprendizagem.

A partir desse levantamento inicial, estruturado com 114 docentes, foi possível identificar um grupo de professores dispostos a compartilhar suas práticas e colaborar ativamente na formação da comunidade. Além disso, categorizamos os benefícios do uso de IA em: (i) aprimoramento; (ii) diferenciação; e (iii) economia de tempo, enquanto os desafios foram categorizados entre (i) pedagógicos; (ii) técnicos; (iii) de capacitação; e (iv) de questões éticas.

O DEA foi responsável por organizar uma sequência de encontros formativos, tanto no formato presencial, quanto remoto, com o objetivo de promover a aprendizagem entre pares e aprofundar a reflexão sobre o uso da inteligência artificial no ensino superior. Todos os eventos foram pensados para favorecer o diálogo, a apresentação de experiências concretas e o debate sobre dilemas éticos e pedagógicos, promovendo uma cultura de colaboração e apoio mútuo.

Essa proposta está em consonância com abordagens contemporâneas de desenvolvimento docente que destacam o papel das comunidades de aprendizagem para a melhoria da prática educativa (Darling-Hammond, 2016), bem como com diretrizes internacionais que valorizam ambientes colaborativos, inovação curricular e práticas centradas no estudante como elementos-chave para o avanço do ensino superior, especialmente nas engenharias (Graham, 2018).

Em 2024, foram realizados nove encontros entre setembro e novembro, iniciando por encontros de abertura, guiados por diretores do Insper, em que foram apresentados vídeos de curta duração dos docentes, que compartilharam práticas de sala de aula que integram o uso de IA, ajudando a contextualizar o tema de forma acessível e situada. Além disso, foi o momento de o Insper trazer seu posicionamento em relação à IA para os docentes.

Em seguida, os workshops introdutórios permitiram que os participantes entendessem o contexto da IA generativa, além de conhecerem e explorarem diferentes ferramentas de Inteligência Artificial Generativa, como o ChatGPT, com orientações

práticas sobre como aplicá-las no planejamento de aulas e elaboração de atividades. Esses workshops foram presenciais, ministrados por um docente do Insper com experiência no assunto abordado.

As trocas de experiências trouxeram um caráter mais pessoal e aprofundado, com docentes convidados relatando seus percursos, adaptações e aprendizados no uso da IA – criando um espaço para troca horizontal e construção conjunta. Esse tipo de evento foi realizado 100% remoto, com dois docentes por dia compartilhando suas experiências, além de um momento de troca com os ouvintes ao final.

Por fim, as discussões em grupo se basearam na leitura de textos previamente selecionados, com foco em temas críticos como o impacto da IA na avaliação. Em 2024, por exemplo, utilizamos Perkins *et al.* (2024), que propõem uma escala como um guia ético para integração da IA Generativa em avaliações educacionais e Chen (2023), que sugere quatro direções para a reformulação de avaliações na era da IA generativa. Esse evento foi realizado nos dois formatos, presencial e remoto, em que os docentes participantes foram separados em pequenos grupos (de 3 a 5 docentes) para discutir a partir de perguntas orientadoras.

Para garantir flexibilidade de horário e alcançar um maior número de docentes, todos os eventos foram replicados pelo menos duas vezes, permitindo que mais docentes pudessem participar de acordo com sua disponibilidade.

A comunidade contou ainda com outras estratégias de apoio, como uma página online com curadoria de conteúdos, repositório de práticas docentes e um fórum de discussão. No entanto, o engajamento mostrou-se mais consistente nos encontros síncronos descritos anteriormente.

Depois de cada evento, foram coletados os principais *feedbacks* qualitativos dos participantes ao final de cada encontro, os quais revelaram tanto aprendizagens conceituais quanto inspirações práticas. Muitos docentes relataram que aprimoraram a formulação de *prompts*, conheceram novas ferramentas e perceberam a importância de repensar práticas avaliativas. Também foi mencionado que passaram a compreender melhor o papel da IA em sala de aula, o uso de assistentes de IA personalizados e a integração da IA em diferentes momentos da disciplina. Além disso, os encontros proporcionaram um espaço seguro para compartilhar dúvidas, reconhecer desafios comuns entre áreas e perceber o valor da troca entre pares:

- “Minhas preocupações são compartilhadas pelos pares.”
- “Achei fantástico conhecer a escala de avaliação da IA do Leon Furze.”
- “Já utilizava a IA, mas aprendi hoje a estruturar melhor seu uso em sala de aula.”

A partir dessas devolutivas, emergiu com força a necessidade de estabelecer diretrizes claras para o uso da inteligência artificial em sala de aula. Essa demanda local reflete um cenário global: segundo um levantamento recente do *Digital Education Council*, apenas 6% dos docentes afirmam que suas instituições de ensino ofereceram diretrizes claras sobre o uso de IA Generativa (Digital Education Council, 2025).

Com base nesse cenário e inspirados no modelo proposto pela *Graduate School of Business* da Universidade de Stanford, desenvolvemos um conjunto de diretrizes institucionais que oferecem três possibilidades de uso da IA em atividades acadêmicas. O objetivo foi garantir que os docentes pudessem adotar a abordagem que melhor dialogasse com o desenho de suas disciplinas, seus objetivos de aprendizagem e os contextos específicos de seus estudantes.

Para apoiar a implementação dessas diretrizes, realizamos cinco encontros remotos de acolhimento e orientação, nos quais os docentes puderam discutir suas dúvidas e compartilhar experiências, refletindo sobre o uso ético e pedagógico da IA. Esses momentos foram fundamentais para fortalecer o senso de pertencimento à comunidade e promover uma adoção mais consciente e contextualizada das novas tecnologias.

Essas ações reforçam o potencial das comunidades de aprendizagem como espaços vivos de desenvolvimento docente, especialmente quando articuladas a temas emergentes como o uso da inteligência artificial. Ao promoverem encontros frequentes, trocas significativas e apoio mútuo entre educadores, essas comunidades não apenas contribuem para a inovação, mas também fortalecem o sentimento de pertencimento institucional e a confiança para experimentar novas práticas.

Os resultados obtidos até aqui evidenciam que iniciativas estruturadas com intencionalidade, flexibilidade e escuta ativa têm mais chances de gerar impacto real na prática docente – especialmente em áreas como a engenharia, em que a integração entre conhecimento técnico, inovação e competências pedagógicas é fundamental para formar profissionais preparados para os desafios contemporâneos.

Dessa forma, a experiência da Comunidade de Aprendizagem em Inteligência Artificial ilustra como iniciativas colaborativas, ancoradas em escuta ativa, intencionalidade pedagógica e abertura à experimentação, podem apoiar a transformação da prática docente ante a temas complexos e em constante transformação. Ao fomentar um ambiente de confiança e apoio entre pares, essas comunidades não apenas impulsionam o desenvolvimento de competências didáticas, mas também estimulam a coautoria de soluções educacionais mais alinhadas com os desafios do presente e do futuro.

Essa lógica de aprendizagem contínua, colaborativa e situada também pode ser estendida aos próprios estudantes, especialmente na formação em engenharia e ciência da computação. Assim como os docentes se beneficiam de espaços para refletir sobre sua prática e experimentar novas abordagens, os estudantes também precisam vivenciar contextos que os desafiem a integrar conhecimentos técnicos, habilidades interpessoais e pensamento crítico em situações reais e complexas. É justamente nesse ponto de convergência entre prática profissional e formação acadêmica que se insere a proposta do Capstone, apresentada na próxima seção.

3. Capstone

Na educação em engenharia e ciência da computação, um tema amplamente debatido é a importância de proporcionar aos estudantes experiências profissionais reais que os preparem para se tornarem profissionais competentes (De Carvalho *et al.*, 2022; Mesquita, 2015; Carvalho, 2017; Soares *et al.*, 2016). A maioria dos cursos tradicionais de engenharia e de ciência da computação ainda são fortemente baseados em aulas teóricas, exercícios padronizados e experimentos de laboratório previamente planejados.

Embora esses recursos tenham seu valor, eles pouco preparam os estudantes para lidar com incertezas, escopos mal definidos e demandas abertas – condições típicas do dia a dia de quem trabalha com tecnologia. Além disso, em muitos cursos as competências são tratadas de forma isolada, o que dificulta a demonstração integrada das habilidades necessárias para a atuação profissional. Por exemplo, espera-se um bom conhecimento técnico dos estudantes, mas também competências de comunicação e trabalho em equipe, caso contrário, um conhecimento técnico sólido pode ser pouco observado devido a uma comunicação fraca.

Diante desse cenário, uma prática cada vez mais adotada em instituições de ensino ao redor do mundo é o Capstone, que em geral é apresentado como uma disciplina em que os estudantes devem desenvolver um projeto proposto por uma empresa, voltado para a resolução de um problema real (Soares; Ayres, 2020, Soares *et al.*, 2024). O Capstone surgiu muito por exigência de órgãos de acreditação como a Abet (Abet, 2025), que esperam que os cursos de ensino superior tenham uma experiência integradora. Essa experiência do Capstone permite avaliar se os estudantes estão, de fato, prontos para o mercado de trabalho, com as competências profissionais essenciais devidamente desenvolvidas.

3.1 Desafios na implementação de parcerias entre indústria e academia

Embora a proposta mais comum do Capstone seja trazer desafios da indústria para a graduação (Neyem *et al.*, 2024), uma das primeiras dificuldades nesse modelo colaborativo é a percepção compartilhada pela indústria e pela academia de que essas parcerias nem sempre são eficazes ou produtivas. Essa visão frequentemente surge da divergência entre os objetivos acadêmicos, focados em estudos amplos e aprofundados, e as necessidades da indústria, que prioriza soluções práticas e rápidas. O Capstone busca mitigar esse problema ao direcionar estudantes prestes a se formarem para resolverem problemas reais da indústria dentro de um prazo limitado, geralmente de um a dois semestres, definindo critérios de qualidade claros, conferindo foco aos projetos e restringindo o tempo de estudo.

Em alguns lugares do mundo, os benefícios da parceria entre academia e indústria já são reconhecidos, e empresas chegam a investir valores significativos para que grupos de estudantes desenvolvam projetos propostos por elas (Ward, 2013). No Brasil, essa cultura ainda não é fortemente difundida, e muitas empresas demonstram resistência em investir na academia para que estudantes de graduação conduzam projetos. De fato, existe o risco de que os projetos propostos não avancem ou não resultem em soluções plenamente funcionais, o que gera insegurança quanto ao investimento. Isso leva a pontos de como esse acordo entre empresas e instituições de ensino pode funcionar.

Em um modelo tradicional de projeto, uma empresa contrata ou terceiriza algum serviço de implementação e coloca as cláusulas que o projeto deve ser entregue, em certo tempo, com certa qualidade, e existem punições caso a entrega não atinja tais pontos. O que claramente não vai funcionar em um sistema no qual alunos ainda não formados desenvolvam projetos.

Ainda assim, algumas empresas claramente reconhecem o valor dessa colaboração e entendem que os benefícios vão além do resultado do projeto. Uma possível lista de benefícios para empresas envolvidas em projetos Capstone inclui:

- **Projeto funcional:** a empresa pode integrar o resultado ao seu funcionamento ou explorá-lo comercialmente de alguma forma. Muitos desses projetos são complexos e o tempo do Capstone não é suficiente para finalizá-los completamente, mas permite avaliar a viabilidade de uma solução baseada em determinada tecnologia, nesse ponto a empresa avalia se vale a pena continuar o desenvolvimento internamente.

- **Identificação de talentos:** muitas empresas se interessam em observar o desempenho dos estudantes durante o projeto para, posteriormente, convidá-los a integrar seus times. O Capstone se torna, assim, uma oportunidade real de recrutamento, permitindo avaliar competências técnicas e comportamentais em um contexto prático.

- **Busca de parceiros:** em alguns casos, a empresa proponente não tem interesse ou capacidade de internalizar o projeto, mas enxerga valor na sua continuidade. Nesses casos, ela pode incentivar os estudantes a empreenderem com base na solução desenvolvida, oferecendo-se como cliente inicial ou apoiador do novo negócio.

3.2 A importância do acompanhamento de projetos

O acompanhamento do projeto é outro aspecto fundamental em iniciativas de Capstone. As empresas precisam estar ativamente envolvidas no desenvolvimento, pois parte essencial da experiência de aprendizagem dos estudantes está na interação com profissionais do mercado que compreendem o desafio proposto. Essa interação permite que os alunos desenvolvam e demonstrem habilidades importantes, como comunicação, escuta ativa e adaptação às necessidades reais de um cliente. Do lado da empresa, espera-se que os estudantes apresentem seus progressos de forma regular, permitindo que as prioridades das etapas seguintes sejam definidas em conjunto, promovendo uma colaboração efetiva e alinhada aos objetivos do projeto.

3.3 A vivência do trabalho em equipe e a diversidade de formações

Outro ponto importante desses projetos é a vivência do trabalho em equipe, que proporciona aprendizados valiosos para os estudantes. No caso do Insper, por exemplo, os grupos podem ser compostos por alunos de diferentes cursos, como Engenharia de Computação, Engenharia Mecânica, Engenharia Mecatrônica e Ciência da Computação. Inicialmente, essa diversidade pode representar um desafio, já que os estudantes precisam aprender a colaborar com colegas de formações e perspectivas distintas. No entanto, a médio prazo, essa interação se revela extremamente rica, promovendo aprendizados tanto em aspectos técnicos quanto nas dimensões culturais e de comunicação próprias de cada área.

3.4 O desafio da avaliação dos estudantes e o feedback das empresas

O processo de avaliação dos estudantes em projetos de Capstone envolve um ponto delicado, especialmente quando há financiamento por parte das empresas. Em modelos nos quais não há investimento direto, as empresas tendem a ser sempre positivas em relação aos resultados apresentados, mesmo que estes não atendam plenamente às expectativas. Já em projetos financiados, a situação muda: as empresas passam a esperar mais dos estudantes e exigem entregas de maior qualidade.

Essa diferença de expectativa cria uma dificuldade significativa no uso dos *feedbacks* das empresas como base para a avaliação dos estudantes. Por isso, muitas universidades optam por não utilizar diretamente esses retornos empresariais como critério formal de avaliação.

3.5 O processo de proposição e avaliação da complexidade dos projetos

As empresas enviam propostas de projetos para que os estudantes possam se candidatar às vagas disponíveis. No entanto, é necessário garantir que cada projeto tenha uma complexidade adequada antes de ser apresentado aos estudantes. Para isso, os professores devem ler e compreender as propostas, emitindo um parecer sobre a adequação da complexidade. Alguns projetos podem ser muito mais complexos do que o esperado, enquanto outros podem ser simples demais, dificultando uma avaliação apropriada do desempenho dos estudantes. Vale lembrar que a complexidade esperada varia de acordo com o tempo de dedicação previsto para o projeto.

3.6 Alinhamento e comunicação para o sucesso do projeto

Para o sucesso do projeto, é fundamental que estudantes, orientadores e representantes das empresas estejam continuamente alinhados, o que requer a realização de reuniões regulares. Reuniões semanais costumam ser adequadas na maioria dos casos. Para isso, recomenda-se definir um dia da semana para encontros entre estudantes e orientador, e outro dia para reuniões entre estudantes e a empresa. Frequências muito maiores podem levar os estudantes a se concentrarem em tarefas pouco relevantes ou a tomarem decisões inadequadas. Por outro lado, reuniões muito espaçadas tendem a gerar poucos resultados concretos que possam ser discutidos entre os participantes.

3.7 Ética, normas técnicas e postura profissional

Projetos Capstone também envolvem temas fundamentais de engenharia e ciência da computação que vão além da execução técnica do projeto. Um desses temas é a responsabilidade ética e profissional. Durante o desenvolvimento, os estudantes devem garantir que suas propostas não infringem nenhuma norma ética. Caso necessário, o grupo deve submeter o projeto a um comitê de ética antes de prosseguir com sua implementação. Além disso, espera-se que os estudantes se familiarizem com o uso de normas técnicas. Por isso, são incentivados a buscar e aplicar normas relevantes relacionadas ao escopo de seus projetos, assegurando conformidade com padrões reconhecidos.

Outro aspecto importante nos projetos Capstone é a postura profissional dos estudantes. Espera-se que, ao longo do semestre, eles adotem uma atitude condizente com o ambiente profissional. Isso inclui ser pontual nas reuniões, utilizar uma linguagem apropriada, apoiar os colegas sempre que necessário, manter uma comunicação clara e honesta, evitar qualquer forma de discriminação, entre outras atitudes fundamentais para o bom andamento do projeto.

3.8 Gestão de projetos Capstone

Para a condução do projeto, não existe uma estratégia única de gestão que se adapte a todos os casos. Em particular, projetos mais voltados à área de computação tendem a adotar metodologias ágeis, que são convenientes para o desenvolvimento de software. Com interações curtas, essas metodologias permitem entregas frequentes e oferecem um controle eficaz para todos os envolvidos. Projetos de outras áreas da engenharia costumam seguir uma filosofia semelhante, embora com terminologias diferentes. Por exemplo, muitos professores preferem utilizar o termo “gate” para definir pontos de controle e validação das entregas.

As experiências relatadas no contexto do Capstone mostram como o desenvolvimento de projetos reais contribui de forma significativa para uma formação mais integrada e alinhada às exigências do mundo profissional. A vivência de problemas abertos, a necessidade de comunicação efetiva com diferentes atores e a valorização de posturas éticas e profissionais permitem que os estudantes desenvolvam, de maneira prática e contextualizada, competências que vão além do conhecimento técnico. Esses elementos reforçam a importância de abordagens educacionais que promo-

vam não apenas a aprendizagem científica e tecnológica, mas também habilidades interpessoais, pensamento crítico e autonomia.

Com base nessa perspectiva, que busca integrar diferentes saberes e aproximar a formação acadêmica dos desafios contemporâneos, a próxima seção apresenta exemplos de práticas didáticas inovadoras desenvolvidas no Insper. Essas iniciativas também têm como objetivo preparar os estudantes para atuarem de forma criativa, colaborativa e responsável em contextos diversos e em constante transformação.

4. Práticas didáticas inovadoras

A formação do engenheiro moderno exige que as instituições de ensino superior desenvolvam inovações pedagógicas capazes de preparar seus egressos para atuar em contextos cada vez mais dinâmicos, interdisciplinares e tecnologicamente avançados. Pesquisas como as de Santana e Lopes (2024) e Calp e Bütüner (2022) convergem com os relatórios da *European Commission* (2021), que indicam que as competências esperadas, tanto pela sociedade quanto pelo mercado, vão além do domínio técnico: é necessário integrar pensamento crítico, criatividade, colaboração, fundamentos científicos sólidos e competências em tecnologia da informação, de modo a impulsionar o desenvolvimento de soluções inovadoras, sustentáveis e socialmente responsáveis.

Além da competência técnica, os engenheiros do século XXI precisam desenvolver habilidades interpessoais e metacognitivas, como comunicação eficaz, trabalho em equipe, criatividade e capacidade de aprender continuamente, conforme também apontam o *Future of Jobs Report* (World Economic Forum, 2025), o *Learning Compass 2030* (OCDE, 2020) e o estudo *Creating the University of the Future* (Ehlers; Eigbrecht, 2024).

No Insper, essa motivação orienta a adoção de práticas inovadoras em diversas disciplinas dos cursos de engenharia e computação. Este capítulo destaca quatro exemplos: Tópicos essenciais de Matemática e Física, Natureza do design e supercomputadores, dos cursos de Engenharia e as Seções de Sprint do curso de Ciências da Computação. As Seções de Sprint representam uma estratégia diferenciada de aprendizagem prática e colaborativa, ao promoverem, já nos primeiros semestres, a aplicação do conhecimento adquirido em projetos reais, desenvolvidos em parceria com organizações externas.

A disciplina Tópicos essenciais de Matemática e Física cumpre um papel de apoio fundamental: diagnosticar lacunas dos ingressantes por meio de uma avaliação

inicial e oferecer, em turmas reduzidas, atividades focadas em conceitos básicos de matemática e física. O objetivo é apoiar o nivelamento de conhecimentos, garantindo que os estudantes acompanhem, com segurança, as disciplinas de cálculo e física dos períodos subsequentes.

Já Natureza do design e supercomputadores contextualiza o conteúdo técnico em cenários práticos, recorrendo a metodologias como aprendizado baseado em projeto, laboratórios virtuais e colaboração interdisciplinar. Essas iniciativas ilustram como o currículo pode alinhar-se às exigências da Indústria 5.0 e da Sociedade 5.0, fomentando a integração entre habilidades técnicas, criatividade e responsabilidade social.

Nas seções seguintes, apresentaremos exemplos práticos dessas abordagens, evidenciando a transformação curricular em curso e suas contribuições para atender às tendências globais de educação em engenharia.

4.1 Disciplina de Tópicos essenciais de Matemática e Física

Em 2002, foram decretadas as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia, que se encontram no portal do MEC. Nessas diretrizes, são abordadas as competências necessárias dos egressos, bem como os conteúdos do núcleo básico do curso, ou seja, assuntos que devem ser ministrados independentemente da área profissionalizante da engenharia. Um desses conteúdos essenciais é a matemática, tanto que o primeiro item do que se espera é que o estudante tenha desenvolvido competências e habilidades para “aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia” (Brasil, 2002, p. 3).

Desde as primeiras turmas dos cursos de engenharia no Insper, aplica-se uma avaliação diagnóstica para os ingressantes, com o intuito de identificar lacunas no aprendizado de matemática e física do Ensino Básico. Com essas informações, orienta-se o aluno, indicando quais assuntos devem ser reforçados para acompanhar melhor as disciplinas envolvendo essas temáticas.

Nos primeiros anos, os professores de Matemática da Variação e Física do Movimento - disciplinas que abordam os conceitos iniciais de Cálculo Diferencial e Integral e Mecânica Clássica - identificaram uma alta correlação entre alunos que não tinham um bom desempenho na avaliação diagnóstica com os que reprovaram em uma dessas disciplinas supracitadas (ou em ambas). Então, com o objetivo de amenizar o problema, em 2018, foi criada a disciplina de Tópicos Essenciais de Matemática e Física.

A premissa dessa disciplina, denominada apenas por “Tópicos”, é a possibilidade de identificar, através da avaliação diagnóstica, alunos com um desempenho aquém do esperado em matemática e física do ensino básico e, a partir daí, em uma turma com menos alunos, é possível trabalhar de forma mais individualizada e diminuir as lacunas de aprendizado, deixando esse aluno mais preparado para as disciplinas que envolvem Cálculo e Física do Ensino Superior.

Ao longo dos anos, os professores da disciplina de Tópicos, ao notarem pontos de melhoria, redesenharam e modificaram a matéria, buscando otimizar a aprendizagem dos alunos. Em todas as versões, os ingressantes realizam na primeira semana de aula (em duas tentativas) uma avaliação diagnóstica com 30 questões do tipo múltipla escolha, com questionamento direto e conceitos dos ensinamentos fundamental e médio. Espera-se que o aluno acerte pelo menos 80% da prova.

Nas primeiras versões, não havia diferenciação nos níveis de cada item, posteriormente, as 30 questões foram divididas em dois blocos com 15 testes cada: o bloco 1 era composto por conteúdo do ensino fundamental e o bloco 2 com assuntos do ensino médio. Atualmente, a seção da avaliação que contém os conteúdos de física foi aprimorada e, por isso, a avaliação diagnóstica passou a ser formada pelo “bloco de matemática” e o “bloco de física”, com 15 testes cada um. O aluno que obtiver uma nota maior que a esperada, ou seja, 12 acertos (80%) em cada bloco, estará dispensado da disciplina. De todo modo, há a possibilidade de ser dispensado de apenas uma etapa dela (acertando 80% só em matemática, ou o mesmo apenas em física), além disso, esses alunos podem assistir ao curso de forma opcional. De acordo com o histórico, a maioria dos alunos convocados para cursar Tópicos de forma obrigatória participa das aulas dos dois assuntos. Em média, 50% dos ingressantes são convocados para frequentar as aulas.

Os conteúdos abordados na avaliação diagnóstica e desenvolvidos ao longo do semestre são essenciais para um acompanhamento adequado das disciplinas posteriores, como casos de fatoração, conceitos de função, resolução de equações, números complexos, definição e decomposição de forças, leis de Newton e mecânica.

Tendo em vista que o objetivo principal de Tópicos é preparar academicamente os alunos com lacunas de aprendizado, as aulas são voltadas para resolução de exercícios, justificativa de fórmulas e compreensão dos resultados. Além disso, promovem discussão entre pares e com o professor sobre métodos de resoluções e dúvidas existentes; e estimulam a reflexão e o julgamento por parte do aluno sobre o entendimento de cada assunto. O aluno utiliza seus conhecimentos prévios para assimilar os temas debatidos com o que estudou no colégio.

Todos os encontros seguem uma estrutura composta por três momentos:

1. **Atividade avaliativa inicial** – aplicada no início da aula para diagnosticar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema a ser abordado.
2. **Discussão e apresentação do conteúdo** – inclui a explicação do tema, a resolução de exercícios e o esclarecimento de dúvidas.
3. **Nova atividade avaliativa** – realizada ao final da aula, com o objetivo de verificar a evolução da aprendizagem em relação ao conteúdo trabalhado.

Alguns estudantes percebem desde o início a importância da disciplina de Tópicos e aproveitam a oportunidade de resolver as lacunas que ficaram na Educação Básica. Normalmente, esses alunos são aprovados com desempenho razoável em Matemática da Variação e Física do Movimento. Por outro lado, alguns alunos só percebem a necessidade da compreensão adequada desses conteúdos básicos quando se deparam e reprovam em matérias do ensino superior.

Com os dados de desempenho dos ingressantes de engenharia nas avaliações diagnósticas e no curso de Tópicos ao longo dos anos, os professores da disciplina, juntamente com alunos do Programa Avançado em Data Science (pós-graduação do Insper), estão desenvolvendo um estudo para verificar a existência de padrões nos estudantes e definir melhores maneiras de auxiliá-los no início da graduação.

4.2 Disciplina de Natureza do Design

Começamos esta seção explicando o nome da disciplina. Entendendo Natureza como um conjunto de princípios que dão origem e regem algo, a disciplina tem como premissa fazer com que os alunos, por meio de um projeto aplicado, passem pela experiência prática de um projeto de design de uma solução, encarando esse desafio por meio de uma abordagem norteada pelos princípios - que dão origem e regem - o projeto de uma solução, ou seja, a Natureza do Design.

A ênfase na abordagem é uma escolha importante, já que são alunos do primeiro semestre e não têm, portanto, conhecimento específico da engenharia que cursam. A ideia é que passem por esse processo e percebam como é possível, mesmo ainda com conhecimento incipiente, propor uma solução para um problema relevante.

O complemento acontece durante todo o curso, em que as demais disciplinas fornecem conhecimentos específicos, e a combinação de ambos permite que os alunos desenvolvam e proponham soluções por meio da abordagem de design, mas aplicando conhecimento de maior complexidade técnica e tecnológica.

Isso culmina no Capstone, em um projeto real em parceria com uma empresa, aplicando ao mesmo tempo a abordagem de design e conhecimentos específicos adquiridos ao longo do curso.

A disciplina Natureza do Design é a primeira do ciclo de Inovação e Empreendedorismo nos cursos de Engenharia do Insper, e é a primeira disciplina da trilha de Design. Estruturada como uma experiência imersiva na abordagem do *Design Thinking*, proposto por Tim Brown (2010), ela desafia os estudantes, já no primeiro semestre, a identificar problemas reais com usuários reais e a desenvolver soluções técnicas que sejam economicamente viáveis, factíveis e desejáveis. Esse enfoque coloca o engenheiro em formação no centro das transformações exigidas pela Indústria 5.0, em que a criação de valor depende da integração equilibrada entre eficiência técnico-científica, sensibilidade às partes interessadas e responsabilidade socioambiental.

O curso adota como eixo metodológico a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), em que pequenas equipes, formadas por quatro a seis alunos, percorrem uma jornada que vai da identificação da oportunidade até a materialização de protótipos que buscam avaliar as principais funcionalidades de uma solução. Ao longo do semestre, os estudantes conduzem entrevistas, estruturam personas, realizam sessões de *brainstorming* (para estruturar ideias e conceitos), planejam seus protótipos, fabricam os protótipos no FabLab da Instituição, testam suas criações com usuários reais e praticam modelagem 3D com Autodesk Fusion 360. Esses ciclos iterativos fomentam competências centrais para o engenheiro contemporâneo, como empatia, pensamento sistêmico, análise de viabilidade, prototipagem rápida e comunicação.

Além do desenvolvimento de produto-serviço, a disciplina enfatiza a documentação rigorosa do processo em plataformas colaborativas (Mural, Fusion 360, Blackboard), bem como a avaliação formativa baseada em *rubricas de avaliação*. A combinação de entregas individuais e coletivas, ponderadas por um mecanismo de “esforço” redistributivo, estimula a responsabilidade compartilhada e a prática de *peer-assessment*, preparando os estudantes para ambientes profissionais regidos por métricas de desempenho e trabalho em equipe multidisciplinar.

4.3 Programa da disciplina

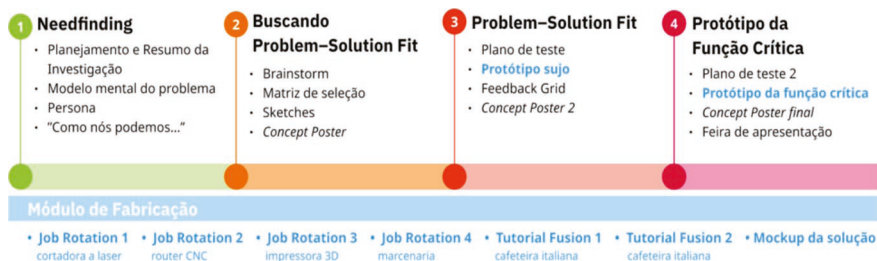
A disciplina Natureza do Design foi desenvolvida com o propósito de aproximar a formação básica em engenharia dos desafios concretos enfrentados por usuários, empresas e pela sociedade. Desde as primeiras ofertas do curso, os estudantes são inseridos em contextos de incerteza característicos da etapa inicial da jornada

empreendedora, sendo estimulados a exercitar o raciocínio indutivo, a validação empírica e a prototipagem – práticas centrais e inseparáveis da atuação do engenheiro no mundo contemporâneo.

Ao lidar com problemas reais, a disciplina promove a articulação entre conhecimentos técnicos – como física, materiais, eletrônica e computação – e competências empreendedoras – como pesquisa de mercado, análise de valor e modelagem de negócios. Essa integração promove um aprendizado significativo, que valoriza a interdisciplinaridade e a aplicabilidade prática do conhecimento, motivando os estudantes desde os semestres iniciais.

A estrutura do curso se organiza em torno de um projeto semestral, desenvolvido em equipes de quatro a seis integrantes, que percorre quatro grandes etapas: *Needfinding*, *Buscando Problem–Solution Fit*, *Problem–Solution Fit* e *Protótipo da Função Crítica*. Complementarmente, há um módulo transversal de Fabricação Digital, que fornece suporte técnico e instrumental para o desenvolvimento dos protótipos. A Figura 1 ilustra a sequência dessas etapas e a integração com o módulo de fabricação.

Figura 1 - Etapas da disciplina Natureza do Design



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

• **Etapa 1 - Needfinding:** A primeira etapa, a partir de um Desafio de Design, tem como objetivo explorar e compreender o contexto do problema enfrentado pelos potenciais usuários. Os estudantes realizam pesquisas secundárias e entrevistas em profundidade, visando construir um modelo mental do problema e desenvolver uma persona representativa do público-alvo. A conclusão dessa etapa ocorre com a formulação de uma pergunta norteadora no formato *Como nós podemos...?*, que irá orientar todas as decisões de design ao longo do projeto.

- **Etapa 2 - Buscando *Problem–Solution Fit*:** Com o problema bem definido, as equipes iniciam um processo estruturado de ideação. Após a geração e seleção de ideias, as equipes desenvolvem conceitos preliminares de solução. Cada conceito deve evidenciar os principais benefícios da proposta e despertar o interesse dos usuários. A etapa termina com uma apresentação intermediária (*pitch*) à banca avaliadora, cujo objetivo é testar a clareza da proposta de valor e refinar as hipóteses do projeto.

- **Etapa 3 - *Problem–Solution Fit*:** Nesta fase, os estudantes se concentram na validação das hipóteses que sustentam a proposta de valor da solução por meio de testes com usuários reais. A partir de um *plano de testes* previamente elaborado, os grupos constroem protótipos de baixa fidelidade, conhecidos como “protótipos sujos”, e aplicam instrumentos como o *feedback grid* para sistematizar as respostas. O foco é aprender com os erros, ajustar a proposta e garantir que a solução atenda de fato às necessidades identificadas.

- **Etapa 4 - Protótipo da Função Crítica:** A etapa final visa consolidar o desenvolvimento da solução com base nas validações anteriores. Os estudantes constroem protótipos mais avançados, capazes de demonstrar a viabilidade técnica da função mais importante do produto. Além disso, desenvolvem *mockups* detalhados, representando fielmente a solução proposta. A jornada se encerra com a *feira de soluções*, momento de apresentação final do projeto a potenciais interessados, como professores, colegas e convidados externos.

- **Módulo transversal - Fabricação Digital:** Paralelamente ao desenvolvimento do projeto, os alunos participam de um módulo específico voltado à prototipagem digital. Nesse módulo, eles aprendem a utilizar ferramentas como o Autodesk Fusion 360 para modelagem 3D e tecnologias de fabricação digital, como corte a laser, impressão 3D e fresadora CNC (router). Além disso, os estudantes também vivenciam atividades em uma estação de marcenaria, explorando técnicas manuais e o uso de ferramentas tradicionais. Todas essas práticas são realizadas nas instalações do FabLab do Insper, proporcionando uma experiência completa de prototipagem física.

Durante todo o semestre, os estudantes são responsáveis pela documentação cuidadosa de cada etapa do projeto, utilizando plataformas colaborativas como o Mural.co. A expectativa é que cada equipe produza evidências claras do processo, integrando teoria, prática, trabalho em equipe e reflexão individual. Dessa forma, a disciplina Natureza do Design se configura como um laboratório de experimentação e inovação, no qual o estudante é desafiado a transformar problemas complexos em soluções concretas, desejáveis e sustentáveis.

4.3.1 Desafio do semestre

O Projeto da Disciplina é iniciado com o estabelecimento do Desafio do semestre, que tem três requisitos fundamentais.

Primeiro, **ser algo longo da vivência dos alunos**, para que eles precisem, na primeira etapa do projeto, investigar por meio de pesquisas secundárias e entrevistas com *stakeholders* relevantes mais informações sobre esse desafio. O objetivo aqui é que os alunos sejam especialistas no processo de design, e que consigam propor soluções para problemas pelos quais eles não passam.

O segundo requisito é **ser amplo o bastante** para que os alunos precisem fazer escolhas. Com um desafio amplo, diversos problemas específicos de perfis de pessoas diferentes são possíveis, e tentar, com uma única solução, resolver todos esses problemas de todos os perfis é impossível! O objetivo aqui é que os alunos passem pela experiência de redefinirem o desafio para um problema específico de um público-alvo específico, descrito por meio da Persona.

Por fim, o terceiro requisito é que o desafio **seja acionável**. Em outras palavras, que permita que os alunos, com os conhecimentos adquiridos durante a disciplina, sejam capazes de propor produtos físicos como soluções para os desafios redefinidos.

O Desafio do semestre é mudado de semestre em semestre. Esses são alguns exemplos de desafios já utilizados:

- Como nós podemos ajudar pessoas com limitações motoras e/ou funcionais a ter mais autonomia e poder participar de mais atividades sociais?
- Como nós podemos ajudar os idosos a melhorarem o desempenho das suas atividades cotidianas e/ou manterem uma rotina saudável?
- Como nós podemos inovar na cadeia de valor de vendedores itinerantes e feirantes para aumentar sua eficiência ou aprimorar a experiência de compra de seus clientes?

Veja que o Desafio do semestre se inicia sempre com “Como nós podemos”. O objetivo é focar no problema e não em soluções e, escrever nesse formato, permite que diferentes soluções sejam consideradas para resolver diferentes partes do desafio.

Consideremos agora o primeiro exemplo (Como nós podemos ajudar pessoas com limitações motoras e/ou funcionais a ter mais autonomia e poder participar de mais atividades sociais?) quanto aos três requisitos fundamentais.

Obviamente podem existir alunos que têm algum tipo de limitação motora ou funcional, mas também evidentemente a grande maioria não apresenta essas limitações, o que faz com que seja um desafio longe da realidade cotidiana da maioria deles. O aluno que tem alguma relação com o desafio – seja ele portador de alguma limitação ou tenha no círculo familiar alguém com limitação – é encorajado a selecionar um problema específico mais longe do qual está habituado.

Este é um desafio bastante amplo, pois permite escolher uma grande gama de duplas de perfil de público-alvo e problema específicos. Alguns exemplos em potencial podem ser vistos no Quadro 3.

Quadro 3 - Exemplos de público-alvo e problema específicos para o desafio de design “Como nós podemos ajudar pessoas com limitações motoras e/ou funcionais a ter mais autonomia e poder participar de mais atividades sociais?”

Público-alvo	Problema específico
Crianças com paralisia cerebral	Falta de autonomia para se locomover dentro de casa
Jovens adultos paraplégicos (cadeirante)	Dificuldade em participar de esportes coletivos
Idosos que moram sozinhos ou ficam grande parte do dia sem cuidadores	Falta de autonomia nas atividades em casa, com risco de acidentes
Pessoas que usam muletas ou bengalas	Dificuldade em se locomover nas vias públicas devido à irregularidade de superfícies e do clima (chuvas, sol forte, entre outras)

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Por fim, também é um desafio acionável. Se por um lado, grande parte dos problemas dentro deste desafio poderiam ser resolvidos com políticas públicas de inclusão e até de saúde pública, por outro lado, são questões que permeiam nossa sociedade há muito tempo, e há muito tempo sem resoluções eficazes. Dessa forma, ter um olhar objetivo para esse desafio e propor soluções que melhorem de alguma forma pontos específicos dele é totalmente factível, mesmo para alunos do primeiro semestre e para soluções que, do ponto de vista técnico e tecnológico, não sejam de grande complexidade.

4.3.2 Definição dos Times de Projeto

As equipes são formadas com quatro a seis integrantes. Empiricamente, ao longo de mais de 10 edições da disciplina, constatou-se que equipes de quatro integrantes tendem a apresentar melhor desempenho, pois se faz necessário que todos contribuam ativamente, enquanto requer algum tipo de autogestão. Por questões operacionais, é necessário que sejam formadas no máximo oito equipes por turma, o que pode exigir, em algumas situações, a composição de equipes de até seis integrantes.

Segundo Usher e Barak (2020), equipes diversas geram soluções potencialmente mais inovadoras. Em Natureza do Design isso é levado em consideração, pois as equipes são formadas por alunos com experiências e origens diferentes. Consideramos três critérios aqui:

- Bolsista¹⁷ / Não bolsista
- Gênero
- Cidade/Estado de origem

Além disso, consideramos mais um conjunto de informações, de intenções autodeclaradas. Essas informações são obtidas por meio do preenchimento de um formulário, no qual os alunos indicam o quão dispostos estão a:

- interagir com potenciais consumidores no projeto;
- se aprofundar nos métodos de design no projeto;
- aplicar técnicas de Modelagem 3D e Fabricação Digital para prototipação.

Considerando que a eficácia da equipe é mais forte na fase inicial do projeto do que na fase posterior (Wu; Cormican, 2021), partimos do princípio de que uma equipe cujos integrantes possuem intenções em comum têm maior potencial para uma gestão eficaz. Além disso, existe um mecanismo para auxiliar os alunos na gestão da equipe, o esforço.

O esforço é uma forma de *feedback* entre pares, pois a equipe, em consenso, atribui um valor de esforço (em percentual) para cada membro, mantendo a média em 100%. Isso auxilia na gestão da equipe, para que possam comunicar aos colegas o impacto do seu trabalho na equipe, reajustando expectativas quando necessário.

A porcentagem individual de esforço multiplica a nota da entrega, influenciando o resultado de cada estudante. Ou seja, tem impacto prático.

¹⁷ No Insper temos um programa de bolsas para alunos de baixa renda.

Naturalmente, isso não garante que as equipes vão realizar sempre a autogestão “perfeita”. Obviamente, existem casos de desengajamento e desentendimento.

A primeira abordagem é promover reuniões da equipe com o professor, que atua como facilitador, para que a rota seja reajustada e haja conciliação, o que geralmente se mostra eficaz. Nesse momento os estudantes têm uma experiência muito próxima de como pode ser a gestão de conflitos e equipes no mercado de trabalho.

Ainda assim, existe a possibilidade de demissões de membros, ou de saída voluntária de membro, ou, em situações extremas, a dissolução da equipe. Nesse caso, estudantes desligados são absorvidos por outras equipes.

Dado que o engajamento potencializa o aprendizado (Bergdahl *et al.*, 2024), buscamos oferecer aos alunos a melhor experiência possível na disciplina, com a expectativa de que isso estimule um maior envolvimento com o projeto e, consequentemente, amplifique seu aprendizado.

Essas práticas estão em consonância com as premissas da disciplina, que busca oferecer uma jornada prática do processo de design, o mais próximo possível de um caso real (fora da faculdade), inclusive a gestão da equipe é um dos objetivos de aprendizado da disciplina.

4.3.3 Duplo Diamante e Natureza do Design

Definição do problema e empatia com o usuário

A transição do entendimento geral do Desafio do semestre para uma definição mais precisa do problema passa, necessariamente, por um exercício profundo de escuta e observação. É nesse momento que o primeiro diamante, responsável por abrir o campo de investigação, revela sua potência, ao incentivar a divergência informada: sair da própria bolha, confrontar hipóteses iniciais e, sobretudo, se colocar no lugar do outro. Para isso, o processo de *Design Thinking*, e o próprio modelo do Duplo Diamante do Design Council (2014), enfatizam a etapa de empatia como fundacional. Trata-se de um momento em que o aluno precisa ir além de si, e essa talvez seja uma das partes mais desafiadoras da disciplina, especialmente para estudantes que ainda estão nos primeiros meses da graduação.

Na disciplina Natureza do Design, essa etapa é conduzida individualmente e marca o primeiro contato mais direto dos estudantes com o universo dos usuários afetados pelo problema proposto. Após um levantamento inicial por meio de pesquisa secundária, em que são convidados a explorar artigos, dados públicos, repor-

tagens e casos similares, os alunos constroem roteiros de entrevista e conversam diretamente com pelo menos duas pessoas que vivenciam, de algum modo, o contexto do desafio.

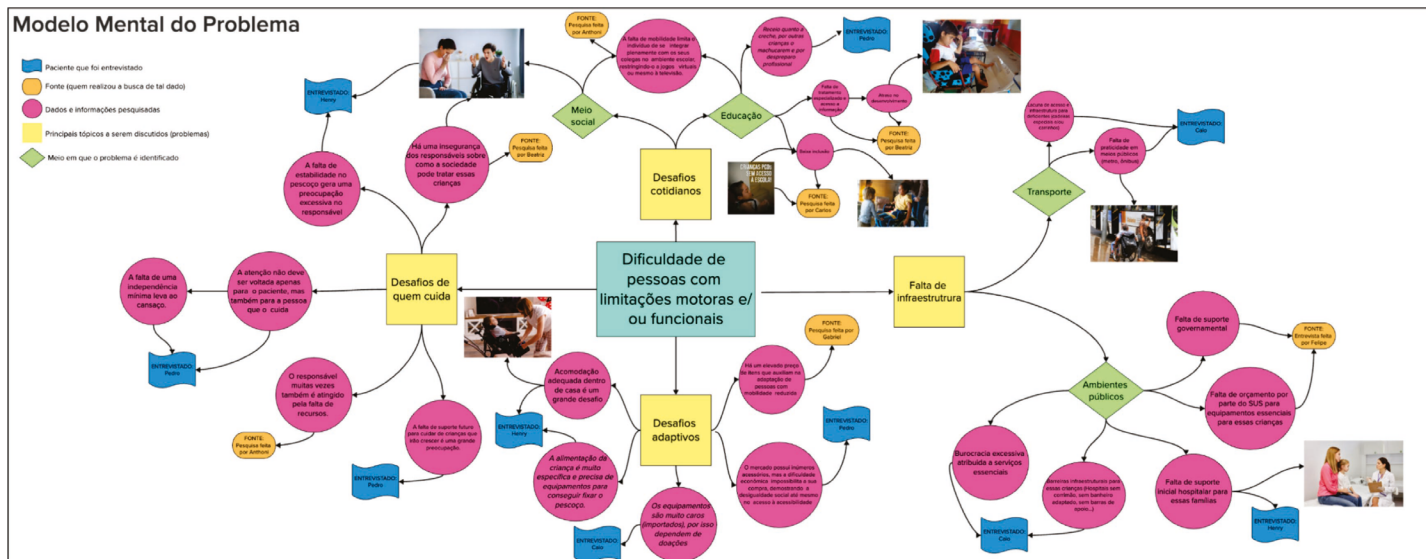
Esse processo não apenas ajuda a mapear dores e necessidades reais, mas também força os alunos a abandonarem a postura de solucionadores imediatos e a adotarem uma escuta ativa e investigativa. Instigamos os estudantes, nesse momento, a extrair de seus entrevistados dores específicas e mensuráveis, pois, mais adiante na disciplina, as soluções propostas devem ser capazes de atuar sobre essas variáveis, algo essencial no raciocínio da engenharia, em que é preciso medir para transformar.

Para muitos, esse é o momento em que percebem o quanto é fácil cair em armadilhas como: simplificar demais problemas complexos, propor soluções prematuras sem compreender o todo, ou projetar soluções baseadas em seus próprios vieses. Ao enfrentarem esses dilemas na prática, os estudantes são provocados a revisar suas suposições e a entender o papel do engenheiro como mediador sensível de realidades diversas. É nesse sentido que o pensamento de Don Norman (2006), ao defender a centralidade da experiência do usuário, encontra eco na proposta pedagógica da disciplina: só é possível definir um bom problema se você entende, de fato, para quem e com quem está projetando.

Na etapa seguinte, os dados coletados pelos estudantes, tanto nas entrevistas quanto nas pesquisas secundárias, são organizados por meio da construção de um modelo mental. Essa é uma das ferramentas centrais de saturação e início do afunilamento no primeiro diamante. Aqui, os alunos são incentivados a registrar tudo o que foi identificado, mesmo que à primeira vista pareça irrelevante. A premissa é clara: um dado só pode ser descartado após analisado, nunca antes. Para isso, utilizamos o modelo mental como suporte visual, permitindo a inclusão de textos, imagens, vídeos, desenhos e conexões que revelam padrões e relações entre diferentes aspectos do problema. A ferramenta também facilita uma mudança de perspectiva importante: ao perceberem que pessoas com perfis distintos relatam desafios semelhantes, os estudantes começam a romper com estereótipos e a compreender a complexidade dos sistemas sociais e técnicos em que o problema está inserido.

Depois da fase de levantamento de hipóteses e empatia com o usuário, os alunos entram na fase de síntese e definição do problema, na qual precisam juntar as informações que coletaram individualmente em um modelo mental, construir uma persona e, por fim, desenvolver uma formulação precisa da dor em formato de pergunta (*“How Might We...”*).

Figura 2 - Modelo mental desenvolvido por alunos durante o primeiro semestre de 2025 no desafio realizado em conjunto com a AACD



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Na etapa inicial do diamante, o modelo mental (Figura 2) é a primeira fase do afunilamento (pensamento convergente). Aqui, os estudantes são encorajados a anotar todas as informações obtidas em entrevistas e pesquisas secundárias, mesmo as que pareçam menos importantes para o desafio do semestre. Os alunos são instruídos a fazer o *download* dos dados obtidos no mural, seguido de uma fase de agrupamento, em grupos temáticos, para então trazer uma boa saturação das informações.

O modelo mental foi escolhido como ferramenta por permitir usar textos, imagens, diagramas, vídeos e desenhos para isso. É fundamental que nessa etapa os alunos busquem aprofundar o conhecimento, em vez de limitá-lo. Além disso, a metodologia incentiva a criação de conexões entre os temas descobertos, buscando entender que pessoas com perfis diferentes podem ter desafios semelhantes. A ferramenta também facilita uma mudança de perspectiva importante: ao perceberem que pessoas com perfis distintos relatam desafios semelhantes, os estudantes começam a romper com estereótipos e a compreender a complexidade dos sistemas sociais e técnicos em que o problema está inserido.

Com o modelo mental estruturado, os alunos avançam para a construção da persona (Figura 3). Trata-se de uma representação semificcional do usuário com quem estão projetando, sintetizando dados demográficos, comportamentais e, principalmente, as dores com medidas identificadas na pesquisa. Essa persona não é uma caricatura, mas uma âncora narrativa que ajuda o grupo a manter o foco no que realmente importa ao longo do desenvolvimento da solução. Por exemplo, uma dor definida como “falta de acessibilidade” ganha contorno e materialidade ao ser traduzida como “espera média de 12 minutos para conseguir embarcar em transporte público com cadeira de rodas”. Essa clareza é fundamental para que, na etapa de definição da solução, os alunos possam propor intervenções específicas que afetem diretamente essas métricas. Esse é o primeiro instrumento em que os estudantes se veem na posição de realizar escolhas e desenvolver a capacidade de síntese dos dados coletados.

O ciclo se fecha com a formulação do problema em forma de pergunta, o conhecido “*How Might We...*” (Como nós podemos...). Essa questão norteadora é uma etapa crítica do processo, é quando os estudantes deixam de apenas relatar dores e passam a enquadrá-las como desafios de projeto com potencial de ação. Um bom HMW é suficientemente amplo para permitir múltiplas abordagens criativas, mas também é suficientemente focado para garantir relevância e viabilidade técnica. Assim, os estudantes, agora em grupo, constroem uma ponte entre empatia e proposição, transformando escuta em direção de projeto, um passo essencial para qualquer engenheiro que deseje atuar com responsabilidade social e precisão técnica.

Figura 3 - Persona desenvolvida por alunos durante o primeiro semestre de 2025



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Definição da Solução e elaboração de um Plano de Testes

Com o problema bem definido, inicia-se o segundo diamante, agora voltado para a ideação de soluções. Os alunos produzem ideias de forma individual, compartilham em grupo, agrupam por temas e desenvolvem conceitos que são avaliados com base em critérios objetivos. O conceito mais promissor é aprofundado por meio de *sketches* e consolidado em um *concept poster*, que comunica visualmente o sistema produto-serviço proposto. A partir daí, entra-se na fase de convergência, com testes, iterações e prototipação.

Paralelamente, os estudantes são introduzidos às ferramentas e processos do FabLab, participando ativamente em quatro estações principais: (i) marcenaria; (ii) impressão 3D; (iii) router CNC; e (iv) cortadora a laser. Nessas estações, eles realizam atividades guiadas seguidas pela fabricação autônoma de componentes para um produto prático, como uma caixinha de ferramentas estilo japonesa (Figura 4).

Figura 4 - Objeto fabricado pelos estudantes durante o módulo de fabricação digital



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Depois dessas etapas iniciais, a definição clara da solução é seguida pela elaboração detalhada de um Plano de Testes, que consiste em uma etapa fundamental para a validação das hipóteses antes mesmo da construção do protótipo inicial, conhecido como protótipo sujo. Para ilustrar como esse plano pode ser estruturado, utili-

zaremos um exemplo fictício ao longo desta seção: trata-se de um conjunto de bandejas modulares projetadas para serem acopladas a uma cadeira infantil. A proposta de valor dessas bandejas é permitir a rápida alternância entre três funções distintas ao longo do dia escolar: (i) alimentação; (ii) brincadeiras com jogos de tabuleiro; e (iii) estudo. O plano de testes terá como foco a avaliação da facilidade e eficiência na troca dessas bandejas.

Esse planejamento estruturado é orientado pela premissa fundamental de “Pense para (planejar) e construir”, garantindo que todas as ações subsequentes estejam alinhadas com as necessidades reais dos usuários e com as questões essenciais a serem validadas.

Um plano de testes robusto deve contemplar claramente os seguintes aspectos:

- **Cenário:** Descrição detalhada da situação real na qual a solução proposta será inserida. O cenário deve reproduzir com fidelidade o contexto no qual o usuário enfrentaria o problema identificado, criando uma transição natural e lógica para a introdução e utilização da solução física desenvolvida.

- **Missão:** Definição clara e específica das tarefas que deverão ser realizadas durante o teste, esclarecendo os objetivos práticos e os resultados esperados das interações com o protótipo sujo.

- **Atores:** Identificação dos papéis específicos desempenhados pelos integrantes do grupo durante os testes (por exemplo, quem observa, quem filma, quem registra dados, quem manipula o protótipo na modalidade “mágico de Oz”). Isso garante uma execução organizada e eficiente dos procedimentos.

- **Artefatos:** Listagem e descrição detalhada de todos os elementos materiais necessários para o teste, incluindo o protótipo sujo e quaisquer outros acessórios ou materiais auxiliares que sejam críticos para a execução dos testes.

- **Interações:** Explicitação dos tipos de interações previstas entre o usuário e o protótipo, detalhando cuidadosamente cada etapa, ação e reação esperadas durante os testes.

- **Perguntas:** Formulação prévia e clara das perguntas centrais que o teste pretende responder, assegurando que os dados coletados sejam direcionados e relevantes para validar as hipóteses e aspectos críticos da solução.

Esses elementos permitem que o método científico esteja claramente associado à construção prática e iterativa de protótipos que, apesar de serem inicialmente simples, têm o propósito fundamental de provar conceitos essenciais e confirmar a viabilidade e adequação da solução ao contexto dos usuários reais.

Os planos de teste representam uma etapa essencial para o sucesso do projeto, pois estimulam o desenvolvimento de habilidades como planejamento estratégico, comunicação clara e eficaz, colaboração em equipe e pensamento crítico. Além disso, reforçam competências importantes como adaptabilidade, capacidade analítica e resolução criativa de problemas, preparando os estudantes para enfrentar com confiança desafios reais no ambiente profissional.

4.3.4 Estratégia de Avaliação

Por se tratar de uma disciplina com uma grande carga de conteúdo prático e aplicado, isso se reflete no modelo de avaliações. Ao longo da disciplina os alunos foram expostos ao processo de design de produtos e as entregas avaliativas refletem esse processo.

As avaliações são divididas em dois segmentos, os módulos de fabricação digital e as quatro etapas do projeto. No primeiro caso, os alunos foram expostos ao longo de algumas semanas a oficinas de laboratório que mostraram novas e diferentes estratégias de prototipagem que eles podem utilizar no desenvolvimento do projeto. Ao final de cada semana, os alunos devem entregar um relatório, que descreve a oficina daquela determinada semana, mostrando as aplicações, pontos positivos e negativos daquele determinado processo (ex.: por que utilizar manufatura aditiva ao invés de corte laser).

O relatório é estruturado de forma que os alunos já têm um guia da oficina, com perguntas previamente formuladas pelos professores com ênfase no que os alunos devem observar com mais atenção. Ao final, cada relatório também funciona como um guia rápido para aquele processo de fabricação. Essa etapa é transversal ao restante da disciplina, em que as habilidades adquiridas aqui serão fundamentais para a execução do projeto.

O segundo grupo de avaliação se refere às entregas do projeto como previamente descritas. As entregas são feitas em uma plataforma colaborativa, o Mural, onde o grupo pode fazer contribuições simultâneas e complementares. As quatro entregas forçam o grupo a desenvolver cada etapa do processo de design do duplo diamante, sem necessariamente o estudo teórico do método. As etapas do projeto buscam tirar os alunos da sua zona de conforto, e sendo alunos do primeiro semestre, estão mais abertos a esse tipo de provocação.

Os alunos devem entregar evidências do desenvolvimento de cada etapa e de como foi formulada a entrega final. Na Etapa 1, por exemplo, eles devem entregar os resultados de pesquisas secundárias e entrevistas, em que, a partir delas, o pro-

blema, a dor do usuário é identificada, assim como a persona que irão trabalhar ao longo do semestre. Desse modo, estão documentados a conclusão de cada etapa e o desenvolvimento até ela.

Outra entrega relevante é a da Etapa 2, em que os alunos apresentam os resultados até o momento e a sua proposta de solução na forma de uma apresentação curta (*pitch*). Nesse momento, eles recebem *feedbacks* de uma banca composta pelos dois professores da disciplina que avaliam a viabilidade da proposta e se a problemática está bem definida, de modo que a solução atenda a essa problemática.

Em seguida, os grupos partem para a execução da solução das etapas, a 3, com uma validação do conceito, através de um “protótipo sujo”, simplificado, que mostra apenas o principal conceito da solução. O teste é feito seguindo um plano de testes elaborado pelos alunos, e os *feedbacks* desta etapa são utilizados na elaboração do protótipo funcional da etapa 4, que também tem um plano de testes elaborado, mas acaba não sendo implementado pela falta de tempo no semestre. Esta última etapa é entregue pela documentação do projeto no Mural e em uma exposição de projetos, uma feira de solução, em que os grupos apresentam suas soluções para o desafio do semestre junto com um Concept Poster da solução.

Em cada uma das entregas de projeto, também há uma etapa de avaliação de pares que funciona como um componente da nota individual do aluno, o outro componente sendo as entregas dos módulos tutoriais de modelagem 3D em CAD, que assim como os módulos de oficina, são conhecimentos transversais do semestre que os alunos podem utilizar para o desenvolvimento do projeto. A última entrega relativa à modelagem 3D é um conceito em CAD de como seria a solução final do conceito que o grupo desenvolveu, mas nesse momento a entrega é individual.

4.4 Disciplina de Supercomputação

A Computação de Alto Desempenho (*High Performance Computing* - HPC) tem desempenhado um papel importante no avanço da pesquisa científica e tecnológica em áreas como inteligência artificial, bioinformática, ciências atmosféricas, ciência de dados, entre outras. Essa tecnologia permite a execução de algoritmos complexos e simulações computacionais com um grande volume de dados, em larga escala, com velocidade e capacidade superiores às da computação convencional (Raj *et al.*, 2020; Cornelius, 2018; Navaux; Lorenzon; Serpa, 2023).

Em razão desse contexto, o ensino de HPC nas universidades ainda enfrenta diversas barreiras, especialmente relacionadas à limitação de infraestrutura, à escas-

sez de docentes especializados e à dificuldade de adaptação curricular (Prasad *et al.*, 2020; Radenski, 2012). Este relato apresenta a experiência de desenvolvimento e uso de um cluster didático no curso de Engenharia da Computação do Insper, com o objetivo de simular um ambiente real de supercomputação, inspirado em sistemas da lista TOP500, como o Santos Dumont (Brasil), o Fugaku (Japão) e o El Capitan (Estados Unidos).

A formação de engenheiros e cientistas da computação em HPC tem sido considerada estratégica por diversas iniciativas internacionais. Nos Estados Unidos, o programa *National Strategic Computing Initiative* (NSCI) busca desenvolver sistemas de computação de alto desempenho, fomentar a integração entre setores público e privado e fortalecer a formação de profissionais qualificados em HPC (Networking and Information Technology R&D, 2024). Na Europa, a estratégia de HPC prevê o acesso a infraestruturas de alto desempenho e capacitação técnica dos estudantes (European Commission, 2024).

Do ponto de vista educacional, a iniciativa NSF/IEEE-TCPP propõe um currículo voltado ao ensino de computação paralela e distribuída, com ênfase em arquiteturas multicore, programação com MPI e OpenMP, gerenciamento de memória distribuída, otimização e escalabilidade (Prasad *et al.*, 2020). No entanto, a implementação desses conteúdos nos cursos de graduação é dificultada pela carência de recursos computacionais, pela complexidade técnica e pela falta de formação específica dos docentes (Raj *et al.*, 2020).

Nesse contexto, foram analisadas diferentes alternativas para a implementação de um cluster didático de apoio à disciplina de Supercomputação do Insper, ministrada no sétimo semestre do curso de Engenharia da Computação. Aspectos como custo, escalabilidade e viabilidade de implementação foram analisados. Clusters baseados em Raspberry Pi foram descartados devido às limitações de hardware, apesar do baixo custo. Soluções com placas NVIDIA Jetson, embora adequadas para aplicações com GPU, apresentaram problemas de compatibilidade de drivers em ambientes ARM. Já os serviços em nuvem, como AWS e Google Cloud, apesar da flexibilidade, dificultam o acesso a configurações de baixo nível do sistema, o que limita o aprendizado sobre otimizações específicas e configurações de hardware. Além disso, os custos associados tornam essas soluções pouco escaláveis para uso contínuo nesse contexto (Lima *et al.*, 2023).

Diante dessas limitações, optou-se pela construção de um cluster físico com máquinas comerciais, inspirada na arquitetura modular utilizada em supercomputadores modernos e em práticas educacionais voltadas à formação em ambientes distribuídos

(Tate; Williams; Nagle, 2019). O objetivo foi proporcionar um ambiente de aprendizagem alinhado com os padrões técnicos adotados em centros de supercomputação, permitindo que os alunos desenvolvessem competências diretamente aplicáveis em contextos profissionais e de pesquisa científica (Garcia; Vijay; Martinez, 2015).

O cluster didático foi projetado com uma arquitetura composta por um nó controlador, um nó de login, partições de processamento heterogêneas (CPU e GPU), e uma rede interna dedicada, conforme ilustrado na Figura 5. O nó controlador é responsável pela orquestração dos recursos computacionais, execução dos *daemons* de gerenciamento e controle das filas de tarefas por meio do *SLURM Simple Linux Utility for Resource Management* (Jette *et al.*, 2003). Esse componente centraliza a lógica de escalonamento e supervisão de tarefas, sem executar diretamente os *jobs*.

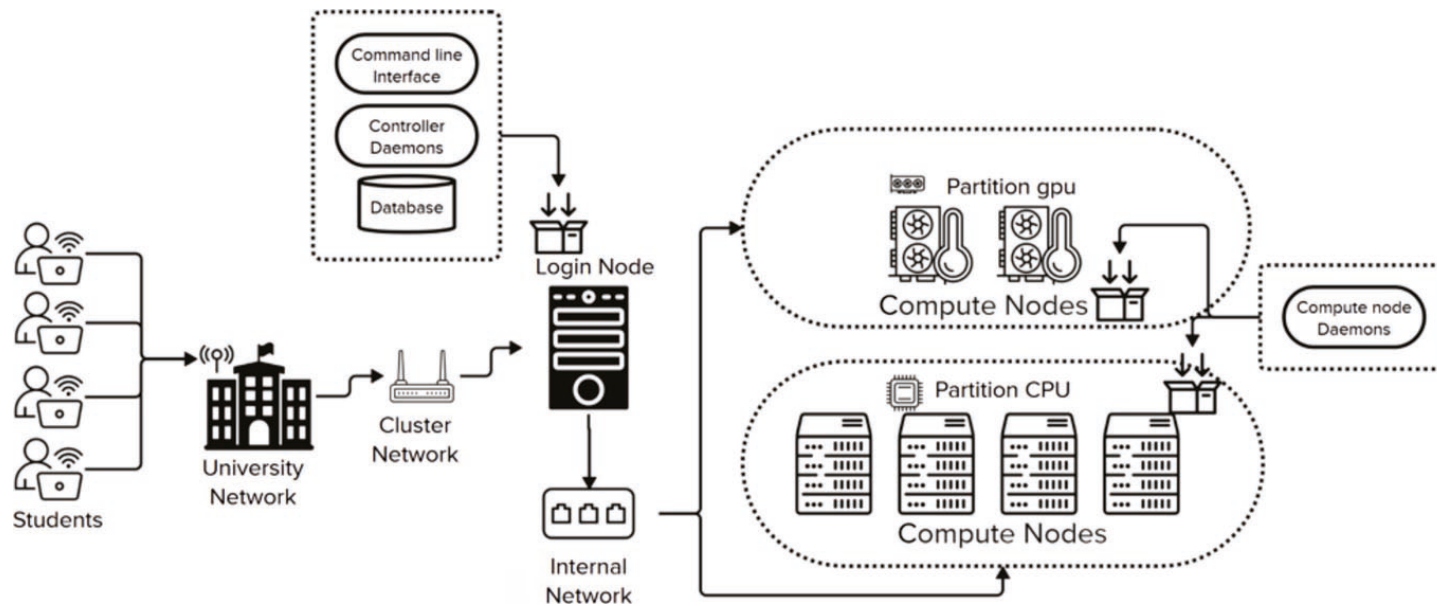
No que diz respeito à interação dos usuários, as interações com o cluster são realizadas exclusivamente por meio de conexão SSH, utilizando autenticação baseada em par de chaves pública e privada. O acesso é feito através de um nó de login dedicado, configurado com regras específicas de roteamento para garantir o isolamento da rede interna em relação aos demais sistemas institucionais e à internet.

A criação dos usuários foi automatizada por meio de *shell scripts*, com controle de permissões e sem concessão de privilégios administrativos. O nó de login funciona como a principal interface de acesso ao sistema, oferecendo um terminal seguro via SSH. A partir dele, os estudantes podem editar, compilar e submeter seus códigos, além de acompanhar o status das tarefas em execução. A separação entre o nó de login (controle) e os nós de computação (execução) segue o modelo adotado em infraestruturas de HPC reais, promovendo uma experiência alinhada às práticas profissionais da área.

No cluster didático, a partição CPU é composta por cinco nós de computação, cada um equipado com um processador Intel Core i7 de 13ª geração, com 16 núcleos físicos, 24 threads e 64 GB de memória RAM. Essa configuração pode ser utilizada para realizar atividades que abordam técnicas de paralelismo em CPU, incluindo programação multithread com OpenMP e execução distribuída com MPI (Message Passing Interface).

A partição GPU, por sua vez, é composta por dois nós de alto desempenho, cada um contendo dois processadores Intel Xeon Gold 5115 (20 núcleos físicos e 40 threads por nó), 1 TB de RAM, 48 TB de armazenamento em disco rígido e uma GPU NVIDIA V100 com 32 GB de memória. Essa partição é dedicada ao desenvolvimento de aplicações com aceleração gráfica e à realização de experimentos híbridos utilizando CPU e GPU.

Figura 5 - Diagrama da arquitetura do sistema do Cluster



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Todos os nós estão interligados por uma rede interna dedicada, dimensionada para garantir alta largura de banda e baixa latência na comunicação entre os processos paralelos. Essa estrutura permite a simulação de diferentes cenários de alocação e compartilhamento de recursos, ampliando a compreensão das estratégias de otimização em ambientes distribuídos.

Essa abordagem proporciona aos estudantes a oportunidade de experienciar, de forma prática, os procedimentos característicos de execução em ambientes de HPC. A eles compete a preparação dos códigos a serem executados, a definição dos parâmetros de submissão, como a quantidade de núcleos, de memória, o tempo de execução e a elaboração de *scripts* para submissão dos *jobs* ao sistema.

Uma vez submetido, o gerenciamento da execução passa a ser conduzido pelo SLURM, que é responsável pela organização da fila de tarefas, alocação dos recursos computacionais disponíveis (como CPU, GPU e memória) e balanceamento de carga entre os nós de computação. Dessa forma, o uso do SLURM no cluster didático permite o contato com práticas reais observadas em supercomputadores, contribuindo para o desenvolvimento de competências técnicas alinhadas aos desafios encontrados em ambientes profissionais de HPC.

A fim de avaliar o impacto formativo da experiência, foram aplicados questionários aos estudantes ao final do módulo prático. As respostas permitiram identificar tanto os avanços na apropriação dos conceitos e ferramentas associadas ao uso de clusters em ambientes HPC quanto os desafios enfrentados durante o processo. De modo geral, os dados revelam uma recepção positiva à proposta didática, com destaque para o engajamento dos alunos, o aprendizado prático associado à submissão e ao gerenciamento de *jobs*, e a valorização do realismo proporcionado pela infraestrutura. Mesmo diante de diferentes níveis de familiaridade técnica, os estudantes demonstraram capacidade de adaptação e progresso, o que reforça a eficácia da abordagem adotada.

Diante desses resultados, a implementação de um cluster para fins educacionais mostrou-se tecnicamente viável e pedagogicamente eficaz. A adoção de uma arquitetura modular, baseada em componentes comerciais, aliada ao uso de ferramentas consolidadas e à utilização de uma topologia compatível com supercomputadores institucionais, permitiu a simulação realista de um ambiente de supercomputação.

Entre os principais desafios enfrentados durante as práticas envolvendo os alunos, destacam-se as estimativas incorretas de recursos computacionais por parte dos estudantes, resultando em *jobs* com alocação ineficiente ou falhas de execução, e a curva de aprendizagem associada à configuração inicial dos scripts de submissão.

Tais dificuldades foram parcialmente mitigadas com o uso de roteiros guiados e sessões de tutoria. A continuidade do projeto prevê a integração da infraestrutura do cluster com iniciativas interdisciplinares, de modo a expor os estudantes a problemas de engenharia mais amplos e contextualizados.

Essa articulação visa promover experiências de aprendizagem que dialoguem com desafios reais de pesquisa e desenvolvimento, ampliando a compreensão dos alunos sobre a aplicação prática da computação de alto desempenho em diferentes domínios do conhecimento. Ao aproximar o ensino das demandas concretas da ciência, tecnologia e indústria, espera-se não apenas consolidar os conteúdos técnicos abordados, mas também estimular a formação crítica, colaborativa e orientada à solução de problemas complexos.

A experiência revelou-se não apenas bem-sucedida, mas também potencialmente replicável em outras instituições de ensino superior, desde que acompanhada por um planejamento da infraestrutura tecnológica. A adoção de clusters didáticos, mesmo com recursos limitados, demanda um ambiente minimamente estruturado e uma equipe preparada para mediar o uso pedagógico dessas tecnologias.

Cabe salientar que, com o suporte institucional adequado, é possível viabilizar soluções tecnicamente consistentes e escaláveis, que proporcionem aos estudantes uma vivência prática alinhada às exigências contemporâneas da formação em engenharia e computação. Apesar dos investimentos iniciais envolvidos, os ganhos educacionais e a aproximação com práticas reais de computação de alto desempenho justificam a adoção desse modelo.

4.5 Seções *Sprint*

Este texto tem como objetivo descrever a iniciativa denominada Seções *Sprint*, implementada no curso de Ciência da Computação do Insper, e evidenciar como essa abordagem pedagógica viabiliza a aplicação prática do conhecimento na resolução de problemas reais. As Seções *Sprint* ocorrem ao final de cada semestre, do primeiro ao quarto, e consistem em projetos desenvolvidos por estudantes a partir de demandas concretas, provenientes de organizações externas. Cada *Sprint* possui duração de três semanas e tem como propósito principal proporcionar aos alunos a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do semestre em um contexto prático, colaborativo e conectado com o mundo real.

A proposta pedagógica das Seções *Sprint* busca promover o desenvolvimento de competências técnicas e interpessoais, incentivando a motivação intrínseca dos

alunos por meio da resolução de problemas concretos. A interação com clientes externos contribui para a simulação de um ambiente profissional, aproximando o contexto acadêmico da realidade do mercado de trabalho.

No primeiro semestre, a disciplina central é Vida de Desenvolvedor, que possui uma carga horária extensa e concentra boa parte das atividades curriculares dos alunos nesse período. Ao longo dessa disciplina, os estudantes aprendem os fundamentos da programação utilizando a linguagem Python. Para isso, contam com um ambiente estruturado de exercícios com *feedback* automatizado, permitindo uma aprendizagem intensiva e contínua. Após essa fase inicial, os alunos passam a trabalhar com conceitos de desenvolvimento em equipe, usabilidade e interface do usuário, culminando na criação de um jogo utilizando a biblioteca Pygame.

O terceiro módulo da disciplina envolve o desenvolvimento de uma aplicação web com o uso do *framework* Django, também em Python. Ao final desse processo, os estudantes estão aptos a participar da Seção *Sprint* do primeiro semestre, na qual recebem, de parceiros externos ao Insper, um conjunto de requisitos descritos na forma de *user stories*. A partir dessas histórias, os alunos devem desenvolver uma solução funcional e validá-la com os clientes ao longo das três semanas do *Sprint*.

No segundo semestre, a estrutura curricular se aproxima de um curso convencional de Ciência da Computação, com disciplinas como Ciência de Dados, Matemática do Contínuo, entre outras. Entretanto, o semestre é encerrado três semanas antes do período regular, a fim de reservar esse tempo final para a realização de uma nova Seção *Sprint*. Nessa etapa, os estudantes são novamente desafiados a desenvolver um projeto proposto por um parceiro externo, geralmente envolvendo a criação de sistemas web do tipo CRUD (*Create, Read, Update, Delete*).

A mesma lógica se aplica ao terceiro semestre, no qual o período letivo também se encerra antecipadamente para dar lugar à Seção *Sprint*. Nessa fase, os projetos desenvolvidos têm como foco principal a solução de problemas de cunho social. Um exemplo recorrente de parceria nesse contexto é a colaboração com a UNAS, uma organização não governamental que atua na zona sul de São Paulo e cuja missão é promover a inclusão social.

O nível de complexidade dos projetos aumenta gradativamente ao longo dos semestres, refletindo o avanço dos alunos em termos de conhecimento e habilidades interpessoais. No terceiro semestre, os estudantes já possuem uma base sólida em programação e desenvolvimento web, o que lhes permite enfrentar desafios mais complexos e desenvolver soluções mais robustas.

Nesse momento, os requisitos da solução também são mais vagos. Por exemplo, no primeiro e segundo semestres os alunos recebem uma lista de requisitos, na forma de *user stories*, que devem ser implementados. Já no terceiro semestre, os alunos precisam compreender o dia a dia da comunidade de Heliópolis, onde a UNAS atua, e devem propor soluções que atendam às necessidades reais da comunidade. Isso envolve não apenas o desenvolvimento técnico, mas também a capacidade de ouvir e entender as demandas dos usuários finais, promovendo uma abordagem mais centrada no ser humano.

Para alcançar esse objetivo, os alunos precisam realizar entrevistas com os usuários finais, criar personas e mapear a jornada do usuário, além de desenvolver um protótipo funcional que atenda às necessidades identificadas. Essa abordagem prática e colaborativa é fundamental para o desenvolvimento de habilidades interpessoais, como empatia, comunicação e trabalho em equipe.

No quarto semestre, o recorte da seção *Sprint* é diferente. O escopo do projeto é relacionado com o tema Aprendizagem de Máquina. Nesse momento, os alunos já tiveram disciplinas como Ciência de Dados, Álgebra Linear e Teoria da Informação, Inteligência Artificial e Robótica, e Aprendizagem de Máquina. Assim, eles são desafiados a desenvolver soluções que envolvam o uso de algoritmos de aprendizado de máquina, aplicando os conhecimentos adquiridos nas disciplinas anteriores. O projeto é geralmente desenvolvido em parceria com uma empresa do setor privado, que fornece dados reais para que os estudantes possam aplicar técnicas de aprendizado de máquina na resolução de problemas práticos. Exemplos de projetos já executados incluem a análise de *churn* de clientes de uma *startup*, modelo para detecção de deficiência de recombinação homóloga para uma empresa de exames laboratoriais, e um modelo para identificação de fraudes em transações de compras em um e-commerce.

No geral, as Seções *Sprint* representam uma oportunidade para os alunos do Insper aplicarem seus conhecimentos técnicos e interpessoais em cenários autênticos de resolução de problemas. A interação com clientes externos, a validação de soluções com usuários reais e o desenvolvimento de projetos com impacto social ou empresarial evidenciam como essa metodologia transforma o processo educacional em uma experiência prática e significativa. Ao vivenciarem todas as etapas do ciclo de desenvolvimento – da compreensão do problema à entrega da solução – os estudantes se aproximam da realidade do mercado de trabalho, ao mesmo tempo que contribuem efetivamente para a solução de desafios enfrentados por organizações e comunidades.

As disciplinas apresentadas nesta seção exemplificam uma abordagem curricular que busca integrar teoria, prática e propósito formativo desde os primeiros momentos da trajetória acadêmica. Ao articular competências técnicas com experiências reais, desafios interdisciplinares e tecnologias de ponta, essas iniciativas não apenas ampliam o repertório dos estudantes, mas também fortalecem sua autonomia, senso crítico e responsabilidade social. Trata-se de um modelo que posiciona a formação em engenharia como um processo vivo, conectado com o presente e orientado à construção de soluções relevantes para a sociedade.

Considerações finais

A formação de engenheiros na era da Sociedade 5.0 exige mais do que atualizações curriculares ou domínio de novas tecnologias. Trata-se de uma transformação profunda na forma como se compreende o papel do engenheiro na sociedade contemporânea. Esse profissional, além de possuir conhecimento técnico consistente, deve demonstrar sensibilidade social, responsabilidade ética, capacidade de inovação e habilidades para o trabalho colaborativo em um contexto marcado por complexidade, mudanças rápidas e desafios de natureza sistêmica. Essa preocupação, apresentada logo na introdução deste capítulo, orienta a proposta formativa aqui discutida: como preparar engenheiros mais conectados com o mundo, com seus pares e com os propósitos que movem a tecnologia em direção ao bem comum?

A reflexão desenvolvida ao longo do capítulo parte do reconhecimento de que os modelos tradicionais de ensino, centrados na transmissão de conteúdo de forma unidirecional, em avaliações padronizadas e na segmentação disciplinar, já não respondem às exigências da Indústria 4.0 nem aos princípios da Sociedade 5.0, que coloca o ser humano no centro das inovações tecnológicas.

Nesse contexto, torna-se fundamental a adoção de metodologias ativas de aprendizagem, como a Aprendizagem Baseada em Problemas, Projetos Interdisciplinares e a Sala de Aula Invertida. Tais estratégias favorecem o engajamento dos estudantes, estimulam a autonomia intelectual e promovem o desenvolvimento de competências como pensamento crítico, criatividade, empatia e cooperação.

A inteligência artificial ocupa, nesse cenário, uma posição cada vez mais relevante na educação. Ferramentas de IA generativa, como assistentes de linguagem e sistemas de automação, oferecem novas possibilidades de personalização do ensino, ampliação do acesso ao conhecimento e apoio ao processo de aprendizagem. Por outro lado, levantam questões éticas importantes, além de riscos relacionados à de-

pendência tecnológica, à reprodução de vieses e à definição da autoria e da privacidade no uso desses recursos.

Diante desses desafios, o papel das comunidades de aprendizagem entre docentes ganha destaque. A experiência do Insper com a criação de um grupo voltado à reflexão crítica sobre o uso pedagógico da inteligência artificial aponta para a necessidade de uma resposta institucional que seja contínua, coletiva e comprometida com a construção de soluções responsáveis. Essas comunidades constituem espaços de escuta, troca e desenvolvimento conjunto de práticas capazes de integrar tecnologias emergentes de forma ética e significativa à formação acadêmica.

A proposta curricular examinada neste capítulo procura ir além da mera transmissão de conteúdos. O objetivo é desenvolver competências alinhadas às transformações em curso no mundo do trabalho e na sociedade de maneira geral. Como detalhado na seção 2, habilidades como pensamento sistêmico, liderança, adaptabilidade, letramento digital, resiliência e conduta ética têm se tornado cada vez mais valorizadas em diferentes campos profissionais.

Em resposta a essa realidade, a estrutura curricular integra teoria e prática por meio de disciplinas conceituais, atividades interdisciplinares e projetos aplicados. Entre eles, destacam-se o projeto Capstone, realizado no último ano do curso, e as disciplinas introdutórias Natureza do Design e Tópicos Essenciais de Matemática e Física e as Seções de *Sprint*, que promovem tanto a formação técnica inicial quanto a inserção dos estudantes em situações reais de aprendizagem. A essas iniciativas somam-se laboratórios virtuais, roteiros orientados e desafios práticos, o que permite um desenvolvimento gradual de competências técnicas, respeitando diferentes níveis de familiaridade com os conteúdos.

No conjunto de disciplinas técnicas que compõem a matriz curricular, destaca-se a experiência com ambientes de computação de alto desempenho, explorada de forma prática na disciplina de Supercomputadores. Voltada ao desenvolvimento de competências em programação paralela, uso de recursos distribuídos e simulações em larga escala, a disciplina utiliza um cluster físico de arquitetura modular inspirado em supercomputadores reais. Por meio de atividades orientadas, os estudantes aprendem a operar sistemas como o SLURM e a empregar modelos computacionais para resolver problemas complexos, com aplicações em áreas como inteligência artificial, ciência de dados, modelagem física e bioinformática. A proposta pedagógica favorece a aplicação direta dos conhecimentos adquiridos, conectando essa experiência a outros projetos do curso e promovendo uma abordagem crítica e colaborativa na resolução de desafios reais.

O projeto Capstone, por sua vez, constitui uma experiência formativa que busca integrar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Nele, os estudantes trabalham no desenvolvimento de soluções para problemas apresentados por organizações externas. Esse processo inclui etapas como escuta do cliente, análise de requisitos, elaboração de protótipos e avaliação de viabilidade, o que requer domínio técnico, gestão de projetos, comunicação eficaz e trabalho em equipe. A atividade simula o ambiente profissional e proporciona oportunidades de aprendizagem por meio da experiência e do enfrentamento de problemas abertos e complexos.

Esse mesmo princípio orienta as disciplinas introdutórias. Natureza do Design e as Seções de *Sprint*, por exemplo, colocam os estudantes, ainda no primeiro semestre, diante de problemas reais cuja resolução demanda empatia, escuta ativa, prototipagem rápida e colaboração. Ao propor experiências práticas desde o início da formação, as disciplinas articulam conhecimentos acadêmicos com criatividade e responsabilidade social. Já Tópicos Essenciais de Matemática e Física atua no sentido de apoiar estudantes que ingressam com defasagens na formação básica, oferecendo um espaço de acolhimento e nivelamento que favorece a permanência e o progresso acadêmico.

Cabe destacar que as competências desenvolvidas ao longo desse percurso não se restringem à prática da engenharia. Trata-se de habilidades transferíveis, diretamente relacionadas aos grandes desafios contemporâneos, como sustentabilidade, transição energética, justiça social, transformação digital e inovação responsável. Ao lidar com problemas reais, os estudantes não apenas aplicam conhecimentos técnicos, mas também modificam sua forma de aprender, construindo uma relação mais ativa e reflexiva com o processo educativo.

A infraestrutura física e institucional também desempenha papel relevante nesse processo formativo. Ambientes como os Fab Labs e os laboratórios de fabricação digital oferecem espaços para experimentação, testes e aperfeiçoamento de soluções tecnológicas. Esses locais funcionam como ecossistemas de aprendizagem, estimulando a interdisciplinaridade, a criatividade e o empreendedorismo. Da mesma forma, serviços de apoio à saúde mental e estratégias de acolhimento acadêmico reconhecem que o desenvolvimento educacional está vinculado também a fatores emocionais e sociais.

Essa abordagem integrada, que articula domínio técnico, competências humanas e compromisso com valores sociais, aponta para uma concepção ampliada da engenharia. O profissional que se pretende formar é alguém capaz de atuar em

contextos diversos, incertos e em constante transformação, liderando processos que exigem pensamento crítico, visão sistêmica e capacidade de escuta e negociação.

Concluindo, a educação em engenharia não deve se limitar à preparação para o futuro, mas assumir seu papel como ferramenta ativa de transformação do presente. Ao adotar uma formação centrada no estudante, conectada à realidade e orientada por valores éticos, a proposta analisada aqui representa uma contribuição relevante para o debate sobre os caminhos da educação superior no Brasil. Trata-se de formar engenheiros não apenas tecnicamente qualificados, mas também socialmente conscientes, preparados para contribuir, com competência e responsabilidade, para a construção de um futuro mais justo, sustentável e inovador.

Referências

ABET. **Accreditation Board for Engineering and Technology**, 2025.

AMARAL, A. P. S.; OLIVEIRA BOERY, R. N. S. Metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem do curso de Enfermagem. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, v. 27, n. 290, 2022.

ARNETT, J. J. Idade adulta emergente(s). **Ponte entre abordagens culturais e desenvolvimento para a psicologia: Novas sínteses em teoria, pesquisa e política**. 2010.

BARROS, R. N. D.; PEIXOTO, A. D. L. A. Integração ao ensino superior e saúde mental: um estudo em uma universidade pública federal brasileira. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 27, p. 609-631, 2023.

BERGDAHL, Nina; BOND, Melissa; SJÖBERG, Jeanette; DOUGHERTY, Mark; OXLEY, Emily. Unpacking student engagement in higher education learning analytics: a systematic review. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, [S. l.], v. 21, art. 63, 2024. DOI: 10.1186/s41239-024-00493-y, 2024.

BEZERRA, J. E. M. S.; FERNANDES, C. E. R.; MENDES, L. C. B.; JORGE, M. S. B.; COELHO, M. R. Saúde mental de estudantes dos cursos de graduação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 40, 2021.

BISHOP, J. L.; VERLEGER, M. A. The flipped classroom: a survey of the research. In: ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION, 2013, Atlanta. **Anais [...]**. Atlanta: ASEE, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES n. 11, de 11 de março de 2002. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 9 abr. 2002, p. 31-32. Disponível em: https://www.realsuperior.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CNE-CES-n%C2%BA-11_2002_DCN-Engenharia.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Rede de Atenção Psicossocial**. Brasília, 2023.

BROWN, Tim. **Design Thinking**: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CALP, M. Hanefi; BÜTÜNER, Resul. Society 5.0: Effective technology for a smart society. In: **Artificial Intelligence and Industry 4.0**. Academic Press, 2022.

CARVALHO L. D.; TONINI A. M. Uma análise comparativa entre as competências requeridas na atuação profissional do engenheiro contemporâneo e aquelas previstas nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia. **Gestão & Produção**, out. 2017.

CASALE, A. **Aprendizagem baseada em problemas**: desenvolvimento de competências para o ensino em engenharia. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

CAVALCANTI, W.; TAVARES, E. Explorando affordances do ChatGPT no ensino superior brasileiro. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE ÉTICA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 1., 2024. **Anais [...]**. São Paulo: SBC, 2024.

CHEN, Julia. **Four directions for assessment redesign in the age of generative AI**. Times Higher Education (THE), 2023. Disponível em: <https://www.timeshighereducation.com/features/four-directions-for-assessment-redesign-in-the-age-of-generative-ai>.

education.com/campus/four-directions-assessment-redesign-age-generative-ai. Acesso em: 15 abr. 2025.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA (CONFEA). **Número de profissionais ativos por Crea**. Disponível em: <https://relatorio.confea.org.br/Home/Profissional>. Acesso em: 10 abr. 2025.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CREA/RJ). **Pesquisa da Confederação Nacional da Indústria (CNI) aponta déficit de 75 mil engenheiros no país**. Disponível em: <https://www.crea-rj.org.br/pesquisa-da-confederacao-nacional-da-industria-aponta-deficit-de-75-mil-engenheiros-no-pais/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

CORNELIUS, H. **The Future of High-Performance Computing (HPC)**. Hershey, PA: IGI Global, 2018. p. 4004-4017. DOI: 10.4018/978-1-5225-2255-3.ch347.

COSKUN, S.; KAYIKCI, Y.; GENÇAY, E. Adapting engineering education to Industry 4.0 vision. **Technologies**, v. 7, n. 1, p. 10, 2019.

COX, Milton D. Introduction to faculty learning communities. In: COX, M. D.; RICHLIN, L. (Ed.). **Building faculty learning communities. New Directions for Teaching and Learning**, n. 97, p. 5-23, 2004.

DANTAS, I. L.; OLIVA COSTA, E. F.; MELO, E. V.; SILVEIRA MOREIRA, J. D. J. Prevalência da Síndrome de Burnout e fatores associados entre estudantes de engenharia de uma universidade pública brasileira. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 6, e27112642343-e27112642343, 2023.

DARLING-HAMMOND, Linda. Research on teaching and teacher education and its influences on policy and practice. **Educational Researcher**, v. 45, n. 2, p. 83-91, 2016.

DE CARVALHO LOURENÇO C.; MACHADO M. M.; JUNIOR C. Inovação na educação em engenharia por meio do desenvolvimento de competências e habilidades referenciado nos modelos de educação 4.0 e 5.0. **Latin American Journal of Business Management**, v. 13, n. 1, jul 312022.

DEMAI, T. A. O.; LIMA, L. S. C.; FORNACIALI, M. S.; BATISTA, A. F. M.; FERRÃO, R. C. Cost-effective clusters in education: A model for practical HPC learning. In: **FIE Education Conference**, 2024. IEEE, 2024. DOI: 10.1109/FIE61694.2024.10892965.

DESIGN COUNCIL. **The Double Diamond 2014**. Disponível em: <https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/the-double-diamond/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

DIGITAL EDUCATION COUNCIL. **Global AI Faculty Survey 2025**: Exploring Faculty Experiences with Generative AI in Higher Education. 2025. Disponível em: https://mcusercontent.com/1ad9cb252c8101779b258f459/files/0e3c8a90-8829-6fa7-298a-89b0e430fbe7/Digital_Education_Council_Global_AI_Faculty_Survey_2025.pdf. Acesso em: 15 abr. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. **European declaration on high performance computing**. 2024.

FALK, N. A.; ROTTINGHAUS, P. J.; CASANOVA, T. N.; BORGES, F. H.; BETZ, N. E. Expanding Women's Participation in STEM: Insights From Parallel Measures of Self-Efficacy and Interests. **Journal of Career Assessment**, v. 25, n. 4, p. 571-5840, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1177%2F1069072716665822>. Acesso em: 10 abr. 2025.

FREEMAN, S. *et al.* Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

GLADDEN, M. E. Who will be the members of Society 5.0? Towards an anthropology of technologically posthumanized future societies. **Social Sciences**, v. 8, n. 5, art.148, 2019.

GRAHAM, Ruth. **The global state of the art in engineering education**. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2018.

GÜRDÜR BROO, D.; GÜNDÜZ, M. Z.; NORRIE, M. C. Rethinking engineering education at the age of Industry 5.0. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 25, art. 100311, 2022.

INSPER. **Capstone - Projeto Final de Engenharia**. São Paulo: Insper, 2025. Disponível em: <https://pfe.insper.edu.br>. Acesso em: 07 abr. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Sinopse Estatística da Educação Superior 2024**. Brasília: INEP, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados>. Acesso em: 10 abr. 2025.

JETTE, M. A.; YUAN, X.; GRONDONA, M. SLURM: Simple Linux Utility for Resource Management. In: FEITELSON, D. G.; RUDOLPH, L.; SCHWIEGELSHOHN, U. (org.). **Job Scheduling Strategies for Parallel Processing**. Berlin: Springer, 2003. p. 44-60. (Lecture Notes in Computer Science, v. 2862). DOI: 10.1007/10968987_3.

LANTADA, A. D. Engineering education 5.0: continuously evolving engineering education. **International Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 6, p. 1814-1832, 2020.

LIMA, G. S.; CARVALHO NETO, A.; LIMA, M. S.; TANURE, B.; VERSIANI, F. O teto de vidro das executivas brasileiras. **Pretexto**, v. 14, n. 4, p. 65-80, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.21714/pretexto.v14i4.1922>. Acesso em: 10 abr. 2025.

LIMA, L. S. C.; DEMAY, T. A. O.; ROSA, L. N.; BATISTA, A. F. M.; SILVA, L. Enhancing supercomputing education through a low-cost cluster: A case study at Insper. **International Journal of Computer Architecture Education (IJCAE)**, v. 12, n. 2, p. 11-19, 2023.

MCKINSEY & COMPANY. **Five Fifty: The skillful corporation**. 2021. Disponível em: <https://ceros.mckinsey.com/the-skillful-corporation-desktop/p/1>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MESQUITA, D. **O Currículo da formação em engenharia no âmbito do Processo de Bolonha: desenvolvimento de competências e perfil profissional na perspectiva dos docentes, dos estudantes e dos profissionais**. Tese (Doutorado) – Universidade do Minho, 2015.

MORENO, M. G. M.; MURTA, C. M. G. Mulheres nas ciências, engenharia e tecnologia: o que as publicações científicas apontam? **Em Questão**, v. 29, e-125842, 2023.

NAVAUX, P. O. A.; LORENZON, A. F.; SERPA, M. S. Challenges in high-performance computing. **Journal of the Brazilian Computer Society**, v. 29, n. 1, p. 51-62, 2023.

NETWORKING AND INFORMATION TECHNOLOGY R&D. **National Strategic Computing Initiative**. 2024.

NEYEM, A.; ALCOCER, J. P. S.; MENDONZA, M.; CENTELLAS-CLAROS, L.; GONZALEZ, L. A.; PAREDES-ROBLES, C. Exploring the Impact of Generative AI for StandUp Report Recommendations in Software Capstone Project Development. In: **Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1 (SIGCSE 2024)**. Association for Computing Machinery, 2024, New York, NY, USA, 951-957. <https://doi.org/10.1145/3626252.3630854>

NORMAN, Don. **O Design do Dia a Dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OECD. **OECD Learning Compass 2030: future of education and skills 2030**. Paris: OECD Publishing, 2020. Disponível em: <https://www.oecd.org/education/2030-project/>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PANORAMA DE TALENTOS EM TECNOLOGIA: **A escassez de profissionais de tecnologia no Brasil e seu consequente impacto no ecossistema de startups**. Google for Startups, ABSTARTAPS, Box 1824, 2024. Disponível em: https://services.google.com/fh/files/events/relatorio_gfs_panorama_de_talentos_em_tecnologia.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025.

PERKINS, M.; FURZE, L.; ROE, J.; MACVAUGH, J. The Artificial Intelligence Assessment Scale (AIAS): A framework for ethical integration of generative AI in educational assessment. **Journal of University Teaching and Learning Practice**, v. 21, n. 6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.53761/q3azde36>. Disponível em: <https://doi.org/10.53761/q3azde36>. Acesso em: 15 abr. 2025.

PRASAD, S. K. *et al.* **NSF/IEEE-TCPP Curriculum Initiative on Parallel and Distributed Computing: Core Topics for Undergraduates - Version II-beta.** 2020.

RADENSKI, A. **Integrating data-intensive cloud computing with multicores and clusters in an HPC course.** In: ANNUAL CONFERENCE ON INNOVATION AND TECHNOLOGY IN COMPUTER SCIENCE EDUCATION, 2012. ACM.

RAJ, R. K. *et al.* High performance computing education: Current challenges and future directions. In: **Innovation and Technology in Computer Science Education Working Group Reports** (ITiCSE-WGR), ACM, 2020.

SANTANA, A. L. M.; LOPES, R de D. Using real-world problems and project-based learning for future skill development: an approach to connect higher education students and society through user-centered design. In: FICHTER, K.; ROHDE, L.; SIEGEL, C. (org.). **Creating the university of the future: a global view on future skills and future higher education.** Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2024.

SANTANA, A. L. M.; LOPES, R. de D. Active learning methodologies and Industry 4.0 skills development – a systematic review of the literature. In: LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES (LACLO), 15., 2020, Arequipa. **Anais [...]**. IEEE, 2020. DOI: 10.1109/LACLO50806.2020.9381161.

SANTOS, J. L. B. **Assistência à saúde mental de estudantes universitários: experiências de cuidado na Universidade Federal da Bahia.** 2023. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Estudos Interdisciplinares sobre a Universidade, Instituto de Humanidades, Artes e Ciências. Professor Milton Santos, Universidade Federal da Bahia, 2023.

SANTOS, P. V. **Metodologias ativas: modismo ou inovação?** – v. 2. Goiânia, GO: Editora IGM, 2023.

SOARES L. P.; LIMA, L. C.; SILVA, R. I. G. Navigating engineering capstone strategies. In: **Proceedings of the International Conference on Active Learning in Engineering Education** (PAEE/ALE'2024). San Andrés, Colombia: PAEE, jul. 2024.

SOARES, L.; ACHURRA, P.; ORFALI, O. **A hands-on approach for an integrated engineering education**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION, 8., 2016. p 294-302.

SOARES, L.; AYRES, F. Final engineering project at Insper. In: **Proceedings of the 2020 Capstone Design Conference**, Virtual, 2020.

TELLES, F. Um olhar sobre as mudanças e os desafios para a implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais de 2019 nos cursos de engenharia. **Revista Thema**, v. 22, n. 2, p. 565-583, 2023.

TOP500 SUPERCOMPUTER SITES. **TOP500 list**. 2024. Disponível em: <https://www.top500.org/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

USHER, M.; BARAK, M. Team diversity as a predictor of innovation in team projects of face-to-face and online learners. **Computers & Education**, v. 144, art. 103702, 2020.

VESCIO, Vicki; ROSS, Dorene; ADAMS, Alyson. A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. **Teaching and Teacher Education**, v. 24, n. 1, p. 80-91, 2008.

WARD, T. A. Common elements of capstone projects in the world's top-ranked engineering universities. **European Journal of Engineering Education**, v. 38, n. 2, p. 211-218, 2013. <https://doi.org/10.1080/03043797.2013.766676>

WENGER, E. **Communities of practice**: Learning, meaning, and identity. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **The Future of Jobs Report 2025**. Cologny/ Geneva: World Economic Forum, 2025.

WU, Q.; CORMICAN, K. Shared Leadership and Team Effectiveness: An Investigation of Whether and When in Engineering Design Teams. **Frontiers in Psychology**, v. 11, Artigo 569198, 2021.

REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA: POSSIBILIDADES PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Luciano Andreatta Carvalho da Costa¹

Marcondes Moreira de Araujo²

Introdução

A partir da segunda metade do século XX, aceleraram-se as sucessivas revoluções científicas e tecnológicas em todos os campos e atividades humanas, possibilitando o surgimento dos paradigmas da “Sociedade do Conhecimento e da Inovação”, da “Sociedade em Rede” organizada por meio das tecnologias de comunicação e informação (TICs), e de uma rápida transformação digital (Freeman, 1995; Castells, 1999; Stoer *et al.*, 2003; Unesco, 2005).

Segundo Gibbons *et al.* (1994), as contínuas inovações e transformações tecnológicas impactam uma sociedade global digitalmente conectada, em processos que transcendem as tradicionais relações, demandas e desafios nos campos educacionais, políticos, econômicos, sociais e ambientais. A partir da segunda década de 1990 do século XX, a popularização do computador pessoal e da internet abriu uma nova fase de transformação nos sistemas educacionais e intensificou a oferta de novos modelos e métodos de aprendizagem assistidos por ferramentas digitais (Vilaça; Araujo 2016). E, no século XXI, ganhou destaque e importância a era da “Sociedade da Educação, Aprendizagem e Inovação” (Lundvall, 2010).

Os impactos dessa excepcional transformação tecnológica ocorrem em todos os campos da sociedade, incluindo os complexos sistemas de educação, ciência, tec-

¹ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

² Analista Políticas C,T&I; Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI); Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI); Departamento de Tecnologias Aplicadas (DETAP); Coordenação-Geral de Tecnologias Habilitadoras (CGTH).

nologia e inovação, comunicação, economia, produção e consumo, que não mais ocorrem de forma linear (Nardes *et al.*, 2018). Quanto à educação, por sua característica de prática social essencial para o desenvolvimento da civilização humana em permanente transformação, pode-se caracterizá-la como um conjunto dinâmico de processos, sistemas, métodos, ferramentas, capazes de estimular, entre os sujeitos emissor e receptor e o ambiente da ação educacional, novas formas e práticas de oferta e recepção do conhecimento, visando a uma aprendizagem e formação continuada de natureza crítica e ética (Rodrigues, 2001).

A teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky (2000), amplamente aceita e estudada na atualidade, destaca que o desenvolvimento cognitivo humano não pode ser separado do contexto social, histórico e cultural, ambiente, onde se insere. Assim, considerando essa teoria aplicada ao ambiente da educação “*lato sensu*”, surge a necessidade de proporcionar aos educandos variadas possibilidades de construção e fixação do conhecimento. Isso demanda aos educadores a aplicação de métodos e tecnologias que favoreçam uma efetiva interação deles com os educandos, e, por conseguinte, com a sociedade e o meio.

Na concepção de Vianna (2006), a “educação, em sentido amplo, representa tudo aquilo que pode ser feito para desenvolver o ser humano e, no sentido estrito, significa a instrução e o desenvolvimento de competências e habilidades”. Nesse aspecto, as características dos ambientes virtuais, como imersão, comunicação, interação e colaboração, podem criar oportunidades para os estudantes se tornarem mais ativos, motivados, interessados, em explorar novas formas de aprendizado no mundo virtual.

Na prática educacional moderna da sociedade da tecnologia, da informação, da comunicação e da inovação digital, o processo educacional se transforma continuamente diante dos novos contextos, desafios e oportunidades, e nessa realidade, os impactos dessas transformações ainda não são adequadamente conhecidos. Assim, no Brasil e no mundo, a busca por melhor compreender os impactos das tecnologias na educação, em particular nos processos de ensino-aprendizagem e nas relações docente-discente, é um campo crescente de investigação e pesquisa acadêmica (Moran, 1997; Moran, 2013; Lima, 2010).

Gradualmente, por meio de variados Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), as tecnologias digitais empregadas na educação podem ampliar as possibilidades da aprendizagem presencial e virtual (online e a distância) de uso síncrono e assíncrono (Annetta; Folta; Klesath, 2010). O uso desses ambientes e tecnologias digitais, como plataformas e ferramentas pedagógicas na educação presencial e vir-

tual, possibilitou a superação das barreiras do espaço-tempo, e ampliou o potencial de motivação de uma maior interação dos atores do processo ensino-aprendizagem. Se disponíveis, e utilizadas de forma adequada, seu uso pode impactar positivamente a velocidade e a qualidade das entregas, bem como a aquisição, fixação e utilização pelo educando do conhecimento e da aprendizagem (Maciel, 2018; Varão; Evana, 2020; Goulart; Radaelli; Astrudillo, 2022).

De acordo com Moran (2015), as Tecnologias Digitais na Educação são fundamentais para a evolução da dinâmica educacional, mas pode-se destacar que não são as únicas responsáveis pelo sucesso acadêmico e a aprendizagem do educando. Faz-se necessário seu bom uso para estimular corretamente o processo de ensino e aprendizagem, visando a um maior impacto a partir de seu grande potencial. Nesse contexto, observa-se na prática da educação que o professor e o educando precisam de conhecimento e destreza no uso das tecnologias para que estas gerem os benefícios esperados.

As aplicações dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) evoluíram para os ambientes de imersão tridimensional (3D) com os recursos das tecnologias interativas que incluem a Realidade Virtual (RV), a Realidade Aumentada (RA) a Realidade Mista (RM), a Realidade Estendida (RE), e simulações online, em alta definição, em várias áreas do conhecimento. Esse salto tecnológico naturalmente estendeu-se a aplicações para a educação em geral e para a formação e a capacitação profissional na engenharia (Potkonjak *et al.*, 2016).

Nessa “corrida digital transformadora” o desenvolvimento e a aplicação das novas tecnologias emergentes da transformação digital aceleram-se de forma “cruzada” ou “retroalimentada”, pela inteligência artificial (IA) tradicional de linguagem preditiva, e os modelos de inteligência geral, generativa em rápida evolução. Somam-se à IA as técnicas do aprendizado profundo de máquina em redes neurais, ou redes de aprendizado profundo, o metaverso, a ciência avançada de dados, as redes de *blockchain*, a internet das coisas (IoT), a cibersegurança, a computação em nuvem, e recentemente, a computação quântica (Nunes; Maculan; Almeida, 2020; Tori, 2023; OCDE, 2023).

A Internet 3.0 (ou web 3.0), com ênfase na descentralização contextualizada e tecnologias *blockchain*, forneceu a infraestrutura para as experiências imersivas mais interativas e persistentes, e tornou-se uma plataforma habilitadora das tecnologias digitais educacionais de vanguarda. Suas características principais incluem a descentralização contextualizada, o metaverso, a integração de serviços, e uma maior interação do usuário por meio de plataformas e redes sociais.

A web 3.0 possibilitou a Realidade Virtual (RV), a Realidade Aumentada (RA) e outras experiências imersivas que rompem os limites físicos, e permitem, respectivamente, ao usuário interagir com ambientes inteiramente ou parcialmente virtuais, ou sobrepor elementos digitais ao mundo real. Segundo Mystakidis (2023) e Lee *et al.* (2021), essas características podem tornar as experiências imersivas ainda mais acessíveis, permitindo ao usuário participar da criação e controle de seus próprios ambientes virtuais. Essas incríveis interações e convergências tecnológicas abrem um vertiginoso e quase ilimitado mundo de possibilidades de aplicações, não apenas na educação.

Atualmente, está em curso uma transição da Internet da terceira para a quarta geração (Web 3.0 - “Web semântica, Web inteligente, ou Web de dados vinculados”), para a Web 4.0 (“Web Simbiótica, ou Web Móvel”) (Goertzel, 2014; Russell; Norvig, 2013). A Web 4.0 vai acelerar ainda mais a personalização, individualizada a cada usuário, incorporando as tecnologias dos três tipos de Inteligência Artificial: 1) IA Limitada - *Narrow Artificial Intelligence* (NAI), já largamente utilizada em assistentes virtuais, *chabots*, serviços de *streaming*; 2) IA Geral - *Artificial General Intelligence* (AGI), em desenvolvimento, na qual os sistemas poderiam emular habilidades cognitivas humanas e solucionar problemas para os quais não foram programados e realizar tarefas que poderiam ser executadas por pessoas; e, 3) IA Superinteligência, *Artificial Super Intelligence* (ASI), conceito ainda hipotético, no qual a tecnologia transcenderia a inteligência humana em todos os aspectos. A ASI é um tema complexo e controverso, explorado na ficção científica e na filosofia, e embora ainda não exista na realidade, levanta questões sérias sobre seu imenso potencial e os riscos associados se não for usada de forma responsável e benéfica para a humanidade (Fiedler, 2023; Marinova, 2023).

Somam-se a esse ecossistema em acelerada expansão a Internet das Coisas (IoT), a aprendizagem de máquina, e a integração de serviços com a interação social. No século XXI a sociedade humana entrou em uma geração em que máquina e humano se mesclam, e a internet integra o dia a dia do usuário, da casa ao carro inteligente, da medicina individualizada, ao advogado robô.

Na área educacional, a transformação digital disruptiva inclui as novas fronteiras da aprendizagem preditiva e personalizada baseada em experiências virtuais como a gamificação e o metaverso (Educause, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024). A nova fronteira a explorar é a aprendizagem generativa que irá amplificar as capacidades humanas pelo potencial de criar conteúdo novo e original, como textos, imagens, vídeos, músicas e vozes, a partir de instruções em forma de “*prompts*”, ou seja, solicitações precisamente instruídas (Adapta, 2024).

A Figura 1 a seguir exibe uma comparação entre a IA Tradicional (preditiva) e a IA Geral (generativa).

Figura 1 - Comparativo IA Tradicional (preditiva) e IA Generativa

CATEGORIA	IA PREDITIVA TRADICIONAL	IA GENERATIVA
Tipo de dado gerado	Não gera novos dados, mas analisa e faz previsões com base em dados existentes.	Pode gerar dados em diversas formas, incluindo texto, imagens, música, vídeo, etc.
Aplicações	Previsão do tempo, análise de risco de crédito, previsão de demanda de produtos.	Criação de arte digital, desenvolvimento de jogos, geração de texto, síntese de voz, geração de código, etc.
Objetivo principal	Prever ou estimar um resultado específico com base em dados históricos.	Gerar novos dados que são indistinguíveis dos reais e parecidos com gerados por humanos.
Complexidade	Podem variar de simples a complexos, dependendo da aplicação específica.	Geralmente mais complexos, exigindo grandes conjuntos de dados e poder de computação significativo.
Desafios de treinamento	Requer dados históricos precisos; pode ser desafiador modelar corretamente a complexidade dos dados.	Requer grande quantidade de dados de treinamento; pode ser difícil de controlar a saída.

Fonte: Relatório Panorama da Inteligência Artificial na América Latina 2024 - Adapta (2024).

Cabe observar que as aplicações de RV-RA, neste artigo, concentram-se nas práticas que envolvem a Educação em Engenharia.

1. Justificativa e motivações deste estudo

Na busca incessante por soluções aplicadas aos desafios da sociedade do século XXI, a evolução dos processos e impactos do quadrinômio tecnologia-educação-conhecimento-aprendizagem apoia-se na transformação e convergência digital, com

desdobramentos e implicações na ciência, na pesquisa, no desenvolvimento e na inovação (Schwab, 2016).

Potkonjak *et al.* (2016) argumentam que, no cenário global, a natureza do ensino de ciências e de engenharia ainda limita o uso de ferramentas avançadas, em relação a seu potencial. Afirmam os autores que uma razão dessa discrepância seria a necessidade de exercícios em laboratórios e plataformas na prática pedagógica, que possibilitem a aquisição efetiva das habilidades, competências e experiência exigidas, e que, em geral, não é trivial disponibilizar o acesso online a esses laboratórios e plataformas. Concluem os autores que, em vez de habilitar o acesso online ao laboratório real, a melhor e mais eficaz solução seria replicá-lo como laboratório virtual baseado em softwares em ambientes de aprendizagem virtual (AVAs), e que simulações podem ampliar novas possibilidades de produção e compreensão de fenômenos e processos complexos.

Conforme Prisecaru (2017), o cenário mundial de demanda intensiva por tecnologias e profissionais qualificados para os desafios contemporâneos exige da educação em engenharia uma atualização de planejamento que contemple a elaboração e implementação de ferramentas e metodologias digitais avançadas. Essas metodologias devem ser capazes de proporcionar aos estudantes, e futuros engenheiros, uma visão integrada entre a aprendizagem e as experiências antecipadas do exercício profissional. Assim, a educação e as formações em engenharia precisam se adequar, desenvolver conhecimentos e habilidades que permitam ao engenheiro adquirir as competências essenciais para o desenvolvimento e o progresso da sociedade.

Portanto, o ensino de engenharia deve buscar novas formas de atuação na formação dos estudantes e futuros profissionais. Para Alberti *et al.* (2015), a aplicação das metodologias ativas como a RV-RA, a partir da experimentação segura de problemas reais em ambientes virtuais, oferta uma visão moderna e uma ação pedagógica motivante envolvendo uma maior interação entre a teoria, a prática, a aprendizagem, a integração do conhecimento tecnológico, as abordagens sistêmicas, a vivência do exercício profissional e o desenvolvimento das capacidades intelectuais.

As escolas e cursos de engenharia, surgidos na Revolução Industrial, devem se reinventar e adaptar-se às novas funções do engenheiro na economia, nas organizações e na sociedade. Conforme apresentado na introdução deste projeto de tese, o uso de tecnologias digitais no ambiente de ensino-aprendizagem em engenharia, entre as quais as ferramentas de RV-RA, pode contribuir para a superação do desafio de permitir uma maior motivação aos educandos, uma menor evasão e uma melhor qualidade na aquisição e retenção dos conhecimentos necessários à profissão.

Vem somar-se à discussão sobre o emprego crescente das tecnologias de vanguarda na educação em engenharia a necessidade de melhor conhecer o ambiente de ensino-aprendizagem com uso de ferramentas de RV-RA envolvendo docentes e discentes. Isso ocorre, por meio de sua caracterização, em termos de facilidade e dificuldade institucional e pedagógica para uso, bem como identificar resultados obtidos, segundo a avaliação de diferentes atores envolvidos no processo.

De acordo com a abordagem de Alberti *et al.* (2013), o emprego das tecnologias de RV-RA tende a permitir de forma segura ao docente-discente analisar antecipadamente problemas e não conformidades de forma virtual, e sem intervenção real. Ao mesmo tempo, antecipam cenários e possibilitam a aferição de soluções que maximizam os benefícios para as organizações e empresas, na sociedade do conhecimento e inovação.

Assim, empregando a abordagem metodológica descritiva-qualitativa do grupo focal, esta tese busca identificar se os resultados do ensino pelo docente, e os resultados da aprendizagem, apropriados pelo estudante, apresentam convergência entre si, bem como se corroboram as expectativas teóricas acerca da produção e apropriação de aprendizagens mais motivadoras e contributivas para a formação do egresso em engenharia.

2. Fundamentação teórica

Para Demo (2009), o variado contexto do universo educacional exige trabalhar com a pesquisa em educação, e a importância da pesquisa no ensino superior é fundamental para o avanço da construção do conhecimento e para a formação de profissionais críticos e reflexivos. Segundo Lampert (2008) *apud* Lima (2004), trabalhar com pesquisa em sala de aula não significa explorar a pesquisa em sua “acepção clássica”, mas envolver o discente em situações essenciais para que ele desenvolva o pensar, o questionamento, a argumentação, o diálogo e a produção escrita. Afirma Cunha (2008) que a pesquisa em educação deve incluir a reflexão crítica e propositiva sobre a própria prática educacional, incluindo o uso de tecnologias para fins pedagógicos, pois podem trazer uma importante contribuição à sociedade.

Castells (1999) destaca que, para compreender a sociedade contemporânea, é preciso considerar as tecnologias da comunicação e informação (TICs), que, expandidas globalmente, estruturam aspectos sociais, e criam processos de inclusão e exclusão. Segundo esse consagrado autor, nosso mundo está em processo de transformação estrutural há pelo menos três décadas. Trata-se de um processo multidimen-

sional, associado à emergência de um novo paradigma tecnológico, baseado nas tecnologias digitais de comunicação e informação, que começaram a tomar forma nos anos 60 do século XX (Castells, 1999). O autor considera que as formas digitais de comunicação, de armazenagem e ligação das informações “são a coluna vertebral da sociedade em rede, tal como as redes de potência (ou redes energéticas) eram as infraestruturas sobre as quais a sociedade industrial foi construída” (Castells, 2005, p. 18).

Cabe salientar que, entre as buscas e desafios do cotidiano do docente/professor, bem como do discente/educando/aluno, incluem-se, sem caráter de limitação, a expansão e a evolução do conhecimento, o uso das novas tecnologias digitais para fins pedagógicos, e uma melhor compreensão das práticas e impactos nos processos de ensino e aprendizagem (Grillo; Gessinger, 2008).

Segundo Gatti *et al.* (2019), o docente deve buscar o aprimoramento do conhecimento, do diálogo e dos meios para aperfeiçoar a concepção, a práxis educacional e seus impactos positivos na aprendizagem. O desafio dessa busca constante deve considerar as rápidas mudanças na sociedade digital conectada, o que exige uma melhoria da coerência entre os conceitos, as teorias, as metodologias, as estratégias, os conteúdos e as tecnologias adotadas.

Quanto à educação em engenharia, esta vem sendo crescentemente impactada pelas novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), em um desafiador processo de desenvolvimento, valorização, adaptação, ou resistência, ao uso. Conforme Silva *et al.* (2013), a adequada utilização dessas tecnologias baseada em evidências permitiria ao docente e ao gestor acadêmico atualizar e estimular uma interação docente-discente mais efetiva, criando cenários e resultados mais bem contextualizados, simulando situações correntes da prática estudantil e profissional, assim, contribuindo para a evolução da construção, disseminação e emprego do conhecimento.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2014, 2018, 2021), no mundo, assim como no Brasil, a educação em engenharia enfrenta desafios permanentes de revisão e atualização de seus próprios conteúdos e práticas, para acompanhar as variadas demandas da sociedade em contextos de crescente instabilidade e incerteza. Para Alberti *et al.* (2015), a busca intensiva por tecnologias de vanguarda e a exigência de profissionais qualificados pressionam professores, gestores e educandos dos campos da Educação, da Ciência, da Tecnologia e da Inovação, a encontrarem novas formas de planejamento e atuação na formação e capacitação continuada dos estudantes e futuros profissionais.

Conforme a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge, 2017), as deficiências mais comuns e importantes na educação em engenharia no Brasil in-

cluem, sem se limitarem a: alta evasão, alta reprovação, alta duração e defasagem do tempo até a conclusão e titulação, e aprendizagem insuficiente às exigências da sociedade moderna.

Souza *et al.* (2018) destacam que as prováveis causas da alta evasão e reprovação nos cursos de engenharia no Brasil incluem, mas não se limitam a: (i) deficiência na formação e domínio de conceitos básicos nos níveis básico e médio; (ii) ausência do hábito de estudar, com insuficiente capacidade crítica e falta de interesse dos alunos; (iii) infraestrutura inadequada e indisponibilidade de bibliografia; (iv) elevada quantidade de alunos por turma; (v) carga horária insuficiente; (vi) deficiência ou ausência de monitoria e planos inadequados de estudo; (vii) metodologias e tecnologias inadequadas de ensino; (viii) deficiência, ou dificuldade, na relação professor-aluno, entre outras.

A sociedade do conhecimento e da inovação modificou o tradicional paradigma da busca em formar bons engenheiros nomeadamente nas competências técnicas, e nas últimas décadas o expandiu para incluir uma formação holística, baseada em competências e habilidades complementares (*soft skills*), que procurem gerar perfis de profissionais empreendedores, inovadores, versáteis e resilientes às adversidades, capazes de se adaptar à constante mudança. Assim, além do indispensável conhecimento técnico, esse novo profissional engenheiro do século XXI deve demonstrar habilidades e atributos tecnológicos, linguísticos, comportamentais e emocionais, incluindo a boa capacidade de comunicação oral e escrita, a interação social, e a liderança (Goldberg; Sommerville, 2014).

Para Masetto (2018), a docência contemporânea na educação superior possui trilhas abertas para as inovações, destacando-se as práticas pedagógicas que buscam dinamizar e superar as limitações do tempo, do espaço e das atividades tradicionais do processo ensino-aprendizagem. A essa tendência, aliando-se a outros estudiosos, chamamos “Metodologias Ativas”. Prossegue, mencionando que, na atualidade, as melhores escolas de Engenharia do mundo empregam metodologias ativas e treinam seus docentes para o uso de ferramentas digitais inovadoras de modelagem e simulações. Essas ferramentas incluem, de forma não exaustiva: *Problem Based Learning* e *Project Based Learning* (PBL - Aprendizagem Baseada em Problemas - ABP); Laboratórios virtuais online de simulação remota; *Desire2Learn*; Edmodo; Sistemas tutoriais para Educação a Distância (EaD); *Peer Instruction* (instrução por pares); Ensino híbrido; *Experience Learning*; *Design Thinking*; *Team-Based Learning* (TBL); *Moodle*; *MOOCs*; *EPUB*.

Segundo Moran (2015), o professor deve estimular o interesse e a criatividade dos alunos, ajudando-os a experimentar as inúmeras novas possibilidades. O estímulo

lo à aplicação de metodologias ativas na educação em engenharia evidencia uma inovação pedagógica mediada por tecnologias digitais de vanguarda, que, em ambientes virtuais, proporciona aos estudantes e professores uma experiência mais abrangente e estimulante de interação, entrega do conhecimento, e assimilação das práticas de ensino e aprendizagem. Também, afirma o renomado autor, possibilita, com segurança, a experiência antecipada do exercício profissional e do desenvolvimento das capacidades técnicas, cognitivas, linguísticas, sociais e comportamentais que potencializam uma formação multidisciplinar sistêmica do futuro profissional das engenharias e dos agentes da inovação.

Ferraz (2018) assevera que as aplicações distribuídas da Realidade Virtual (RV) nos cursos de engenharia são abrangentes, incluindo infraestruturas como CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), laboratórios remotos online, e jogos multi-jogadores. Essas plataformas demandam infraestruturas, requisitos e protocolos específicos que se beneficiam de diversos padrões e modelos de comunicação e permitem simulações em tempo real, com exibição de texto, imagens e sons interativos com os usuários.

Portanto, as escolas e cursos de engenharia precisam se transformar, buscando estratégias inovadoras e estimulantes para reduzir, minimizar, as taxas de reprovação e evasão e melhorar a qualidade da aprendizagem de seus egressos. Entre as estratégias que estimulam o interesse, habilidades e aprendizagem dos educandos, e complementam o processo ensino-aprendizagem, estão o emprego gradual das metodologias ativas como os laboratórios virtuais remotos online de simulação, e os ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) (Tonini *et al.*, 2018; Abenge, 2022).

Na plataforma tecnológica dos laboratórios virtuais, Potkonjack *et al.* (2016) identificaram que no contexto internacional os sistemas de laboratório virtual e os simuladores costumam ser usados como uma etapa inicial nos cursos de engenharia, seguidos por uma experiência prática mais aprofundada com equipamentos autênticos reais. Reconhecem, também, que o progresso contínuo na computação, realidade virtual e tecnologias de mundos virtuais pode oferecer a oportunidade de ampliar rapidamente o uso de aplicativos de sistemas baseados em laboratórios virtuais, concluindo pela possibilidade de reduzir a necessidade de laboratórios reais.

Tulha *et al.* (2019), ao realizarem uma revisão sistemática sobre o uso dos Laboratórios Remotos na educação no Brasil, afirmam que, ao possibilitar atividades práticas via internet, o uso dessa ferramenta computacional na educação encontra-se consolidado na literatura. Concluem os autores que os experimentos remotos são principalmente voltados a disciplinas da área de STEM (Ciências, Tecnologia, Enge-

nharias e Matemática), sendo possível evidenciar, por sua adaptação a diferentes níveis educacionais, uma tendência de validação desta ferramenta no ensino superior.

Ao examinar o papel dos laboratórios remotos, ou virtuais, de experimentação online dirigidos à educação STEM no contexto do ecossistema brasileiro de inovação na economia digital, Araujo, Andreatta-da-Costa e Robaina (2021) afirmam que essa tecnologia pode aumentar o interesse, a motivação, a atenção e o desempenho do aprendizado dos alunos. Concluem os autores que, no Brasil, em sua maioria, as escolas e cursos de engenharia públicas e privadas carecem de laboratórios físicos de ciências, portanto, os laboratórios remotos, virtuais, podem se beneficiar da revolução digital para desempenhar uma função econômica fundamental necessária para acelerar a inovação e o desenvolvimento do país.

A pandemia de Covid-19, iniciada em 2020, forçou a adoção, de forma emergencial, de novas plataformas, tecnologias, e ferramentas educacionais digitais antes inexistentes ou com funcionalidades reduzidas. Essa realidade acelerou uma nova geração de ferramentas digitais para uso educacional e profissional, incluindo a Realidade Virtual (RV), e a Realidade Aumentada (RA), objetos do presente estudo.

A Realidade Virtual e a Realidade Aumentada (RV-RA) seguem em contínuo desenvolvimento, e seu uso, tanto nos contextos da educação geral como da educação em engenharia, apresenta potencial de possibilitar e beneficiar uma maior e melhor imersão e interação de múltiplos usuários em diferentes locais, e fomentar o desempenho educacional. Ao longo desta tese iremos explorar seus conceitos, usos e benefícios ou limitações identificadas.

2.1 A Realidade Virtual (RV)

2.1.1 Descrição geral

Surgida na década de 60 do século XX, a RV é um campo multidisciplinar em constante evolução e objeto de diversas definições e aplicações, com contribuições das áreas da ciência da computação, da psicologia, da pedagogia, da engenharia, e do design. De forma abrangente, a RV pode ser descrita como uma realidade simulada por computador que cria um ambiente artificial multimídia, e diferentemente da interface tradicional, coloca o usuário “dentro” da experiência. Seu uso vem crescendo na educação, jogos e aplicações de IA. Em vez de visualizar uma tela, o usuário pode interagir de forma imersiva e envolvente com um mundo virtual em 3 dimensões (3D), usando simulação dos sentidos (audição, visão, tato e olfato), que podem apri-

morar experiências e ambientes de jogos, e de aprendizagem para fins educacionais, as quais, integradas, ou não, à IA enriquecem o ambiente virtual.

2.1.2 Definições de Realidade Virtual (RV) na literatura

As definições da RV podem variar dependendo do contexto e aplicação específica. Sherman e Craig (2003) definem a RV como “um meio que consiste em simulações interativas geradas por computador que detectam a posição e as ações do participante e substituem ou aumentam o feedback sensorial fornecido ao participante, dando uma sensação de estar imerso na simulação”.

Burdea e Coiffet (2003) apresentam uma visão técnica da RV, definindo-a como “uma interface homem-máquina avançada que permite ao usuário interagir com um ambiente simulado por computador de maneira natural e intuitiva”.

De acordo com La Valle (2020), RV é “a ilusão de presença em um ambiente virtual gerado por computador”, e enfatiza a importância da ilusão de presença, isto é, a sensação de realmente estar presente no ambiente virtual.

2.2 A Realidade Aumentada (RA)

2.2.1 Descrição geral

A RA pode ser descrita como uma tecnologia de integração, ou sobreposição interativa, de elementos digitais ou informações virtuais para a visualização do mundo real, que enriquecem a percepção do ambiente real com informações adicionais (Vidotto *et al.*, 2022). Utilizando dispositivos como smartphones, tablets, óculos ou dispositivos vestíveis de RA, o usuário pode visualizar objetos virtuais integrados ao cenário real em tempo real. A RA é muito utilizada para fornecer informações contextuais, visualizar modelos 3D em tempo real e melhorar a interatividade em atividades educacionais (Rodrigues *et al.*, 2021).

A RA, assim como a RV, permite ao estudante explorar cenários aumentados ou virtuais que replicam situações reais ou criam experiências impossíveis no mundo físico (Vidotto *et al.*, 2022). Essa capacidade de simulação e visualização facilita a compreensão de conceitos complexos, tornando o aprendizado mais acessível e significativo (Caldevilla, 2022).

O uso mais popular atualmente da RA ocorre no entretenimento em redes sociais e jogos, todavia, também é utilizada de muitas formas nas áreas da educação, de-

sign de produtos, marketing, treinamento, operação e manutenção, capacitação, suporte, em ambientes industriais. A RA altera a percepção do mundo real do usuário, que pode usar óculos ou câmeras acopladas a um dispositivo computacional, e por meio deles, experimentar imagens geradas por computador projetadas no mundo real.

A RA pode ser usada em várias áreas, exemplo: arquitetura, arqueologia, educação, artes visuais, gestão de emergências, resgates, interação social, videogames, design industrial, área médica, imersão espacial, treino de voo, navegação, entre outros.

A tecnologia tem seus primórdios de demonstração no ambiente acadêmico no início da década de 60 do século XX. A partir dos anos 70, e começo dos anos 80, surgem exemplos como o Eyetap, um dispositivo vestível que funciona como olho cibernético gravando o que o usuário vê, mas não foi amplamente aceito pelo público. Os primeiros sistemas de RA realmente funcionais com experiências imersivas para os usuários foram desenvolvidos no início dos anos 90, começando com o sistema Virtual Fixtures, do laboratório Armstrong da força aérea dos Estados Unidos, em 1992.

Azuma (1997) define a RA como uma tecnologia que combina o mundo real e virtual, é interativa em tempo real e registrada em 3D. Carmigniani *et al.* (2011) descrevem a RA como um sistema que melhora a realidade com objetos virtuais gerados por computador. Segundo Billingham, Clark e Lee (2015), RA é a tecnologia que combina o mundo real com elementos virtuais, que interagem em tempo real.

A RA permite sobrepor informações digitais ao mundo real, facilitando a execução de tarefas complexas. Em um laboratório de engenharia, por exemplo, um estudante pode utilizar um dispositivo com RA para visualizar instruções passo a passo sobre como operar ou realizar manutenção em um equipamento, com informações sobre cada componente e procedimentos exibidas em tempo real (Bower, 2014).

Diferentemente da Realidade Virtual (RV), que cria um ambiente totalmente virtual, a RA sobrepõe elementos digitais ao mundo real, permitindo ao usuário interagir com informações virtuais em seu ambiente físico. Essa característica única abre um leque de possibilidades para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem em diversas áreas, incluindo a educação geral e, de forma particular, o ensino/educação em engenharia.

Na educação geral, a RA pode enriquecer a experiência de aprendizado em várias disciplinas. Em aulas de história, por exemplo, os alunos podem usar aplicativos de RA em smartphones ou tablets para visualizar modelos 3D de artefatos históricos, monumentos ou cenas de eventos importantes, sobrepostos ao ambiente da sala de aula ou a um livro didático (Radu, 2014).

Em aulas de ciências, a RA pode ser usada para visualizar modelos moleculares interativos, permitindo ao aluno explorar a estrutura e as propriedades de diferentes substâncias de forma mais intuitiva (Chen *et al.*, 2017). Em geografia, os alunos podem usar aplicativos de RA para explorar mapas tridimensionais, sobrepondo informações sobre relevo, clima e outros aspectos geográficos ao ambiente real (Ibañez; Delgado-Kloos, 2018).

No ensino de engenharia, a RA se apresenta como uma ferramenta particularmente valiosa, por seu caráter prático e visual. A capacidade de sobrepor informações digitais a componentes físicos, diagramas e equipamentos facilita a compreensão de conceitos complexos, o desenvolvimento de habilidades práticas e a realização de tarefas de manutenção e operação.

Uma das principais aplicações da RA no ensino de engenharia é o auxílio na visualização e compreensão de projetos. Os alunos podem usar aplicativos de RA para visualizar modelos 3D de peças, componentes, máquinas e sistemas, sobrepostos a desenhos técnicos ou a componentes reais, facilitando a identificação das partes, a análise de funcionamento e a detecção de possíveis problemas (Wang *et al.*, 2016).

Ainda, a RA também pode ser utilizada para criar tutoriais interativos e guias passo a passo para a realização de tarefas práticas. Por exemplo, estudantes de engenharia mecânica podem empregar aplicativos de RA em seus tablets ou celulares para aprender a montar e desmontar um motor, com instruções e informações sobre cada componente exibidas em tempo real, sobrepostas à peça real (Fiorentino *et al.*, 2014).

Outra aplicação relevante da RA no ensino de engenharia é o suporte à realização de experimentos e simulações. Os alunos podem usar aplicativos de RA para visualizar dados, parâmetros técnicos e informações sobre o desempenho de um sistema em tempo real, sobrepostos ao equipamento físico, permitindo uma análise mais completa e contextualizada dos resultados de desempenho desses sistemas (Akçayir; Akçayir, 2017).

A RA também permite a criação de ambientes de aprendizado mais seguros e controlados para a prática de habilidades de risco. Estudantes de engenharia civil, por exemplo, podem utilizar aplicativos de RA para simular a inspeção de estruturas, identificando possíveis falhas e riscos sem a necessidade de se expor a perigos reais (Chi *et al.*, 2013).

Em conclusão, a Realidade Aumentada apresenta um enorme potencial para transformar a educação em geral, e o ensino de engenharia, em particular. A capacidade de sobrepor informações digitais ao mundo real, de forma interativa e contextualizada, enriquece a experiência de aprendizado, facilita a compreensão de conceitos complexos e promove o desenvolvimento de habilidades práticas. A crescen-

te disponibilidade de dispositivos móveis e o desenvolvimento de aplicativos de RA cada vez mais sofisticados indicam que essa tecnologia terá um papel cada vez mais importante na educação do futuro.

2.3 A Realidade Mista (RM)

A Realidade Mista (RM) é um conjunto de tecnologias que envolvem elementos da Realidade Aumentada (RA) e da Realidade Virtual (RV), combinando o mundo real e o mundo virtual, criando experiências mais complexas e dinâmicas onde objetos virtuais e reais coexistem e interagem. Segundo Spear (2018), na RM os objetos virtuais não apenas se sobrepõem ao mundo real, mas, também, interagem com ele, respondendo a estímulos e modificando o ambiente.

Milgram e Kishino (1994) introduziram o conceito de “continuum de realidade mista”, em que a RM é definida como um espectro entre o mundo real e o mundo virtual. Azuma *et al.* (2001) discutem como a RM, especificamente a realidade aumentada, apresenta desafios técnicos e abordagens para combinar mundos reais e virtuais. Billinghurst e Kato (1999) descrevem a realidade mista colaborativa e como vários usuários podem interagir com objetos virtuais e reais em um espaço compartilhado.

As principais características da RM incluem:

- **Interação entre o Real e o Virtual:** Os objetos virtuais interagem com o mundo real de forma mais complexa do que na RA, podendo ser manipulados, movidos e modificados pelo usuário e pelo ambiente (Milgram; Kishino, 1994).
- **Mapeamento do Ambiente:** A RM utiliza sensores e câmeras para mapear o ambiente real, permitindo que os objetos virtuais se adaptem e interajam com ele de forma precisa (Azuma *et al.*, 2001).
- **Oclusão:** Os objetos virtuais podem ser ocultados por objetos reais, e vice-versa, criando uma sensação de profundidade e realismo (Billinghurst; Kato; Poupyrev, 2001).

Sobre o uso da RM na educação, Kaufmann e Schmalstieg (2003) mostram como objetos virtuais podem interagir com o mundo real para melhorar o aprendizado.

2.4 A Realidade Estendida (RE)

Tecnologia que reúne a Realidade Virtual (RV), a Realidade Aumentada (RA), e a Realidade Mista (RM), buscando combinar o mundo físico e real com um “mundo gêmeo digital”, no qual o usuário pode interagir em experiências imersivas ou

tipos de realidade aumentada estendida. Engloba outros conceitos do mundo real e do mundo digital como filmes em 3 dimensões, 5G/6G, Inteligência Artificial, Redes Neurais, entre outros. Surgiu do conceito da continuação da virtualidade, defendido por Milgram e Kishino (1994), e busca desenvolver aplicações e experiências em diferentes níveis de profundidade, ou camadas de interação, pela combinação de diferentes canais, ou meios, de informação e mídia: som, reconstrução tridimensional, informação aumentada, interação com o meio digital.

A realidade estendida permite ao usuário observar, experimentar, as relações com a tecnologia além da realidade virtual e aumentada (RV-RA) e ampliar seus potenciais de uso e relacionamento. De forma abrangente, a (RE) coloca o usuário em um ambiente multissensorial, total ou parcialmente simulado, onde pode interagir e aprender de forma interativa e envolvente. Segundo Bacca *et al.* (2020), trata-se de uma experiência totalmente imersiva, estimulante, segura, e personalizada para ensinar múltiplas habilidades a uma ampla gama de usuários, de trabalhadores a pacientes médicos, incluindo docentes e discentes.

Existem sistemas de realidade estendida que permitem ao usuário usar transições entre as diferentes tecnologias. Por exemplo, um capacete de ambiente (RV) pode utilizar uma transição para interagir com um ambiente virtual através da RA. Esse tipo de tecnologia é conhecido por “realidade cruzada” (Auda *et al.*, 2023).

Com relação ao uso na educação, a RE emerge como uma tecnologia com potencial transformador em diversos setores, incluindo o ensino de engenharia. A RE oferece experiências imersivas e interativas que transcendem as limitações dos métodos de ensino tradicionais, proporcionando novas formas de visualização, manipulação e compreensão de conceitos complexos.

Na educação geral, a RE pode ser utilizada para enriquecer o aprendizado em diversas disciplinas. Por exemplo, na área de história, os alunos podem explorar reconstruções virtuais de civilizações antigas, vivenciando o cotidiano e a cultura de diferentes épocas (Pantelidis, 2009). Em biologia, a RE permite a exploração detalhada do corpo humano, com a possibilidade de dissecar órgãos virtualmente e visualizar processos fisiológicos em tempo real (Kaminska *et al.*, 2019). Em geografia, os alunos podem “viajar” virtualmente para diferentes locais do mundo, explorando paisagens, ecossistemas e fenômenos naturais de forma imersiva (Freitas *et al.*, 2018).

No ensino de engenharia, a RE apresenta um potencial ainda maior, devido à natureza complexa e muitas vezes abstrata dos conceitos abordados. A visualização tridimensional de projetos, a simulação de processos e a interação com modelos virtuais são ferramentas poderosas que facilitam a compreensão e o desenvolvimento de habilidades práticas.

Um dos principais usos da RE no ensino de engenharia é a visualização de projetos e protótipos. Os discentes podem utilizar óculos de RV para explorar modelos tridimensionais de edifícios, máquinas e sistemas, antes mesmo de sua construção física. Isso permite identificar falhas de projeto, testar diferentes soluções e otimizar o design de forma mais eficiente (Berg; Vance, 2017).

A simulação de processos é outra aplicação relevante da RE no ensino de engenharia. Os educandos podem interagir com simulações virtuais de sistemas complexos, como plantas industriais, redes elétricas e sistemas de controle, aprendendo sobre seu funcionamento, identificando problemas e praticando procedimentos de manutenção e operação (Gavish *et al.*, 2015).

A RE também pode ser utilizada para criar ambientes de treinamento virtual para habilidades práticas. Por exemplo, estudantes de engenharia mecânica podem praticar a montagem e desmontagem de motores, utilizando ferramentas virtuais e receber *feedback* em tempo real sobre seu desempenho (Sampaio *et al.*, 2017).

Em suma, a RE oferece um leque de possibilidades para aprimorar a educação em geral, e o ensino de engenharia, em particular. A imersão, a interatividade e a capacidade de visualizar e manipular objetos e processos complexos tornam a RE uma ferramenta poderosa para promover o aprendizado significativo e o desenvolvimento de habilidades essenciais para o futuro profissional da engenharia.

Cabe destacar que a crescente acessibilidade e o desenvolvimento contínuo de novas aplicações sugerem que a RE terá um papel cada vez mais importante na transformação da educação nos próximos anos. Entretanto, a despeito de seu enorme potencial na educação em engenharia, não há como desconsiderar seus efeitos negativos e limitações em questões de ética, diversidade, inclusão e acessibilidade (Fox; Thornton, 2022).

2.5 Metaverso

É uma palavra composta que combina “meta” (além; transcendente) e “verso” (raiz de “universo” cosmos; o mundo inteiro), e exprime um novo universo virtual criado além do mundo real. O termo “metaverso” apareceu pela primeira vez, em 1992, no romance de ficção científica *Snow Crash*, de Neal Stephenson (Stephenson, 1992; Joshua, 2017), onde os seres humanos podiam interagir entre si e acessar, por meio de agentes digitais (avatares), um espaço 3D refletindo o mundo real. Segundo Zhao *et al.* (2022), nas décadas seguintes o conceito de “metaverso” surgiu nos filmes de ficção científica *Lucy* (2014); *Ready Player One* (2018); *The Matrix* (1999, 2003, 2021).

A partir da terceira década do século XXI, o acesso ao mundo virtual foi rapidamente acelerado pela evolução das tecnologias emergentes, os dispositivos vestíveis e a fotografia tridimensional (3D). Em março de 2021, o jogo Roblox foi considerado “a primeira ação do metaverso”; em outubro, o Facebook reformula o nome para “Meta” e grandes esforços têm sido feitos em todo o mundo para tornar o “metaverso” uma realidade.

De forma simplificada, o metaverso é um espaço coletivo compartilhado que combina RV, RA, e RM e interfaces cérebro-computador, prometendo uma experiência interativa e altamente imersiva de realidade virtual. Segundo o Centro de Estudos de Jornalismo da Universidade de Tsinghua, o metaverso não é apenas uma nova plataforma para RV ou RA, mas uma coleção de tecnologias emergentes 5G, 6G, IA, RV, RA, gêmeos digitais, *blockchain*, holografia, IoT (Internet das Coisas) que pode ser criada para domínios específicos, como entretenimento, comércio, educação, entre outros, com componentes e funções diferentes de acordo com as necessidades.

Mystakidis (2022) define o metaverso como um espaço virtual imersivo e persistente, que integra elementos de realidade virtual, realidade aumentada e internet, com potencial para aplicações em educação e sustentabilidade. Zhang *et al.* (2022), ao estudarem a fronteira do potencial de uso, atual e futuro, do metaverso na educação, concluem por seus benefícios potenciais nas áreas da aprendizagem combinada, ou aprendizagem mista, aprendizagem de idiomas, educação baseada em competências e educação inclusiva, entretanto, também apresentam os desafios do uso do metaverso na educação, apontando os próximos tópicos para estudos futuros nessa área.

Em resumo, o desenvolvimento do metaverso encontra-se em franca evolução, porém, questões não resolvidas de privacidade e efeitos ainda desconhecidos sobre o comportamento do usuário estão retardando sua adoção (Zhang *et al.*, 2022). Rospigliosi (2022) reconhece o potencial significativo da RV e das plataformas de metaverso como Roblox, Minecraft e Meta para transformar a educação, a socialização e o trabalho com novos ambientes e experiências de aprendizado flexíveis. Entretanto, aponta preocupações sobre os possíveis riscos, especialmente da “perda da realidade” e de criação de “simulacros”, pelo fato de as experiências virtuais imersivas levarem a uma desconexão das interações autênticas do mundo real. Também acrescentam obstáculos a seu uso educacional devido a questões éticas sobre uma aprendizagem realizada em ambientes falsos, não autênticos nem reais que simulam jogos.

Na literatura nacional, Marques *et al.* (2024) concluem que no mundo pós-pandemia de Covid-19 não há como retroceder no uso das tecnologias digitais na

educação. Todavia, lembram a possibilidade de aliar modos de fazer a educação de maneira analógica, sem eliminar as metodologias e ferramentas tecnológicas, para não prejudicar o processo de ensino e aprendizagem.

3. A Realidade Virtual e Aumentada (RV-RA) na Educação em Engenharia

3.1 Preâmbulo

Ao longo desta pesquisa emprega-se tanto os termos “ensino de engenharia” como “educação em engenharia”. As semelhanças e diferenças, residem, principalmente, no foco e na abrangência dos objetivos de cada conceito, como descrito a seguir.

3.2 Ensino de Engenharia:

- **Foco:**
 - Concentra-se na transmissão de conhecimentos técnicos e científicos específicos nas diversas áreas da engenharia (civil, mecânica, elétrica, aeronáutica, nuclear etc.);
 - Enfatiza o desenvolvimento de habilidades práticas e a aplicação de teorias na resolução de problemas técnicos;
 - Tende a seguir um modelo mais tradicional, com aulas expositivas, laboratórios físicos e exercícios práticos.
- **Objetivo:**
 - Formar profissionais capacitados a projetar, construir, operar e manter infraestruturas, sistemas e plataformas tecnológicas.
 - Preparar os discentes (educandos) para o mercado de trabalho, com as habilidades técnicas demandadas pelas empresas, mercado.

3.3 Educação em Engenharia:

- **Foco:**
 - Abrange uma visão mais ampla, considerando o desenvolvimento integral do engenheiro;
 - Inclui, além do conhecimento técnico, habilidades complementares como pensamento crítico, criatividade, inovação, comunicação, liderança, e trabalho em equipe;

- Busca formar profissionais com consciência social, econômica e ambiental, capazes de lidar com os desafios complexos da sociedade.
- **Objetivo:**
 - Formar líderes inovadores, capazes de propor soluções sustentáveis e éticas para os problemas da engenharia e seus efeitos na sociedade;
 - Preparar os discentes/educando para uma aprendizagem contínua, adaptando-se às rápidas mudanças tecnológicas, econômicas, políticas e sociais;
 - Promover a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação de novas metodologias de ensino, visando à melhoria contínua da formação crítica e humanista dos engenheiros.

Em resumo, enquanto o ensino de engenharia se concentra na formação técnica específica, a educação em engenharia busca uma formação mais completa e abrangente, preparando profissionais para os desafios complexos do futuro.

O Quadro 1, a seguir, exhibe uma comparação sintética entre os dois conceitos:

Quadro 1 - Turno dos cursos de engenharia

Característica	Ensino de Engenharia	Educação em Engenharia
Foco	Conhecimento técnico	Desenvolvimento integral
Abordagem	Mais tradicional	Mais abrangente, flexível e inovadora
Objetivo	Capacitação técnica	Formação de líderes e inovadores
Habilidades	Técnicas e práticas	Técnicas, sociais, econômicas, ambientais e éticas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Há mais de uma década, em sua abordagem, Tonini (2011) questionou sobre quais seriam os principais desafios e meios pedagógicos e tecnológicos no Brasil, para uma formação generalista, contextualizada, e socialmente responsável do engenheiro, para atender à evolução das demandas e o desenvolvimento das competências exigidas pelo imperativo da inovação, em uma sociedade e economia (4.0) em rápida transformação digital.

A disponibilidade e a qualidade de engenheiros são fundamentais para o Brasil superar seus desafios de desenvolvimento e realizar seu enorme potencial (CNI,

2014). E, em consonância com essas manifestações, em 24 de abril de 2019, o Conselho Nacional de Educação (CNE, 2019) aprovou a Resolução nº 2, que “instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia - DCN”, previstas para introdução gradual em três anos, tornando os novos currículos e práticas mais flexíveis, interdisciplinares e intensos em tecnologias. Com a pandemia de Covid-19 e o ensino remoto emergencial, entre 2020 e 2022, o uso das tecnologias digitais educacionais foi acelerado.

No Brasil, nas engenharias, as disciplinas com maior reprovação ocorrem nos primeiros semestres, em particular em matemática, física e química (Passos *et al.*, 2007). Especialistas concordam com a necessidade de atualizações para preparar e adequar as escolas e os cursos brasileiros de engenharia às demandas sociais, tecnológicas, econômicas e ambientais (Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo IEA/USP, 2018).

Gonzales (2016) argui que as tecnologias acessíveis como hardware e software descomplicados, as impressoras 3D de custo reduzido, as linguagens de programação mais simples, e as simulações em ambiente virtual, passaram a impactar as práticas educacionais e os espaços físicos de ensino-aprendizagem. Alunos de engenharia iniciando disciplinas com AVAs aumentam a motivação e criam uma visão ampla dos elementos essenciais da complexidade e interdependência das competências do engenheiro (Abenge, 2018).

Corroborando essa argumentação, Campani *et al.* (2021) relatam que a inovação pedagógica é um processo educativo de tensionamento, desequilíbrio, conflito e ruptura com as formas existentes de exclusão e homogeneização cultural. E a docência universitária deve criar novas formas de produção e relação com o conhecimento, transcendendo a condição solitária e expositiva para um diálogo e produção de vanguarda do saber de experiência digital e online.

Vale citar que essas lacunas e desafios despertam crescente interesse acadêmico para a pesquisa educacional na área das novas tecnologias digitais na educação em engenharia, visando melhor conhecer suas implicações e o aperfeiçoamento da concepção, conteúdos, práticas e impactos desses ambientes virtuais imersivos nos processos de ensino e aprendizagem (Nunes, 2014).

Nesse sentido, registre-se que, a partir de 2018, os censos da Educação Superior (Brasil-MEC, 2019) e da Educação a Distância da Associação Brasileira da Educação a Distância (Abed, 2022) demonstram aumento na oferta, matrículas e uso online de sistemas interativos em cursos presenciais, semipresenciais e a distância. A tendência se acelerou a partir de 2020 com a pandemia de Covid-19. Todavia, se-

gundo a Abed (2022), tal mudança precisa garantir que a tecnologia adotada cumpra o objetivo a serviço da aprendizagem, e não o contrário.

Soliman *et al.* (2021), ao investigarem aplicações da Realidade Virtual (RV) na Educação em Engenharia, argumentam e evidenciam, por meio de vasta revisão de bibliografia, que a RV é uma excelente ferramenta no ensino de engenharia. Afirmando que o avanço da tecnologia de RV, por meio do aumento da capacidade de processamento e da redução do custo e do fator de forma, induziu o interesse da pesquisa e do mercado para a educação e treinamento, capacitação, além do setor de jogos.

Esses autores deduzem que a RV tem benefícios cognitivos e pedagógicos positivos, o que, em última análise, melhora a compreensão dos alunos sobre as matérias, o desempenho, as notas e a experiência educacional. Também evidenciam que o uso da RV como substituto ou complementação dos laboratórios físicos gera benefícios que se estendem à universidade/instituição em termos de redução de responsabilidade, infraestrutura e custo. Elencam benefícios adicionais de experiência educacional para os alunos com necessidade especial, bem como do ensino a distância sem acesso aos laboratórios físicos. Além disso, destacam que as análises recentes identificaram que as aplicações de RV para a educação, atualmente, em geral não integram em seu desenho as teorias e objetivos de aprendizagem. Por isso, selecionaram as teorias de aprendizagem construtivista e de variação, como adequadas ao ensino de engenharia.

Da Silva *et al.* (2023), ao discutirem o uso da Realidade Aumentada (RA) dirigida ao ensino das disciplinas da Engenharia Mecânica, afirmam, a partir de uma revisão bibliográfica em artigos relevantes, sua contribuição em mitigar uma dificuldade, comum entre os discentes, quanto à visualização tridimensional de conceitos e elementos representados de forma bidimensional. Também, destacam a necessidade de uma prévia qualificação dos docentes responsáveis pelas disciplinas, para facilitar de maneira adequada o processo de construção do conhecimento pelos educandos. Concluem que o uso da RA potencializa significativamente o ensino nesse campo, trazendo uma maior compreensão abrangente dos conteúdos relacionados à Engenharia Mecânica, destacando-se sua viabilidade de uso.

Embora já difundidas em países de economia avançada, no Brasil, o emprego das ferramentas de RV-RA na formação em engenharia ainda se encontra em fase inicial. São poucas as escolas e cursos de engenharia no país que usam ferramentas de RV-RA em sua grade curricular regular. Mesmo com casos conhecidos de seu uso na capacitação profissional continuada, como é o caso do Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai-Cimatec/

BA) e Instituto de Engenharia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear (IEN-CNEN/RJ), quando se trata do ambiente educacional *per se* da educação e formação acadêmica em engenharia, pouco ainda se conhece sobre as práticas, os desafios e os impactos dessas tecnologias de vanguarda (RV-RA), na entrega do conhecimento pelos docentes, e recepção, aquisição, retenção pelos educandos e profissionais egressos.

Portanto, essas abordagens e desafios das transformações tecnológicas digitais na educação como um todo, e na educação em engenharia em particular, reforçam a necessidade de mais pesquisas no âmbito acadêmico para uma melhor compreensão da transformação na educação em engenharia para o aumento da produtividade e da competitividade econômica nacional diante da forte competição internacional.

Considerações finais

O capítulo argumenta que a educação como um todo, em particular na engenharia, vem sendo crescentemente imersa em um contexto de profundas e aceleradas transformações impulsionadas pela revolução digital, pela ascensão da “Sociedade do Conhecimento e da Inovação” e pela convergência de tecnologias emergentes como Inteligência Artificial (preditiva e generativa), Internet das Coisas, Metaverso, Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). Essas transformações criam novos desafios, também, oportunidades significativas para repensar e aprimorar os processos de ensino-aprendizagem.

A educação em engenharia no Brasil enfrenta desafios persistentes, como altas taxas de evasão e reprovação em algumas disciplinas, principalmente nas etapas iniciais dos cursos, gerando uma defasagem na duração (retenção) e uma percepção de aprendizagem insuficiente para as demandas da sociedade moderna. As causas apontadas são múltiplas, incluindo desde deficiências na formação básica e efeitos dos ciclos econômicos (maior interesse se a economia cresce, e vice-versa) até metodologias de ensino inadequadas e a falta de engajamento dos alunos.

Nesse cenário, o capítulo posiciona as tecnologias imersivas (RV e RA), juntamente com conceitos correlatos como Realidade Mista (RM), Realidade Estendida (RE) e Metaverso, como ferramentas com enorme potencial transformador para aprimorar a qualidade e impactos da educação em engenharia.

A RV, ao criar ambientes simulados totalmente imersivos, e a RA, ao sobrepor informações digitais ao mundo real, oferecem possibilidades únicas para a engenharia. Elas incluem:

1. Visualização e Compreensão: Facilitar a compreensão de conceitos complexos e abstratos, projetos tridimensionais, sistemas e processos por meio da visualização interativa.

2. Experimentação Segura: Permitir aos alunos a aquisição e prática de atividades (projeto, construção, montagem, operação, manutenção) e a operação de equipamentos virtuais, simular processos industriais e identificar falhas em ambientes seguros e controlados, sem os riscos e custos dos laboratórios físicos.

3. Engajamento e Motivação: Aumentar o interesse e a motivação por meio de experiências de aprendizagem mais interativas, lúdicas (gamificação) e imersivas, potencialmente reduzindo a evasão e retenção.

4. Desenvolvimento de Habilidades e Competências Essenciais: Resolução de problemas, pensamento crítico, colaboração, comunicação e liderança.

5. Superação de Barreiras: Possibilitar o acesso remoto a laboratórios e experiências práticas, superando limitações geográficas e de infraestrutura física.

6. Apoio a Metodologias Ativas: Integrar abordagens pedagógicas como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), simulações e estudos de caso, com o aluno no centro do processo.

Distingue “Ensino de Engenharia”, focado na transmissão técnica, da “Educação em Engenharia”, que busca uma formação mais holística, crítica e humanista, argumentando que a RV/RA pode apoiar ambos ao preparar profissionais mais completos e adaptáveis.

Apesar do potencial da RV/RA, o texto reconhece desafios significativos na implementação dessas tecnologias, incluindo: investimento em infraestrutura, desenvolvimento de conteúdo de qualidade, e, em particular, adequada capacitação de docentes e discentes. Também, constata a necessidade de integrar essas ferramentas de forma pedagogicamente sólida, alinhadas a teorias de aprendizagem (como a construtivista) e objetivos educacionais claros, para evitar um uso superficial ou puramente tecnológico. O texto aponta importantes questões éticas, de privacidade e o risco de “perda da realidade”, especialmente com o metaverso, como preocupações emergentes.

No contexto brasileiro, o capítulo conclui que, embora existam alguns exemplos de uso (Senai-Cimatec e IEN-CNEN), a adoção de RV/RA na formação regular em engenharia ainda é incipiente. Há uma lacuna de conhecimento sobre as práticas efetivas, os impactos reais na aprendizagem, e os desafios específicos para implementação no país.

Portanto, reforça a necessidade premente de mais pesquisa acadêmica para compreender e orientar a transformação digital na educação em engenharia no Brasil, visando não apenas acompanhar a evolução tecnológica global, como, também, aumentar a produtividade e a competitividade nacional. A combinação de abordagens digitais e analógicas é sugerida como um caminho equilibrado para não prejudicar o processo de ensino e aprendizagem.

Perspectivas de trabalhos futuros

A análise das referências bibliográficas citadas permite delinear diversas avenidas promissoras para futuras pesquisas sobre RV e RA na Educação em Engenharia, incluindo:

1. Estudos de Efetividade Pedagógica: Investigar, com metodologias (quantitativa e qualitativa), o impacto real do uso de RV/RA em comparação a métodos tradicionais, focando em resultados de aprendizagem específicos (conceitos, habilidades, procedimentos), retenção de conhecimento, desenvolvimento de competências (técnicas e socioemocionais - *soft skills*) e engajamento dos alunos em diferentes disciplinas da engenharia (Soliman *et al.*, 2021; Alberti *et al.*, 2015; Gonzales, 2016; Goulart *et al.*, 2022).

2. Integração com Teorias de Aprendizagem: Desenvolver e avaliar modelos de aplicação de RV/RA fundamentados em teorias consolidadas de aprendizagem (e.g., Construtivismo, Aprendizagem Experiencial, Teoria da Carga Cognitiva), garantindo que a tecnologia sirva a propósitos pedagógicos claros (Vygotsky, 2000; Moran, 2013; Masetto, 2018; Soliman *et al.*, 2021).

3. Desenvolvimento e Avaliação de Aplicações Específicas: Criar e testar aplicações de RV/RA para necessidades de diferentes áreas da engenharia (mecânica, civil, elétrica, química, automotiva, produção, ambiental, entre outras), abordando desde a visualização de fenômenos complexos até o treinamento de procedimentos específicos e o desenvolvimento de projetos (Da Silva *et al.*, 2023; Chi *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2017; Gavish *et al.*, 2015; Carmigniani *et al.*, 2011).

4. Usabilidade e Experiência do Usuário: Realizar estudos focados na usabilidade das interfaces de RV/RA, na imersão percebida, na ergonomia e conforto do usuário e na aceitação da tecnologia por estudantes e docentes, visando otimizar o design das experiências de aprendizagem (Sherman; Craig, 2003; Azuma *et al.*, 2001; Billinghurst *et al.*, 1999).

5. Capacitação Docente e Barreiras de Adoção: Pesquisar modelos eficazes de formação de professores para o uso pedagógico de RV/RA e investigar as barreiras institucionais, financeiras, técnicas e culturais que dificultam a adoção dessas tecnologias nas escolas de engenharia brasileiras (CNI, 2018; Abenge, 2017; Potkonjak *et al.*, 2016; Da Silva *et al.*, 2023).

6. Exploração de Tecnologias Convergentes: Investigar o potencial da integração da RV/RA com outras tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial (para personalização e *feedback* adaptativo), Internet das Coisas (para interação com o mundo físico aumentado), Metaverso (para ambientes colaborativos persistentes) e Cross-Reality (para transições fluidas entre realidades) na educação em engenharia (Mystakidis, 2023; Auda *et al.*, 2023; Goertzel, 2014; Russell; Norvig, 2013; Lee *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2022).

7. Impacto no Acesso e Equidade: Analisar como a RV/RA pode tanto ampliar o acesso à educação (e.g., laboratórios remotos) quanto aumentar a exclusão digital, propondo estratégias para garantir um uso mais equitativo (Abed, 2022; Castells, 1999; Fox; Thornton, 2022).

8. Questões Éticas e Sociais: Aprofundar a discussão sobre as implicações éticas do uso de tecnologias imersivas na educação, incluindo privacidade de dados, segurança, bem-estar psicológico dos usuários e o impacto na percepção da realidade (Fox; Thornton, 2022; Rospigliosi, 2022; Marinova, 2023).

9. Estudos Longitudinais e Contextualizados no Brasil: Realizar pesquisas de longo prazo que acompanhem a implementação e os efeitos da RV/RA em cursos de engenharia no Brasil, considerando as particularidades do contexto socioeconômico e educacional do país (Tonini, 2018; Abenge, 2022; CNI, 2021; Nunes *et al.*, 2020; Passos *et al.*, 2007).

Concluindo, essas perspectivas, construídas a partir da vasta amplitude dos tópicos cobertos na literatura citada, indicam um campo fértil e necessário para a pesquisa, fundamental para a realização eficaz, ética e contextualizada à realidade brasileira, do potencial transformador da RV e da RA na educação em engenharia.

Referências

ABED. Associação Brasileira de Educação a Distância. **Censo Brasil da EaD 2020-2021.** Relatório analítico da aprendizagem a distância no Brasil. 1. ed. São Paulo: Intersaberes, 2022, 156 p. ISBN: 978-65-5517-247-8. Disponível em: https://www.abed.org.br/site/pt/midioteca/censo_ead/. Acesso em: 18 jan. 2025.

ABENGE. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação em Engenharia**. 2018. Disponível em: http://www.abenge.org.br/arquivos/Diretrizes_Curriculares_Abenge_2018.pdf. Acesso em: 15 mar. 2024.

ABENGE. Associação Brasileira de Educação em Engenharia. **Desafios da Educação em Engenharia: Formação Acadêmica e atuação Profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos**. 47. ed. Disponível em: <https://admin.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/3/LivroSD2016.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

ABENGE. Associação Brasileira de Educação em Engenharia. **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Cobenge 2017)**. Brasília-DF, 2017, 189 p. ISBN: 978-85-64541-11-5. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/2/LivroSD2017.pdf>. Acesso em: 18 out. 2024.

ABENGE. Associação Brasileira de Educação em Engenharia. **A Arte da Formação em Engenharia para os Desafios do Desenvolvimento Sustentável**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE 2022), 50. Brasília-DF, 2022, 103 p. ISBN: 978-65-87897-03-5. Disponível em: https://www.abenge.org.br/cobenge/2022/arquivos/LIVRO01FINALIZADO_%20SD%202022.pdf. Acesso em: 18 mar. 2025.

ADAPTA Consultoria. **IA LATAM Report 2024**. O Panorama da Inteligência Artificial na América Latina. 2024. Disponível em: <https://adaptaconsultoria.com/ia-latam-report-2024/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

AKÇAYIR, Murat; AKÇAYIR, Gökçe. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. **Educational Research Review**, v. 20, feb. 2017, p. 1-11. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1747938X16300616>. Acesso em: 18 mar. 2025.

AKÇAYIR, M.; AKÇAYIR, G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. **Educational Research Review**, 2017, p. 5. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1747938X16300616>. Acesso em: 18 fev. 2025.

ALBERTI, Rafael Alvisi *et al.* Uso de simulação computacional para avaliação de cenários produtivos em empresa de acessórios para motociclistas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (CONBREPRO 2013 ENGENHARIAS NO SETOR AUTOMOTIVO), 3., Ponta Grossa/PR. **Anais [...]**. 2013, 12 p. ISBN: Disponível em: <http://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2013/anais/gestaoproducao.html/>. Acesso em: 22 mar. 2025.

ALBERTI, Rafael Alvisi; FURTADO, J.C.; KIPER, L.M. Simulação como ferramenta no ensino de engenharia: Problematisação e promoção da vivência em processos produtivos. Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 1, p. 73-83, 2015. ISSN: 2236-0158. Disponível em: <https://revista.abenge.org.br/index.php/abenge/article/view/393>. Acesso em: 22 mar. 2025.

ANNETTA, L. A.; FOLTA, E.; KLESATH, M. V. **Learning - Distance Education in the 21st Century Through 3D Virtual Learning Environments**. 2010^a ed. New York, Springer, 2014, 182 p. ISBN-13: 978-9400791022. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/V_Learning.html?id=1nyo4m9XQ20C&redir_esc=y. Acesso em: 18 mar. 2025.

ARAUJO M. M. de; ANDREATTA-DA-COSTA, L.; ROBAINA, J. V. L. **Role of remote laboratories on stem education and the digital economy: an overview for Brazil in the 2020's**, dl.acm.org, 2021, p. 577-582. <https://doi.org/10.1145/3486011.3486518>.

AUDA, Jonas; GRUENEFELD, Uwe; FALTAOUS, Sarah; MAYER, Sven; SCHNEEGASS, Stefan. A Scoping Survey on Cross-reality Systems. **ACM Computing Surveys**, v. 56, n. 4, p. 83:1-83:38, 2023. ISSN 0360-0300. doi:10.1145/3616536. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3616536>. Acesso em: 18 mar. 2025.

AVILA-GARZON, C.; BACCA-ACOSTA, J.; KINSHUK; DUARTE, J.; BETANCOURT, J. Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research. **Contemporary Educational Technology**, v. 13, n. 3, Article ep302, 2021. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1305893>. Acesso em: 24 mar. 2025.

AZUMA Ronald. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 6, n. 4, aug. 1997, p. 355-385. Disponível em: <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

AZUMA R.; BILLINGHURST, M.; CAMPBELL, B.; JAYARAM, R.; KIYOKAWA, K.; PASCAL, R.; WOODS, A. Augmented reality: approaches and technical challenges. In: **Proceedings of the 2001 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Virtual environments**, p. 3-12, 2001. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780585383590-7/augmented-reality-approaches-technical-challenges-ronald-azuma>. Acesso em: 18 mar. 2025.

AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. Recent Advances in augmented reality. **IEEE computer graphics and applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001. Disponível em: <https://www.cs.unc.edu/~azuma/cga2001.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

BACCA, J.; STRIUKOVA, L.; ERMOLAEV, V. Application of Augmented Reality in Education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE COLLABORATIVE LEARNING (ICL), 2020, Tallinn, Estonia. **Proceedings**. Tallinn: Springer, 2021. p. 627-638. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-68198-2>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BERG, L. P.; VANCE, J. M. Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. **Virtual Reality**, p. 5, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-016-0293-9>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BILLINGHURST, M.; CLARK, A.; LEE, G. A Survey of Augmented Reality. **Foundations and Trends in Human-Computer Interaction**, v. 8, n. 2-3, p. 73-272, 2015. Disponível em: <https://ir.canterbury.ac.nz/items/6049ca95-269f-4e2c-baac-b988b8ae7327>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BILLINGHURST, M.; KATO, H. Collaborative mixed reality. In: **Proceedings of the First International Symposium on Mixed Reality (ISMIR)**, 1999, p. 261-284, 1999. Berlin: Springer Verlag. Disponível em: https://www.academia.edu/download/3272154/Collaborative_mixed_reality.pdf. Acesso em: 24 mar. 2025.

BILLINGHURST, M.; KATO, H.; POUPYREV, I. The MagicBook: a transitional AR interface. **Computers & Graphics**, v. 25, issue 5, october 2001, p. 745-753. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849301001170>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BILLINGHURST, M.; KATO, H.; POUPYREV, I. **Tangible Augmented Reality**. ACM SIGGRAPH ASIA 2008 Courses. 10.1145/1508044.1508051. Disponível em: <http://icat.vrsj.org/papers/2004/Tutorial/T1-1.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Censo da Educação Superior 2018: Notas Estatísticas**. Brasília, INEP, 2019. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2019/censo_da_educacao_superior_2018-notas_estatisticas.pdf. Acesso em: 12 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>. Acesso em: 20 jan. 2025.

BOWER, M.; HOWE, C.; MCCREDIE, N.; ROBINSON, A.; GROVER, D. Augmented Reality in education - cases, places and potentials. **Educational Media International**, v. 51, n. 1, p. 1-15, 2014. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09523987.2014.889400>. Acesso em: 25 mar. 2025.

BURDEA, G. C.; COIFFET, P. **Virtual Reality Technology**. John Wiley & Sons, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119512608>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CALDEVILLA, M. A. A. **O uso de realidade virtual e aumentada no ensino de história**. Desafios da Educação na Contemporaneidade 4. Cap. 28, 2022, p. 304-316. <https://doi.org/10.47573/aya.88580.2.53.28>. Disponível em: <https://ayaeditora.com.br/wp-content/uploads/2022/01/L92C28.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CAMPANI, Adriana; NASCIMENTO, Navilta Veras do; SILVA, Rejane Maria Gomes da. Inovação Pedagógica, Docência Universitária e o Ensino Remoto Emergencial na Universidade: O Saber de Experiência na Docência. **RevistAleph**, Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Educação, n. 35, p. 125-143, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22409/revistaleph.vi35.46219>. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/revistaleph/article/view/46219>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CARMIGNIANI, Julie; FURTH, Borko; ANISETTI, Marco; CERAVOLO, Paolo; DAMIANI, Ernesto; IVKOVIC, Misa. Augmented reality technologies, systems and applications. **Multimedia Tools and Applications**, v. 51, p. 341-377, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-010-0660-6>. Acesso em: 25 mar. 2025.

CASTELLS, M. A. **Sociedade em Rede**. 6. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999. Disponível em: <https://globalizacaoeintegracaoregionalufabc.files.wordpress.com/2014/10/castells-m-a-sociedade-em-rede.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CASTELLS, Manuel; CARDOSO, Gustavo (org.). **A Sociedade em Rede: do conhecimento à ação política**. Conferência promovida pelo Presidente da República 4 e 5 de março de 2005. Centro Cultural de Belém. Imprensa Nacional. Disponível em: <https://wap.precog.com.br/bc-texto/obras/2021pack0286.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2025.

CHEN, P.; LIU, X.; CHENG, W.; HUANG, R. **A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016**. In *Innovations in Smart Learning*. Springer, 2017, p. 13-18. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-2419-1_2. Acesso em: 14 mar. 2025.

CHI, Hung-Lin; KANG, Shih-Chung; WANG, Xiangyu. Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction. **Automation in Construction**, v. 33, 2013, p. 116-122. 10.1016/j.autcon.2012.12.017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257371819_Research_trends_and_opportunities_of_augmented_reality_applications_in_architecture_engineering_and_construction. Acesso em: 14 mar. 2025.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Recursos humanos para inovação: engenheiros e tecnólogos**. Brasília: CNI, 2014. 47 p. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/d8/84/d884ef32-caf0-4fdd-a825-24e1d234c709/v20_recursos_humanos_web.pdf. Acesso em: 14 mar. 2025.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI)**. Destaques de Inovação: Recomendações para o Fortalecimento e Modernização do Ensino de Engenharia no Brasil. Brasília-DF, 2018, 36p. CDU: 658. Disponível

em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/3/destaques-de-inovacao-recomendacoes-para-o-fortalecimento-e-modernizacao-do-ensino-de-engenharia-no-brasil/>. Acesso em: 14 mar. 2025.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **O futuro da formação em Engenharia:** Uma articulação entre as demandas empresariais e as boas práticas nas universidades. Brasília-DF, 2021, 131 p. ISBN: 978-65-86075-42-7. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/46/82/46825c8f-818a-43b6-9eee-6e0d27b1462c/livro_o_futuro_da_formacao_em_engenharia4.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Educação STEAM:** Insumos para a Construção de uma Agenda para o Brasil. Brasília-DF, 2021, 80 p. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/50/78/5078a52e-c7f9-4bdb-815f-7282862670ff/educacao_steam.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.

CUNHA, M. I. **Inovações pedagógicas:** o desafio da reconfiguração de saberes na docência universitária. São Paulo: Cadernos de Pedagogia Universitária, v. 6, USP, 2008, 41p. ISBN: Disponível em: https://www.prpg.usp.br/attachments/article/640/Caderno_6_PAE.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

DA SILVA, J. F.; CÉSAR SILVEIRA JUCÁ, S.; ALMEIDA DA SILVA, S. A Utilização da Realidade Aumentada como Ferramenta Tecnológica no Processo de Ensino da Engenharia Mecânica. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 17, e022019, 2023. Disponível em: <https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/3473>. Acesso em: 12 abr. 2025.

DEMO, Pedro. Qualidade e Pesquisa na Universidade. **Revista Brasileira de Docência, Ensino e Pesquisa em Administração**, v. 1, n. 1, p. 52-64, maio/2009. ISSN 1984-5294. Disponível em: <https://pedrofigueira.pro.br/wp-content/uploads/2019/01/qualidade-e-pesquisa-na-universidade-pedro-demo.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

DEMO, Pedro. **Pesquisa:** princípio científico e educativo. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

EDUCAUSE, 2025 AI Landscape Study: Into the Digital AI Divide. Introduction and Key Findings | EDUCAUSE. Jenay Robert and Mark McCormack. Research report. Boulder, CO: EDUCAUSE. Disponível em: <https://library.educause.edu/resources/2025/2/2025-educause-ai-landscape-study>. Acesso em: 18 fev. 2025.

EDUCAUSE, Horizon Report. **Higher Education Edition**, 2019. 44 p. ISBN: 978-1-933046-02-0. Disponível em: <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2019/4/2019horizonreport.pdf?>. Acesso em: 18 fev. 2025.

EDUCAUSE, Horizon Report. **Teaching and Learning Edition**, 2021. 50 p. ISBN: 978-1-933046-08-2. Disponível em: <https://library.educause.edu/resources/2021/4/2021-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>. Acesso em: 18 fev. 2025.

EDUCAUSE, Horizon Report. **Teaching and Learning Edition**, 2022. 58 p. ISBN: 978-1-933046-13-6. Disponível em: <https://library.educause.edu/resources/2022/4/2022-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>. Acesso em: 18 fev. 2025.

EDUCAUSE, Horizon Report. **Teaching and Learning Edition**, 2023. 55 p. ISBN: 978-1-933046-18-1. Disponível em: <https://library.educause.edu/resources/2023/5/2023-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>. Acesso em: 18 fev. 2025.

EDUCAUSE, Horizon Report. **Teaching and Learning Edition**, 2024. 56 p. ISBN: 978-1-933046-20-4. Disponível em: <https://library.educause.edu/resources/2024/5/2024-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>. -- <https://library.educause.edu/resources/2021/2/horizon-reports>. Acesso em: 18 fev. 2025.

FERRAZ, Rodrigo Barroca Dias. **Um modelo de objetos e arquitetura para aplicações distribuídas de realidade virtual**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018, 108 p. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.3.2018.tde-09042018-074824>. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-09042018-074824/pt-br.php>. Acesso em: 16 out. 2024.

FIEDLER, Radoslaw Arkady. **The Advancements and Challenges of AI: An Analysis of its Impact on Society**. 2023, DOI 10.13140/RG.2.2.34284.95362. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/373302066_The_Advancements_and_Challenges_of_AI_An_Analysis_of_its_Impact_on_Society. Acesso em: 19 fev. 2025.

FIORENTINO, M. *et al.* Augmented reality on large screen for interactive maintenance instructions. **Computers & Graphics**, p. 274, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361513002340>. Acesso em: 07 jan. 25.

FOX, Dylan; THORNTON, Isabel Guenette. **The IEEE Global Initiative on Ethics of Extended Reality (XR) Report**. Extended Reality (XR) Ethics and Diversity, Inclusion and Accessibility. 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9727122>. Acesso em: 07 fev. 2025.

FREEMAN, Christopher. The national system of innovation in historical perspective. London, Academic Press Limited. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.cje.a035309>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/23599563>. Acesso em: 08 abr. 2025.

FREITAS, Cláudio. **Realidade virtual e aumentada na educação: desafios e possibilidades**. São Paulo: Editora Acadêmica, 2018.

GATTI, Bernardete Angelina. **Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas**, v. 10, 2. ed. Campinas-SP: Autores Associados, 2012, 77 p. ISBN: 978-8598843117. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Grupo_focal_na_pesquisa_em_ci%C3%A2ncias_soc.html?hl=pt-BR&id=q8hyPgAACAAJ&redir_esc=y. Acesso em: 07 mar. 25.

GATTI, Bernardete Angelina *et al.* **Professores do Brasil: novos cenários de formação**. Brasília, DF: Unesco, 2019. Disponível em: https://www.fcc.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Livro_ProfessoresDoBrasil.pdf. Acesso em: 12 abr. 2025.

GAVISH, Nirit; GUTIÉRREZ, Teresa; WEBEL, Sabine; RODRIGUEZ, Jorge; PEVERI, Matteo; BOCKHOLT, Uli; TECCHIA, Franco. Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. **Interactive Learning Environments**, v. 23, n. 6, p. 782-798, 2015. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1080825>. Acesso em: 04 abr. 2025.

GIBBONS, Michael. *et al.* **The new production of knowledge**. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies. London. Sage Publications Ltd.

2010, 192 p. ISBN: 978-0803977945. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781446221853>. Disponível em: <https://www.amazon.com/New-Production-Knowledge-Contemporary-Societies/dp/0803977948>. Acesso em: 17 dez. 2024.

GOERTZEL, Ben. Artificial General Intelligence: Concept, State of the Art, and Future Prospects. **Journal of Artificial General Intelligence**, v. 5, issue 1, 2014, p. 1-48. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.2478/jagi-2014-0001>. Acesso em: 16 fev. 2025.

GOLDBERG, D.; SOMERVILLE, M. **A whole new engineer**. The Coming Revolution in Engineering Education. Douglas, Michigan, Threerjoy Associates, 2019. 290 p. ISBN: 978-0986080043. Disponível em: <https://archive.org/details/wholenewengineer0000gold>. Acesso em: 18 dez. 2024.

GONZALES, M. A. C. **Ferramenta para concepção, projeto e operação de espaços para ensino de engenharia que incentivem a criatividade e a inovação**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016, 225 p. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.3.2016.tde-30092016-114032>. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-30092016-114032/pt-br.php>. Acesso em: 18 dez. 2024.

GOULART, S.O.; RADAELLI, M.R.S.; ASTUDILLO, M.R.V. Blended Learning em Educação Básica e Superior: Revisão de Literatura das Temáticas Focadas nos Alunos. **Revista de Educação Pública**, v. 31, Cuiabá jan./dez. 2022. DOI: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S2238-20972022000100114&script=sci_arttext.

GRILLO, M. C.; GESSINGER, R. M. **O que o professor precisa saber para ensinar?** Constituição da identidade profissional, saberes docentes e a prática reflexiva. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008. ISBN: 978-85-7430-826-5. Disponível em: <https://noctua.files.wordpress.com/2018/05/agestaodaaula.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

IBÁÑEZ, M. B.; DELGADO-KLOOS, C. Augmented reality for STEM learning: A systematic review. **Computers & Education**, 2018, p. 110. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131518301027>. Acesso em: 16 mar. 2025.

INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - IEA/USP. USP: Proposta de Agenda para o Futuro. São Paulo: Institutos de Estudos Avançados - Grupo de Trabalho a USP diante dos Desafios do Século XXI, 2018. Disponível em: http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/usp-proposta-de-agenda-para-o-futuro/at_download/file. Acesso em: 15 mar. 2025.

JOSHUA, J. Information Bodies: Computational Anxiety in Neal Stephenson's Snow Crash. **Interdisciplinary Literary Studies**, v. 19, n. 1, p. 17-47, 2017. DOI: 10.5325/intelitestud.19.1.0017. Disponível em: <https://scholarlypublishingcollective.org/psup/ils/article-abstract/19/1/17/199044/Information-Bodies-Computational-Anxiety-in-Neal?redirectedFrom=PDF>. Acesso em: 15 mar. 2025.

KAMÍSKA, Dorota; TOMASZ, Sapíski; SŁAWOMIR, Wiak; TOOMAS, Tikk; RAIN, Eric Haamer; EGILS, Avots; AHMED, Helmi; CAGRI, Ozcinar; GHOLAMREZA, Anbarjafari. **Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey**, v. 10, n. 10, p. 318, 2019. DOI: 10.3390/info10100318. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2078-2489/10/10/318>. Acesso em: 15 mar. 2025.

KAUFMANN, H.; SCHMALSTIEG, D. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. **Computers & Graphics**, v. 27, n. 3, p. 339-345, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0097849303000281>. Acesso em: 16 fev. 2025.

LAMPERT, Ernâni. O ensino com pesquisa: realidade, desafios e perspectivas na universidade brasileira. **Revista Linhas Críticas**, UnB/Brasília, v. 14, n. 26, p. 131-150, jan-jun/2008. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/3439>. Acesso em: 16 fev. 2025.

LA VALLE Steven M. **Virtual Reality**. Cambridge University Press, 2020, 218 p. Disponível em: <https://lavalle.pl/vr/>. Acesso em: 16 mar. 2025.

LEE, Lik-Hang; Braud, Tristan; Zhou, Pengyuan; Wang, Lin; Xu, Dianlei; LIN, Zijun; KUMAR, Abhishek Kumar; BERMEJO, Carlos; HUI, Pan. **All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda**. 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.11200.05124/8. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2110.05352>. Acesso em: 25 mar. 2025.

LIMA, S. C. Letramento digital e atividades on-line de comunicação. **Educação & Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 23-36, 2010. Disponível em: <https://seer.dppg.cefetmg.br/index.php/revista-et/article/view/238>. Acesso em: 15 mar. 2025.

LIMA, Valderéz Marina do Rosário. A escolha da pesquisa como princípio educativo. **Ciências & Letras**, Porto Alegre, n. 36, p. 151-169, jul./dez. 2004.

LUCY (Título do filme:). Direção: Luc Besson. País e distribuidora: França: Europa-Corp. Ano: 2014.

LUNDVALL, Bengte-Ake. **National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning**. Series: Anthem Other Canon Economics. London: Anthem Press, 2010, 404p. ISBN: 978-1-84331-882-8. Disponível em: <https://anthempress.com/national-systems-of-innovation-pb>. Acesso 15 mar. 2025.

MACIEL, Cristiano. **Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. 2. ed. Cuiabá-MT: EdUFMT, 2018. 258 p. ISBN: 978-85-327-0637-9. Disponível em: <https://www.edufmt.com.br/product-page/educa%C3%A7%C3%A3o-a-dist%C3%A2ncia-ambientes-virtuais-de-aprendizagem-2%C2%AA-ed>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MARINOVA, Natalia. **Artificial General Intelligence Systems Challenges**. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/370818366_ARTIFICIAL_GENERAL_INTELLIGENCE_SYSTEMS_CHALLENGES. Acesso em: 18 out. 2025.

MARQUES, Walter Rodrigues *et al.* Metaverso e inteligência artificial: Tendências das TDIC na educação. **RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental**. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/download/7682/3272/25912>. Acesso em: 25 jan. 2025.

MASETTO, Marcos Tarciso. Metodologias ativas no ensino superior: Para além da sua aplicação, quando, fazem a diferença na formação de profissionais? **Revista e-Curriculum**, São Paulo, PUC-SP, v. 16, n. 3, jul./set. 2018, p. 650-667. e-ISSN: 1809-3876. DOI: <http://dx.doi.org/10.23925/1809-3876.2018v16i3p650-667>. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/37099>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEE-CE transactions on information and systems**, v. E77-D, n. 12, p. 1321-1329, 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays. Acesso em: 15 mar. 2025.

MORAN, J. M. Como utilizar a internet na educação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 26, n. 2, maio-ago. 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19651997000200006&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 25 mar. 2025.

MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa Torres (org.). **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: Aproximações jovens**. Vol. II. Ponta Grossa, UEPG/PROEX, 2015, 180 p. ISBN: 978-978-85-63023-14-8. Disponível em: <http://penta3.ufrgs.br/Flipped/oficina/MetodologiasAtivas/>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MORAN, J. M. Educação Híbrida: um conceito-chave para a educação, hoje. In: BACICH, Lilian; NETO, Adolfo Tanzi; TREVISANI, Fernando de Mello (org.). **Ensino Híbrido: Personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015. 272 p. ISBN: 978-85-8429-048-2. Disponível em: <https://moran.eca.usp.br/?p=1841>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MORAN, J. M.; MASSETTO, M. T.; BEHRENS M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21 ed. Campinas, SP: Papirus, 2013, 176 p. ISBN: 978-8530809966. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Novas-Tecnologias-Media%C3%A7%C3%A3o-Pedag%C3%B3gica-Moran/dp/8530809963>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MYSTAKIDIS, S. Metaverse. **Encyclopedia 2022**, v. 2, p. 486-497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8392/2/1/31>. Acesso em: 28 mar. 2025.

MYSTAKIDIS, S.; LYMPOURIDIS, V. Immersive Learning. **Encyclopedia 2023**, v. 3, p. 396-405. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3020026>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8392/3/2/26>. Acesso em: 28 mar. 2025.

NARDES. João Augusto Ribeiro; ALTOUNIAN, Claudio Sarian; VIEIRA, Luís Afonso Gomes. **Governança Pública: O Desafio do Brasil**. 3. ed. revista e atualizada. Belo

Horizonte: Fórum, 2018, 399 p. ISBN: 978-85-450-0485-1. Disponível em: <https://loja.editoraforum.com.br/image/catalog/RELEASE%20%20governan%C3%A7a%20publica.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2024.

NUNES, Eunice Pereira dos Santos. **Um método para avaliar a aquisição de conhecimento em Ambientes Virtuais**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014, 259 p. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.3.2014.tde-26122014-154342>. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-26122014-154342/>. Acesso em: 18 jan. 2025.

NUNES, F.R.E.; MACULAN, B.C. Moreira dos Santos; ALMEIDA, Maurício Barcellos. Os fundamentos da Web Semântica como ferramentas de auxílio para as demandas da Sociedade da Informação. **Em Questão**, UFRGS, Porto Alegre, v. 26, n. 3, p. 224-249, set/dez, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.19132/1808-5245263.224-249>. e-ISSN: 1808-5245, Print ISSN: 1807-8893. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/article/view/92336>. Acesso em: 18 nov. 2024.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Perspectivas de Educação Digital da OCDE 2023**. Rumo a um ecossistema digital eficaz. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-education-outlook-2023_c74f03de-en/full-report/towards-a-digital-transformation-of-education-distance-travelled-and-journey-ahead_84a6abf5.html. Acesso em: 09 mar. 2025.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Shaping Digital Education Enabling Factors for Quality, Equity and Efficiency**. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/shaping-digital-education_bac4dc9f-en.html. Acesso em: 09 mar. 2025.

OCDE. **From transition to transformation: insights from the 2023 Digital Education Outlook**. Disponível em: <https://oecdeditoday.com/from-transition-to-transformation-insights-from-the-2023-digital-education-outlook/>. Acesso em: 15 out. 2024.

PANTELIDIS, V. S. Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality. **Themes in Science and Technology Education**, v. 2 n. 1-2, p. 59-70, 2009. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1131313>. Acesso em: 15 fev. 2025.

PASSOS, F. G.; VICHI, C.; DUARTE, F. R.; SOUSA, G. M. C. DE; TELES, R. DE S.; SANTOS, V. M. L. Diagnóstico sobre a reprovação nas disciplinas básicas dos cursos de engenharia da UNIVASF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35. **Anais** [...] 2007. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/12/artigos/199-Fabiana%20dos%20Passos.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2025.

POTKONJAK, Veljko, *et al.* Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. **ELSEVIER**, Computers & Education v. 95, 2016, p. 309-327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131516300227>. Acesso em: 15 fev. 2025.

PRISECARU, Petre. The Challenges of the Industry 4.0. **Global Economic Observer**, Bucharest. V. 5, ed. 1, p. 66-72, 2017.

RADU, I. **Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis**. Personal and Ubiquitous Computing, 2014. DOI: 10.1007/s00779-013-0747-y. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1007/s00779-013-0747-y>. Acesso em: 15 fev. 2025.

RODRIGUES, Neidson. EDUCAÇÃO: Da formação Humana à Construção do Sujeito Ético. **Educação & Sociedade**, v. 22, n. 76, p. 232-257, out. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-73302001000300013>. ISSN: 1678-4626. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/MpfHNQQR5c4LBvN4pgPpwJ/abstract?lang=pt>. -- <https://www.scielo.br/j/es/i/2001.v22n76/>. Acesso em: 24 fev. 2025.

ROSPIGLIOSI, P. Metaverse or Simulacra? Roblox, Minecraft, Meta and the Turn to Virtual Reality for Education, Socialisation and Work. **Interactive Learning Environments**, v. 30, p. 1-3, 2022. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2022899>. Disponível em: <https://research.brighton.ac.uk/en/publications/metaverse-or-simulacra-roblox-minecraft-meta-and-the-turn-to-virt>. Acesso em: 18 mar. 2025.

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Inteligência artificial**. Tradução Regina Célia Simille. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 1.324 p. Disponível em: [https://www.kufunda.net/publicdocs/Intelig%C3%Aancia%20Artificial%20\(Peter%20Norvig,%20Stuart%20Russell\).pdf](https://www.kufunda.net/publicdocs/Intelig%C3%Aancia%20Artificial%20(Peter%20Norvig,%20Stuart%20Russell).pdf). Acesso em: 15 fev. 2025.

SAMPAIO, A. Z. *et al.* **Virtual reality in ergonomics**: A systematic review of its applications, benefits, and limitations. Work, 2017.

SCHWAB, Klaus. **The fourth industrial revolution**. World Economic Forum, Currency, 2017, 192 p. ISBN: 978-1524758868. Disponível em: <https://www.amazon.com/Fourth-Industrial-Revolution-Klaus-Schwab/dp/1524758868>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SHERMAN, William R.; CRAIG, Alan B. **Understanding virtual reality**: Interface, application, and design. Elsevier, 2003. Disponível em: <http://www.arise.mae.usp.br/wp-content/uploads/2018/03/Understanding-Virtual-Reality-Interface-Application-and-Design-The-Morgan-Kaufmann-Series-in-Computer-Graphics-.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

SILVA, C.; SOUZA, C.; LIMA, L.; DRUMOND, E.; ALMEIDA, F.; AZEVEDO, P. “School Evasion in the Brazilian trends: analyzing the vectors that influence students’ decision to interrupt their formative process”. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 5, n. 4, abril 2018. Disponível em: <https://ijaers.com/detail/school-evasion-in-the-brazilian-trends-analyzing-the-vectors-that-influence-students-decision-to-interrupt-their-formative-process/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SILVA, V. C.; SILVA, P. O. M.; SOUZA, S. P. As representações sociais sobre competência entre os administradores. In: ENANPAD, 37, 2013. **Anais [...]**. Disponível em: https://arquivo.anpad.org.br/abrir_pdf.php?e=MTY1MTI=. Acesso em: 22 mar. 2025.

SOLIMAN, M.; PESYRIDIS, A.; DALAYMANI-ZAD, D.; GRONFULA, M.; KOURMPETIS, M. **The Application of Virtual Reality in Engineering Education**. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/6/2879>. Acesso em: 22 mar. 2025.

SPIELBERG, Steven. Jogador Nº 1 [filme Player one]. EUA: Lionsgate, 2018. 145 min.

STEPHENSON, Neal. Snow Crash. **Batmta, Books**, 1st edition, january 1, 1992, p. 440. SBN-13:978-0553351927. Disponível em: <https://www.amazon.com/Snow-Crash-Neal-Stephenson/dp/0553351923>. Acesso em: 12 abr. 2025.

STOER, Stephen R; MAGALHÃES, Antônio M. Educação, Conhecimento e a Sociedade em Rede. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 24, n. 85, p. 1179-1202, 2003.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/XxKv4JzsBDTsrZWFY9Rx5c/?lang=pt>. Acesso em: 12 fev. 2025.

THE MATRIX (Filme). Direção: Andy Wachowski e Larry Wachowski. Produção: Joel Silver. EUA: Warner Bros., 1999.

THE MATRIX (Filme). Direção de Andy Wachowski e Larry Wachowski. EUA. Warner Bros., 2003.

THE MATRIX RESSURECTIONS (Filme). Wachowski, L.; Wachowski, L. EUA. Warner Bros., 2021.

TONINI, A. M. O perfil do engenheiro contemporâneo a partir da implementação de atividades complementares em sua formação. In: ENEDS, 8. Ouro Preto, 2011. **Anais** [...]. Ouro Preto. Disponível em: <https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/546>. Acesso em: em 18 nov. 2024.

TONINI, A. M.; PEREIRA, T.R.D. Silva (org.). **ABENGE**. Desafios da Educação em Engenharia: Inovação e Sustentabilidade, Aprendizagem Ativa e Mulheres na Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE 2018), 46. Brasília-DF, 2018, 221 p. ISBN: 978-85-64541-12-2. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/2/LivroSD2018.pdf>. Acesso em: 18 out. 2024.

TORI, R. Metaversos na Educação: conceitos e possibilidades. **Video Journal of Social and Human Research**, v. 2, n. 1, p. 53-66, 2023. <https://doi.org/10.18817/vjshr.v2i1.25>. Disponível em: <https://vjshr.uabpt.uema.br/index.php/ojs/article/download/25/42/155>. Acesso em: 22 mar. 2025.

TULHA, Carinna N.; CARVALHO, Marco Antonio G.; COLUCI, Vitor Rafael. Uso de Laboratórios Remotos no Brasil: uma revisão sistemática. **Informática na Educação: teoria e prática**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 195-209, maio/ago. 2019. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/download/90543/55025>. Acesso em: 22 mar. 2025.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Towards Knowledge Societies: World report**. Paris, 2005, 237 p. ISBN: 978-92-3-104000-9. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141843>. Acesso em: 18 mar. 2025.

VARÃO, Maria Goreth de Sousa; EVANA, Mairy Pereira de Araújo Silva. **As TIC'S na Educação: Práticas de Pesquisa na EaD**. Editora da Universidade Federal do Piauí. Teresina-PI, 2020, 208 p. ISBN: 978-65-86171-60-0. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/575056/2/AS%20TIC%60S%20NA%20EDUCA%C3%87%C3%83O%20PR%C3%81TICAS%20DE%20ENSINO%20NA%20EAD.pdf>. Acesso em: 18 out. 2024.

VIANNA, C. E. S. **Evolução histórica do conceito de educação e os objetivos constitucionais da educação brasileira**. São Paulo: Janus, ano 3, n. 4, Lorena/SP, 2º semestre de 2006.

VIDOTTO, K. N. S. *et al.* Plataformas web de realidade virtual: possibilidades para a Educação. **RENOTE: Novas Tecnologias na Educação**, v. 20, n. 1, p. 338-347, 2022. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/126681>. Acesso em: 10 abr. 2025.

VILAÇA, Márcio Luiz Corrêa; ARAUJO, Elaine Vasquez Ferreira de (org.). **Tecnologia, Sociedade e Educação na Era Digital**. Duque de Caxias-RJ, UNIGRANRIO, 2016. 300 p. ISBN: 978-85-88943-69-8. Disponível em: <https://marciovilaca.com.br/site/tecnologia-sociedade-e-educacao-na-era-digital/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

VYGOTSKY, Lev. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2000. 97 p. Disponível em: <https://cdn.campo-grande.ms.gov.br/porta1/prod/uploads/sites/8/2018/08/Texto-1-Prof-Ronny.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2025.

WANG, X.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. A comprehensive survey of augmented reality assembly research. **Advances in Manufacturing**, v. 4, n. 1, p. 1-22, 2016. Disponível em: <https://www.aim.shu.edu.cn/EN/10.1007/s40436-015-0131-4>. Acesso em: 18 mar. 2025.

Wang, X. *et al.* Augmented reality in education and training: pedagogical approaches and practical considerations. **Journal of Educational Technology & Society**, p. 168, 2017.

ZHANG, Xinli. *et al.* **The metaverse in education:** Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. 2022, *Front. Psychol.* 13:1016300. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.1016300. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9595278/>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ZHAO, Ruoyu; ZHANG, Yushu; ZHU, Youwen; LAN, Rushi; HUA, Zhongyun. Metaverse: Security and Privacy Concerns. **Journal of Metaverse**, v. 3, p. 93-99, 2023. 10.57019/jmv.1286526. Disponível em: [2203.03854] Metaverse: Security and Privacy Concerns. Acesso em: 12 abr. 2025.

ZHAO, Y.; JIANG, J.; CHEN, Y.; LIU, R.; YANG, Y.; XUE, X.; CHEN, S. Metaverse: perspectives from graphics, interactions and visualization. **Visual Informatics**, v. 6, n. 1, p. 56-67, 2022. <https://doi.org/10.1016/J.VISINF.2022.03.002>. Disponível em: Metaverse: Perspectives from graphics, interactions and visualization - ScienceDirect. Acesso em: 12 abr. 2025.

CRIAÇÃO DE METODOLOGIAS DE ENSINO A PARTIR DA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS. ESTUDO DE CASO: MÉTODO SBCB

Gisele Maria Ribeiro Vieira¹

Cristiane M. B. Bacaltchuk²

Gilberto A. Castello Branco³

Cíntia M. Oliveira⁴

Mônica Roberta Silva⁵

Dagmar Silva Pinto de Castro⁶

Caminhos da Psicanálise⁷

Clovis Pinto de Castro⁸

Caminhos da Psicanálise⁹

Introdução

O termo “sustentabilidade”, do latim “*sustentare*”, representa a ação de sustentar, apoiar, cuidar e conservar (Houaiss, 2024) e ele ganhou relevância a partir da Conferência de Estocolmo, realizada na Suécia em 1972.

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

² Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

³ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

⁴ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

⁵ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

⁶ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

⁷ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

⁸ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

⁹ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ.

A Organização das Nações Unidas (ONU) destaca o tripé da sustentabilidade empresarial, que é composto dos elementos: *people* (pessoas), *planet* (planeta) e *profit* (lucro), no que se consagrou chamar de “*Triple Bottom Line*” (TBL ou 3BL) – expressão cunhada por John Elkington em meados da década de 1990. Ante o exposto, este capítulo ancora-se no pilar *people*/pessoas, mais especificamente, no quarto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (4º ODS: “Assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos”) – ONU (ONU, 2024).

Segundo o Censo Escolar 2022, aproximadamente 58% dos estudantes universitários abandonam os seus cursos. Além do alto custo para o Estado, a não conclusão traz um sentimento de fracasso e, em diversos casos, isso ajuda a perpetuar um ciclo de pobreza que se estende por todos os níveis educacionais, como exemplo: a “geração nem-nem” – hoje, geração “sem-sem” – com quase 7,1 milhões de jovens entre 14 e 24 anos que “nem estudam nem trabalham” ou “sem estudo e sem trabalho”, sendo cerca de 60% desse grupo mulheres, a maioria com filhos pequenos e pelo menos 68% são pretos e pardos (G1, 2024).

Observa-se, ainda, que um dos maiores motivos para o abandono é a reprovação. Para os cursos de engenharia, nas palavras da Profa. Dayse Haime Pastore, diretora de ensino do CEFET/RJ:

(...) na minha opinião, a alta reprovação nos ciclos básicos frustra muito os alunos. É como se alguém lhes dissesse: “isso não é para você”, o que é muito ruim, porque é difícil entrar num curso de Exatas de uma universidade pública federal, então, quando o aluno consegue entrar, ele se sente um vitorioso. Todavia, quando ele é reprovado, vem uma decepção enorme. A reprovação é um “não” que ele recebe, portanto ele acaba achando que não pertence àquele lugar, o que é totalmente falso! (...) Por isso, eu entendo que o papel do professor é dar estímulos, isto é, motivar os alunos, dizendo que “é normal ter dificuldades”, principalmente para os alunos que estão acostumados a tirar boas notas ao longo da vida acadêmica, isto é, aqueles alunos que foram exemplares no ensino médio, com ótimas notas, sofrem muito mais, muitos ficam deprimidos, choram de tristeza, porque eles se sentem cobrados, mas inaptos... (Silva *et al.*, 2023).

A Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional (LDBEN), de 20 de dezembro de 1996, traz, *in verbis*: “Art. 12. Os estabelecimentos de ensino, respeitadas as normas comuns e as do seu sistema de ensino, terão a incumbência de: (...) V- prover meios para a recuperação dos alunos de menor rendimento (...)” (Brasil, 2024).

Portanto, entende-se que “prover meios” significa oferecer diferentes oportunidades de aprendizado, haja vista que não existe apenas um tipo de inteligência¹⁰, segundo o modelo de inteligências múltiplas de Gardner (2002).

Entende-se ainda que meios, tais como o uso de metodologias ativas, técnicas mnemônicas, atividades lúdicas e outras mais, devem prover a criação do conhecimento ancorados na realidade que cerca os alunos, afinal, como falar “Eva viu a uva” sem a compreensão do que seja “uva”? Freire coloca os alunos como sujeitos do seu aprendizado e que a concepção de “educação bancária” – na qual os alunos são vistos como meros receptáculos de conhecimento – deva ser substituída por uma “educação problematizadora” (libertadora) – em que eles participam ativamente, questionando o mundo que os cerca e onde são levados a pensar nas soluções para os problemas vividos (Freire, 1987).

Acredita-se que a busca por uma educação de qualidade não seja unicamente dever do Estado, mas também da Sociedade Civil Organizada, das entidades de classe, das organizações, com ou sem fins lucrativos, e da comunidade escolar como um todo, em que docentes, discentes, pais/responsáveis e profissionais que trabalham nessas instituições devam ter o compromisso comum de educar, posto que **educar é descortinar o véu da ignorância que segrega ricos e pobres**.

Vale ratificar que o quarto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Organizações das Nações Unidas (ONU) visa aumentar de maneira substancial, até 2030, o número de jovens e adultos que tenham habilidades relevantes, inclusive competências técnicas e profissionais, para emprego, trabalho decente e empreendedorismo (ONU, 2024).

Não obstante, tão importante quanto fazer é medir os resultados, logo, a criação de indicadores de desempenho, a fim de acompanhar e avaliar a *performance*, é de suma importância.

Constata-se que existe uma demanda reprimida, isto é, uma grande parte da sociedade está alijada do acesso ao mundo do saber, e para agravar tal situação, existe ainda um *gap* entre pensar e fazer, seja por falta de recursos ou pela inviabilidade tecnológica, muitas ideias que poderiam reduzir o abismo educacional acabam sucumbindo ainda na sua fase embrionária. Logo, como implementar boas ideias de forma rápida, acessível e inteligível?

Este capítulo apresenta, de forma simples e objetiva, por meio de técnicas de gerenciamento de projetos e das metodologias ativas, a criação e o desenvolvimento do Método SBCB de Geometria Descritiva, bem como a elaboração do respectivo

¹⁰ Inteligência é a capacidade de lidar com a complexidade (Houaiss, 2024).

livro didático e a sua implementação, cujo intuito é permitir que os alunos de engenharia possam aprender, mais facilmente, os principais conceitos de uma disciplina com elevado nível de dificuldade, que por vezes leva à reprovação e, consequentemente, fomenta o abandono escolar, contrapondo-se ao 4º ODS.

“Tempestade perfeita”

Podemos definir como a “tempestade perfeita” um conjunto de eventos aleatórios que, isoladamente, nada representariam, mas que somados levaram à criação do presente Método. Nas palavras de Edward Lorenz (1996, p. 31): “Pode o bater de asas de uma borboleta no Brasil desencadear um Tornado no Texas?”. Sim, o “Efeito Borboleta¹¹” existe e fazendo uma leitura de Robbins (2014), pode-se associá-lo ao viés de aleatoriedade¹². Os eventos supracitados são, vide Figura 1:

Figura 1 - Eventos que levaram à criação do Método SBCB



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Caso algum dos eventos citados não tivesse ocorrido quando ocorreu, provavelmente, o Método SBCB não teria sido criado. Quis o destino ou Deus que ele existisse.

¹¹ O Efeito Borboleta, de forma simplificada, é uma releitura da Teoria dos Casos - existe uma dada ordem num sistema caótico e ainda, causa e efeito estão relacionados e têm repercussões inimagináveis (Lorenz, 1996).

¹² Viés de Aleatoriedade: os seres humanos têm uma séria dificuldade para lidar com o acaso. A maioria prefere acreditar que tem algum controle sobre o mundo e sobre o próprio destino. Embora, sem dúvida, as pessoas possam controlar boa parte do que lhes acontece por meio de decisões racionais, é fato que sempre acontecem eventos aleatórios, ex.: bala perdida (Robbins, 2014).

Embora perceba-se que o ser humano tenha dificuldade de lidar com a aleatoriedade da vida, porque ela foge ao seu controle, é fato que grandes eventos ou feitos da humanidade ocorreram por conta do acaso, por exemplo, a descoberta da penicilina, a presidência de Theodore Roosevelt nos Estados Unidos da América, dentre outros. A pandemia do Covid-19 talvez tenha sido o mais marcante no presente século XXI.

A Pandemia da Covid-19

O atravessamento da pandemia trouxe sequelas irreversíveis de forma coletiva e pessoal. De acordo com um artigo publicado na revista *Cell Reports* (Dantas *et al.*, 2023), disfunção cognitiva tem sido frequentemente reportada por pacientes acometidos pela Covid-19. Nesse contexto, tem relevância seu impacto naqueles que estão na fase escolar, sendo mais uma variável que incide para o aumento da evasão escolar.

Um estudo coordenado pela Unicamp e pela USP descobriu que a Covid-19 pode causar problemas neurológicos mesmo em pacientes que tiveram sintomas leves da doença. Segundo os cientistas, voluntários da pesquisa apresentaram uma atrofia na área do cérebro responsável pelo raciocínio e pela atenção. O trabalho também investigou o tecido cerebral de pessoas que morreram de Covid-19 e fez análises de material produzido com células-tronco. O cruzamento de informações levou os cientistas a descobrirem que os astrócitos são as células preferidas da doença. Para comparação, essas células funcionam como bombas de combustível dos neurônios, componentes mais importantes do cérebro (Gonçalves, 2022).

Os estudos ainda são incipientes, mas, coincidências à parte, de nossa experiência profissional em sala de aula, pudemos observar uma dificuldade cada vez maior dos alunos em reter as informações, ou chegar à conclusão das discussões por meio do emprego de lógica. Novamente, ainda é cedo para assumir que apenas as sequelas resultantes da pandemia de Covid-19 poderiam ser responsáveis pelo que observamos na prática, já que temos muitas outras variáveis a considerar, como as mudanças no ensino médio, o emprego massivo de tecnologias da informação, aparelhos celulares, um aumento expressivo no número de alunos com diagnóstico de “transtornos neurológicos”, entre outros. O certo é que, independentemente dessas outras variáveis no processo, quem atua na área da educação deve olhar para isso com atenção e buscar novos caminhos que sejam facilitadores do processo de ensino-aprendizagem.

1. Técnicas empregadas no desenvolvimento do Método SBCB

Dentre as diversas técnicas¹³ e métodos¹⁴ existentes, os escolhidos foram: Gerenciamento de Projetos, Metodologia Ativa, *Objectives Key-Results* (OKRs), Lógica Fuzzy e outros.

1.1 Gerenciamento de projetos

Um projeto é um conjunto de atividades com começo, meio e fim, com recursos e objetivos já estabelecidos. Todo projeto gera um produto único – PMI (2017); entretanto, essa simples definição esconde no seu bojo uma complexidade gigantesca, afinal, da construção de um submarino nuclear até a organização de um congresso, ambos são projetos, porque o que caracteriza esses eventos são:

- prazo definido (tempo);
- objeto a ser criado ou serviço a prestar (escopo);
- valor/orçamento a gerir (custo);
- atendimento aos objetivos estabelecidos conforme o planejado (qualidade).

Esses elementos compõem o “Trinômio Sagrado de Projeto”, também denominado Teoria da Tripla Restrição (TTR), contudo, há divergências, porque, para alguns autores, o trinômio é composto de custo, tempo e qualidade, enquanto para outros, são custo, tempo e escopo. Logo, para fins didáticos, aplicar-se-ão os elementos: custo, tempo e qualidade de acordo com Dinsmore e Silveira Neto (2007).

A criação do Método SBCB, bem como seu produto (livro didático), configura-se como um projeto, porque teve um prazo estabelecido, um escopo definido, um custo/orçamento a ser obedecido e um padrão de qualidade a ser seguido.

1.2 Metodologia ativa de aprendizagem

Termo criado por Bonwell e Eison em 1991, trata-se de uma metodologia que trabalha, de maneira repetida, diferentes conceitos, de tal forma que o aluno possa fixá-los em sua mente e que possibilita uma retroação imediata (TOTVS, 2024, p. 2).

¹³ Técnica: 1. Conjunto de processos, métodos e procedimentos de uma arte, ciência ou ofício. 2. Jeito próprio de se fazer algo – Caldas Aulete (2024).

¹⁴ Método: 1. Conjunto de meios ou procedimentos racionais para atingir um objetivo. 2. Processo ou sistema lógico que torna eficiente e ordenada uma determinada atividade. 3. Qualquer conjunto de procedimentos técnicos ou científicos (*id, ibid*).

(...) a aprendizagem ativa dá um salto na relação entre professores e alunos, que, neste formato, são estimulados a tomarem a frente, com maior interação e independência, participando ativamente do processo. (...) O professor se torna mais um mediador, orientando e conduzindo os alunos na solução de problemas, na elaboração de ideias e argumentos, no trabalho em equipe e em outras competências muito importantes, como responsabilidade, independência, proatividade, ética etc.

Segundo a TOTVS (2024), as principais vantagens das metodologias ativas são: maior participação dos alunos (envolvimento e engajamento); maior autonomia; inovação e vantagem competitiva.

Os 13 tipos de metodologias ativas de aprendizagem são: 01. Gamificação (elementos comuns aos videogames); 02. *Design thinking* (“desenho do pensamento”); 03. Cultura *maker* (“faça você mesmo”); 04. Aprendizado por problemas (desafios/cenários); 05. Estudo de casos (problemas reais); 06. Aprendizado por projetos (empreendimento único); 07. Sala de aula invertida (*e-learning/onlearning*); 08. Seminários e discussões; 09. Pesquisas de campo; 10. *Storytelling* (narrativas); 11. Aprendizagem entre pares e times (trabalho conjunto); 12. Ensino híbrido/*blended learning* (ensino presencial e à distância).

1.2.1 *Storytelling*

O termo norte-americano é a combinação de *story* (narrativa/história) e *telling* (ato de contar), ou seja, ato de contar uma história ou narrativa. Nas palavras de Vieira (2024, p. 2):

Storytelling é a arte de contar, desenvolver e adaptar histórias utilizando elementos específicos – personagem, ambiente, conflito e uma mensagem – em eventos com começo, meio e fim, para transmitir uma mensagem de forma inesquecível ao conectar-se com o leitor no nível emocional. (...) Ao contar boas histórias, você garante que está produzindo um material único. Por mais que seja sobre um tema desgastado ou de conhecimento geral, o seu conteúdo abordará uma perspectiva única: a sua.

A prática de contar histórias é tão antiga e tão presente que se pode afirmar que faz parte da evolução do ser humano, afinal, é por meio das histórias que as tradições são passadas de geração a geração, que se criam heróis e mitos (fictícios), enfim, que se aprende.

A Bíblia Sagrada, livro que retrata a saga da humanidade ao longo de milhares de anos e os ensinamentos de Deus, reportados pelos seus escritores que vão de reis a pessoas comuns, exemplifica essa prática consagrada.

De acordo com Piaget (1978): a “contação” de histórias corrobora no desenvolvimento e na formação do indivíduo, por meio da imaginação, do vocábulo e da atenção.

1.2.2 Atividades lúdicas

As atividades lúdicas são práticas que combinam jogos e demais atividades recreativas, as quais proporcionam, por meio de brincadeiras simples, o desenvolvimento cognitivo, social, emocional e físico. É um brincar de aprender ou aprender brincando em que os participantes se despem dos seus preconceitos e se veem desafiados a resolver charadas e acertar as respostas no menor tempo possível (Silva *et al.*, 2023, p. 129).

As atividades lúdicas, por meio dos jogos do saber, são comuns nos Estados Unidos e tiveram grande êxito no Brasil, como exemplo: Show do Milhão¹⁵.

1.2.3 *Hard e soft skills, upskilling e reskilling*

Hard skills são as habilidades que permitem a realização de tarefas operacionais, isto é, aquelas que demandam conhecimento técnico, como: martelar um prego na parede sem que ele fique torto (Silva *et al.*, 2024, p.4).

Soft skills, por sua vez e de acordo com a TOTVS (2024), referem-se às habilidades abstratas ligadas à comunicação, resolução de problemas, empatias, inteligência emocional, flexibilidade, criatividade, ética, liderança e proatividade, confiança e otimismo, resiliência, trabalho em equipe, pensamento crítico, negociação, orientação para resultados, gestão do tempo e organização, habilidade em trabalhar sobre pressão, dentre outras.

Há ainda, dois conceitos – *Upskilling* e *reskilling* – que devem ser citados:

Upskilling é o processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento das competências de um profissional dentro da sua área de atuação. Enquanto o *upskilling* é focado em aprimorar competências e habilidades dentro da própria área de

¹⁵ Programa de perguntas e respostas transmitido pelo Sistema Brasileiro de Televisão (SBT) que teve seu ápice entre 07/11/1999 e 23/10/2003 (Folha, 2021).

atuação, o *reskilling* é o processo de aprender novas habilidades para mudar de carreira ou de função (Silva *et al.*, 2024, p.4).

Em um cenário globalizado e competitivo como o atual, bons líderes devem conscientizar-se de seu papel de agentes de mudanças e que a mudança está nas pessoas, não nas máquinas, porque elas jamais conseguirão entender a alegria ou sofrimento humano. Logo, as *soft skills* têm um papel preponderante nesse mundo cada vez mais tecnológico.

1.2.4 Onlearning

O conceito de *onlearning* combina vários conhecimentos, como *lifelong learning* e aprendizado em micromomentos, de tal forma que o usuário possa utilizar as mídias digitais para adquirir conhecimento, trocar informações e vivências, de forma interativa, tendo a tecnologia como mola-mestra propulsora desse novo saber que se dissemina pelo mundo ladeado pela Quarta Revolução Industrial – Indústria 4.0 – (Cespe, 2024).

1.2.5 Lifelong learning

Segundo a TOTVS (2021, p.2): “O *lifelong learning* é um conceito que prega a educação como um processo contínuo e não algo com começo, meio e fim. A tradução do termo é esclarecedora nesse quesito, ‘aprendizagem ao longo da vida’”.

Ele retrata a educação como um processo cíclico em que o conhecimento é fruto das experiências e vivências ao longo da vida. Pode ser considerado como uma jornada que jamais se encerra, posto que cotidianamente se aprende algo. O termo surgiu na década de 1970 na Europa e ganhou força nos anos 1990.

1.2.6 Aprendizado em micromomentos

A expressão “Aprendizagem em Micromomentos”, segundo Securato (2017, p. 2):

(...) consiste em pequenas doses de conhecimento, com começo, meio e fim. “Isoladamente, os conceitos são importantes, mas juntos eles mudam a forma como as pessoas acessarão o conhecimento e sua relação com a aprendizagem.

Isso tem altíssimo impacto na velocidade do aprendizado e no desenvolvimento de pessoas para o mercado de trabalho, para suas vidas e para a sociedade”.

Em suma, o aprendizado em micromomentos consiste em pequenas “gotas de sabedoria” adquirida ao longo do processo.

1.2.7 *Mindset*

O termo *mindset* pode ser traduzido como a maneira de se pensar ou mentalidade ou modelo mental, segundo Dweck (2017). A autora aponta basicamente dois tipos: *Mindset* Fixo e *Mindset* de Crescimento, enquanto outros autores expandiram esse conceito, por meio do *Mindset* de Inovação e *Mindset* de Aprendizado Contínuo.

1.2.8 *Mindset* fixo

Acredita-se que as qualidades são imutáveis e as pessoas têm um nível limitado de inteligência (Dweck, 2017, p. 10).

1.2.9 *Mindset* de crescimento

Acredita-se que não há limites, aceita-se desafios e as pessoas têm a capacidade de mudar e de aprender (*id*, *ibid*).

1.2.10 *Mindset* de inovação

Segundo Cubo (2023, p.2), o termo *Mindset* de Inovação refere-se:

(...) à junção da mentalidade com atitudes que promovem a busca constante por novas ideias, abordagens criativas, experimentação e adaptação. Importante salientar que muito mais do que apenas desenvolver e lançar novos produtos e serviços, criar um ambiente inovador exige disciplina e método.

1.2.11 *Mindset* de aprendizado contínuo

É uma postura que valoriza o processo de aprendizagem constante e considera que o desenvolvimento de habilidades é um processo infinito (Skillplace, 2024).

1.3 Técnica mnemônica e inovação

1.3.1 Técnica mnemônica

O processo de aprendizagem humana suscita inúmeros e calorosos debates, porque o cérebro humano ainda não foi totalmente compreendido pelos especialistas. Suas inúmeras terminações nervosas e sinapses permitem a criação de diversas teorias que são revistas continuamente. Por exemplo, o conceito de inteligência, que no passado era delimitado pelo teste de quociente intelectual (Teste de QI), está sendo reavaliado, porque se descobriu que não existe apenas um tipo de inteligência, segundo a Teoria das Inteligências Múltiplas (Gardner, 2002).

Com base nisso, percebe-se que ensinar geometria descritiva é um desafio enorme, porque necessita fortemente de inteligência espacial, de inteligência lógico-matemática e de inteligência corporal-cinestésica em um curto espaço de tempo.

A técnica mnemônica, criada na Grécia por volta de 500 a.C., é uma forma simples, rápida e gratuita de criar e reter o aprendizado por meio de frases simples e/ou imagens. Segundo a AFYA (2022), as técnicas mnemônicas se subdividem em:

Técnica de acrônimos: são palavras usadas, existentes ou não, para abreviar os nomes ou condensar palavras/expressões, exemplo: CEFET = Centro Federal de Educação Tecnológica ou ACENA = abertura, conscienciosidade, extroversão, neuroticismo e agradabilidade (Teoria *Big Five*);

Técnica de acrósticos: palavras em formato vertical que formam palavras e/ou frases em formato horizontal, geralmente usadas como poema, exemplo:

Estude
Nunca desista
Estude
Muito mais

Técnica de palavras-chave mnemônicas: utilizam-se palavras ou frases para criar uma sequência de passos ou de termos, exemplo, as etapas do processo de *benchmarking*: “P.A.I dA Mônica” = Planejamento, Análise, Integração, Ação e Maturidade.

Técnica de fisionomias/imagens mnemônicas: associar uma figura ou imagem a uma palavra, exemplo: incêndio classe A = árvore (sólido), classe B = bomba de gasolina (líquido/gás), classe C = curto-circuito (elétrico).

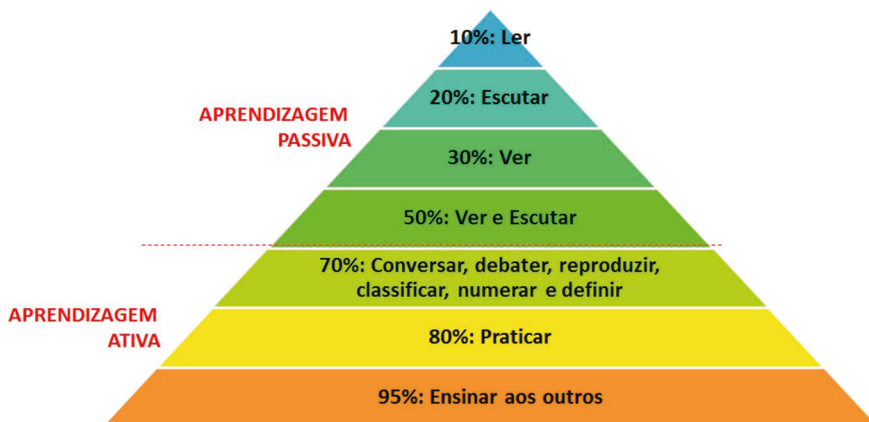
Técnica de dividir para memorizar: dividir palavras ou números grandes como o CPF, exemplo: 001.042.030.09

Técnica de numeração mnemônica: usada para lembrar de uma série de coisas que devem ser feitas em ordem, exemplo: 1º banco, 2ª escola, 3º almoço, 4º academia.

Além dessas regras, a combinação de cores pode ajudar na memorização, bem como na criação de resumos e mapas mentais. Entende-se que a combinação de técnicas pode ser bastante eficaz na retenção de conhecimento.

De acordo com Glasser (2001), a criação e a retenção do conhecimento no cérebro ocorrem de forma cumulativa e aumentam exponencialmente quando se associam outras atividades e/ou conjugam-se os cinco sentidos do corpo humano, tais como a visão, a audição, a fala, o tato e o paladar, vide Figura 2.

Figura 2 - Pirâmide do conhecimento (% de retenção)



Fonte: Glasser (2001).

Em suma, quanto maior a interação ao se estudar um assunto, maior a possibilidade de se aprender e reter o conhecimento, o que é extremamente útil em um país com uma taxa oficial de 5,6% de analfabetismo (IBGE, 2023), relegando o Brasil à última posição no *ranking* de competitividade da OCDE (CNN, 2021).

1.3.2 Inovação

Reputa-se a Platão, o adágio “a necessidade é a mãe da inovação” e, dentre os vários conceitos existentes, de acordo com Kotler e Keller (2012, p.635): “**inovação**

é fazer algo que seja percebido como novo por parte do consumidor”. De acordo com o Manual de Oslo:

Inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas - OCDE (2013).

Ante a discussão sobre o conceito de inovação, optou-se por “fazer algo que seja percebido como novo”, isto é, não necessariamente criar algo novo, exemplo: Spoleto, que é combinação de dois conceitos “*fast-food* de massa” e “faça você mesmo” (Ribas, 2020), mas é percebido como algo novo, como uma inovação.

Dessa forma, a aplicação de uma nova didática de ensino calcada na técnica mnemônica pode ser entendida como uma inovação por processo.

Dentre todos os tipos de inovação do Manual de Oslo, provavelmente, a inovação de processo seja uma das mais rápidas e acessíveis e a que traga maior retorno em um prazo menor. Contudo, a inovação por processo demanda uma “releitura” do processo produtivo, porque altera o *status quo*.

Outrossim, a inovação de processo está intimamente relacionada com o conceito de resiliência, que sucintamente é: a capacidade do indivíduo de lidar com problemas, de adaptar-se às mudanças, superar obstáculos ou resistir à pressão de situações adversas (Houaiss, 2023).

Consequentemente, repensar a forma de trabalhar a fim de melhorar o que se faz demanda uma elevada resiliência.

Em síntese: A técnica mnemônica – do grego “*mnemonikós*”, isto é, “o uso correto da memória” – é um conjunto de técnicas milenares criadas na Grécia Antiga que são bastante comuns no cotidiano das pessoas, em especial, na área de concursos e exames nacionais (Enem, OAB, Enade...). Utiliza-se de cores, frases e siglas para facilitar a memorização de conceitos, de etapas de processos e outros assuntos quaisquer (Silva *et al.*, 2023). Portanto, tem-se aqui a “inovação”: ao combinar as técnicas mnemônicas com uma linguagem simples, criou-se um instrumento inovador, eficiente (ênfase nos recursos) e eficaz (ênfase nos resultados) a um custo “quase zero” na área de Geometria Descritiva.

As técnicas mnemônicas demandam apenas criatividade e podem ser ensinadas a qualquer indivíduo rapidamente, trazendo resultados imediatos.

1.4 Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho são ferramentas que permitem aos gestores e às empresas avaliarem o seu desempenho atual e passado, a fim de que possam tomar decisões adequadas, como: se houve queda do lucro, a medida a ser tomada é o redesenho do produto ou a redução de preços ou o aumento da divulgação, por exemplo (Kotler, 2014).

Dentre os vários métodos existentes como os Indicadores-Chave de Desempenho (*Key Performance Indicators, KPI's*), o *Performance Prism* e o *Balanced Scorecard*, escolheram-se os KPI's e os *Objectives Key-Results (OKR)*.

1.4.1 Indicadores-chave de desempenho (KPI'S)

Os indicadores-chave de desempenho (eficiência, eficácia e efetividade) são os principais indicadores usados pelas empresas em todo o mundo e serão aplicados neste artigo, a fim de facilitar o entendimento do tema em questão. Logo, cabe conceituá-los. Eficiência é “a palavra usada para indicar que a organização utiliza produtivamente, ou de maneira econômica os seus recursos” (Maximiano, 2007).

Eficácia é “a palavra usada para indicar que a organização realiza seus objetivos” (*id, ibid*).

O conceito de efetividade, por sua vez, apresenta diversas conceituações, sendo uma delas a “relação entre resultados alcançados e os objetivos propostos ao longo do tempo” (Oliveira, 2020). Segundo Paludo (2015), a efetividade está associada ao impacto final das ações e ao grau de satisfação das necessidades e desejos da sociedade pelos serviços recebidos, indo além das metas, mas analisando as transformações causadas pela execução das ações.

Os indicadores-chave de desempenho são essenciais, pois, segundo Deming (1990, p.47): “não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia”. A medição é tão importante quanto a elaboração de um bom plano. Por conseguinte, os indicadores permitirão analisar a eficiência e a eficácia da aplicação das técnicas mnemônicas nos estudos de geometria descritiva com os alunos de Engenharia do CEFET-RJ.

1.4.2 Objectives key-results (OKR):

Segundo a TOTVS (2023, p.2): “a metodologia OKR surgiu nos anos 1970, quando Andy Grove, CEO da Intel, propôs unir Objetivos com Resultados-Chave”.

Ela é considerada uma metodologia que facilita a definição de objetivos e, consequentemente, o crescimento das empresas, a melhoria dos processos e o aumento do nível de comprometimento das equipes.

Resumidamente, a metodologia combina objetivos qualitativos com resultados quantitativos em um intervalo reduzido de tempo: semanal, mensal, trimestral e anual, o que facilita a correção das ações, caso estejam em desacordo com o planejado ou o seu fortalecimento quando bem-sucedidas.

Os OKRs simplificam o processo de medição ao estabelecer uma quantidade menor de objetivos (qualitativos) e resultados (quantitativos), bem como, a redução de seu horizonte de tempo (*id, ibid*).

1.5 Lógica fuzzy

A Lógica *Fuzzy*, também conhecida como “lógica nebulosa” ou “lógica difusa”, é, segundo Simões e Shaw (2007, *apud* Silva, Caiado e Quelhas, 2015, p. 11):

(...) uma técnica que visa conciliar o raciocínio humano e sua aplicação num sistema de gerenciamento de informações que permita a tomada de decisões (...). Tem como pilares a incerteza (pessoa) e a imprecisão (objeto).

De forma simplificada, a “a *Fuzzy* permite ‘tangibilizar’, isto é, quantificar elementos subjetivos (ótimo, bom, ruim...) por meio de variáveis linguísticas (condicional, pouco condicional, crítico e irrelevante), considerando ‘n’ fatores”. Para este capítulo, optou-se por uma conjugação de conceitos, porque eles coadunam com o Método SBCB, que está em vias de desenvolvimento.

O Método SBCB é um “*Blended Knowledge*”¹⁶ em que diversos conceitos têm se somado ao desenvolvimento do trabalho, desde o seu início, possibilitando um engajamento cada vez maior de alunos, professores e profissionais com suas sugestões, ideias e questionamentos.

Este Método é uma obra em construção e como tal, de acordo com Kant “não é um fim em si mesmo” (*apud* RAZ, 2004, p.129), sua expansão para outras áreas de conhecimento, do ensino infantil até cursos de nível superior, é uma consequência lógica da sua transdisciplinaridade. Destaca-se que ele já derivou dois outros métodos:

- Método Alves Silva de Ensino e Aprendizagem Contínua (Método ASEAC).

¹⁶ Método que combina diversas ferramentas para estimular a criatividade e a disseminação do conhecimento.

- Método Matheus de Ensino e Aprendizagem Infanto-Juvenil (Método Matheus).

2. Metodologia

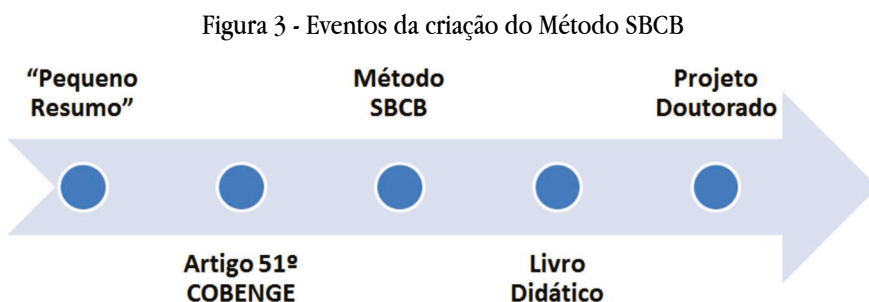
Para este capítulo, adotou-se um estudo qualitativo, com a metodologia de estudo de caso único, porque:

(...) um estudo de caso é uma investigação empírica que: (...) investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando (...) os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. (...) Em outras palavras, você usaria o método de estudo de caso quando deliberadamente quisesse lidar com condições contextuais – acreditando que elas poderiam ser altamente pertinentes ao seu fenômeno de estudo (Yin, 2007, p.32).

Por se tratar de uma metodologia específica de ensino, o estudo de caso é a abordagem mais indicada para a compreensão do tema. Este artigo traz a experiência da própria aluna, primeira autora do artigo, seus medos e incertezas e as dificuldades enfrentadas na construção da metodologia de ensino e na criação do livro publicado.

2.1 Criação do método SBCB

O Método SBCB é fruto de uma série de eventos. Os principais são apresentados na Figura 3:



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

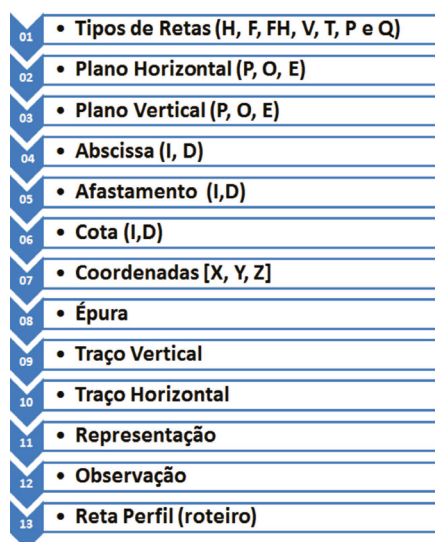
2.1.1 Pequeno resumo

O Método SBCB nasceu da dificuldade de uma aluna, ante os conceitos de Geometria Descritiva (GD), em particular, da classificação dos segmentos de retas em sete famílias de retas, conforme um conjunto de características e comportamento no espaço – quais sejam: horizontal, frontal, fronto-horizontal, vertical, topo, perfil e qualquer/genérica e de suas principais características. A dificuldade no entendimento dos conceitos levou a aluna a tirar uma nota muito ruim no primeiro teste aplicado na disciplina. A partir desse evento, ela resolveu criar um “Pequeno Resumo”, apenas uma folha A4 (210 mm x 297 mm), com as principais características de cada uma das retas e aplicou as técnicas mnemônicas.

Este “Pequeno Resumo” tinha como eixo central a criação de uma frase simples com as iniciais de cada tipo de reta: Hoje (Horizontal) Feição (Frontal) FarinHa (Fronto-Horizontal) VaTaPá (Vertical, Topo, Perfil) e Queijo (Qualquer).

O custo financeiro para a criação deste resumo, revisado pela professora orientadora, foi baixo, menos de R\$ 1,0 (um real), considerando a impressão colorida e as folhas de correção. A Figura 4 mostra as etapas de criação e a Figura 5, a versão final do Pequeno Resumo.

Figura 4 - Etapas de criação do Pequeno Resumo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

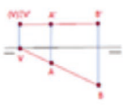
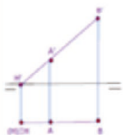
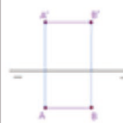
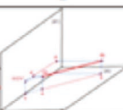
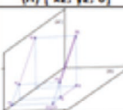
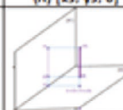
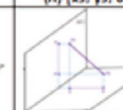
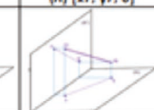
Figura 5 - Versão final do Pequeno Resumo



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA

Aluna: Mônica Roberta Silva (Engenharia de Produção) e orientadora: Profª. Dra. Cristiane Bacaltchuk – RJ, 31/10/2022

CLASSIFICAÇÃO DAS RETAS: HOJE FEIJÃO FARINHA VATAPÁ QUEIJO – AB: D³.I³.D – AF: D.I³.D³ – CT: (ID)³.D

ITEM/TIPO	HORIZONTAL (H)	FRONTAL (F)	FRONTO-HORIZ (FH)	VERTICAL (V)	TOPO (T)	PERFIL (P)	QUALQUER/I(QQ)
Lin.Horizontal (n) PH: POPEPO ²	//(P)	⊥(O)	//(P)	⊥(E)	//(P)	⊥(O)	⊥(O)
Lin.Vertical (n) PV: OP ³ EO ²	⊥(O)	//(P)	//(P)	//(P)	⊥(E)	⊥(O)	⊥(O)
Abscissa (AB) AB: D ³ .I ³ .D	AB ≠ (D)	AB ≠ (D)	AB ≠ (D)	AB = (I)	AB = (I)	AB = (I)	AB ≠ (D)
Afastamento (AF) AF: D.I ³ .D ³	AF ≠ (D)	AF = (I)	AF = (I)	AF = (I)	AF ≠ (D)	AF ≠ (D)	AF ≠ (D)
Cota (CT) CT: (ID) ³ .D	CT = (I)	CT ≠ (D)	CT = (I)	CT ≠ (D)	CT = (I)	CT ≠ (D)	CT ≠ (D)
(A) A [AB, AF, CT] (B) [AB, AF, CT]	(A) [10, 20, 30] (B) [05, 15, 30]	(A) [10, 20, 30] (B) [05, 20, 25]	(A) [10, 20, 30] (B) [05, 20, 30]	(A) [10, 20, 30] (B) [10, 20, 25]	(A) [10, 20, 30] (B) [10, 15, 30]	(A) [10, 20, 30] (B) [10, 15, 25]	(A) [10, 20, 30] (B) [05, 15, 25]
Êpura							
Traço Vertical	(V) [x1, 0, z1]	—	—	—	(V) [x4, 0, z4]	(V) [x5, 0, z5]	(V) [x6, 0, z6]
Traço Horizontal	—	(H) [x2, y2, 0]	—	(H) [x3, y3, 0]	—	(H) [x5, y5, 0]	(H) [x7, y7, 0]
1º Diedro							
Observação	VG na projeção horizontal.	VG na projeção vertical.	VG nas duas projeções.	VG na projeção vertical.	VG na projeção horizontal.	VG através de uma rotação de plano (nº). Mostra o diedro.	VG através de duas rotações (mudanças) de plano.

=>Reta de Perfil (apenas): 1º: Marcar as abscissas, os afastamentos e as cotas.

2º: Girar A e B (anti-horário, A1 e B1).

3º. Ligar A1 com A' (A1) e B1 com B' (B1)

4º. Ligar (A1) com (B1) => VG

5º. Estender (A1) na LV (V1).

6º. Estender (B1) na LV (H1).

7º. Girar H1 (horário).

Por Mônica Roberta Silva sob orientação da Profa. Dra. Cristiane Bacaltchuk, 2022.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A criação do “Pequeno Resumo” foi tão positiva para a aluna que ela distribuiu, em caráter voluntário e gratuitamente, mais de 200 cópias, para os alunos da disciplina de Desenho, objetivando ajudá-los.

Entretanto, essa iniciativa não passou despercebida pelo coordenador do curso, que sugeriu a criação de um artigo científico. O artigo foi escrito, submetido e aprovado para apresentação em Sessão Técnica.

Vale destacar o comentário feito por um dos avaliadores do artigo: “Aprovado! O trabalho apresenta-se como uma ferramenta metodológica simples, e de grande utilidade para os professores do primeiro semestre, inclusive, ao lecionar para alunos que acabaram de iniciar as atividades acadêmicas universitárias, e ainda não conseguiram se habituar ao ritmo de ensino muitas vezes”.

Após a aprovação do artigo e contatada pela aluna, sua orientadora, na época de seu mestrado em Administração, em São Paulo, sugeriu transformar o artigo em um método e, posteriormente, em um livro, a fim de difundir o conhecimento obtido (Silva *et al.*, 2023).

É importante destacar que a referida aluna, umas das autoras deste capítulo, possuía formação universitária na área de humanas, mestrado em Administração, especialista em concursos públicos e, aos 54 anos, estava na sua quinta graduação; mas tinha muita dificuldade com as disciplinas de exatas, especialmente Geometria Descritiva e, para aprender, ela recorreu às técnicas mnemônicas para elaboração do “Pequeno Resumo” com resultados imediatos.

2.1.2 Método SBCB

Um método é um “conjunto de meios ou procedimentos racionais para atingir um objetivo (método científico)” Michaelis (2023). O Método Silva Bacaltchuk Castello Branco de Geometria Descritiva ou, simplesmente, Método SBCB, reúne um conjunto de técnicas e/ou ferramentas, tais como a técnica mnemônica, os indicadores de desempenho, a inovação e, sobretudo, a adaptação do Método Paulo Freire de Alfabetização – alicerçado na realidade do indivíduo (Silva *et al.*, 2023) – no caso em questão, dos alunos de Geometria Descritiva dos cursos de nível superior de Arquitetura e Engenharias e dos alunos das disciplinas vinculadas à área de Expressão Gráfica no ensino médio técnico.

O Método, transformado em um livro, contém as seguintes etapas/capítulos:

1. Conceitos Básicos:

1.1. Geometria Descritiva;

- 1.2 Técnica Mnemônica;
- 1.3 Inovação;
- 1.4 Indicadores-Chave de Desempenho.
- 2. Geometria Descritiva**
- 2.1 Sistemas Projetivos;
- 2.2 Estudo do Ponto;
- 2.3 Simetria;
- 2.4 Estudo da Reta: Retas & Traços de Reta;
- 2.5 Posições Relativas entre Retas;
- 2.6 Retas de Perfil;
- 2.7 Exercícios de Fixação – comentados.
- 3. Métodos SBCB:**
- 3.1. A origem do Método;
- 3.2. “Pequeno” Resumo;
- 3.3. Atividades lúdicas.
- 4. Aplicação Prática:**
- 4.1. Geometria Descritiva em concursos públicos e exames;
- 4.2. Geometria Descritiva no nosso cotidiano
- 5. Lições Aprendidas**
- 6. Apoio Acadêmico**

Ainda foram considerados os seguintes aspectos, para a sua elaboração:

Linguagem: o livro escrito na ótica da aluna, sob a supervisão dos professores, buscava traduzir os principais conceitos para a realidade dos alunos, os exemplos: “prego na parede” referia-se a um ponto situado no plano vertical de projeção, “tapete no chão”, a um ponto situado no plano horizontal de projeção e “prego no rodapé” a um ponto situado na linha de terra. A dificuldade enfrentada pela aluna, apesar de sua vasta experiência profissional, era similar a dos alunos mais novos.

Passo a passo: o livro se propunha a estabelecer uma orientação para o ensino dos alunos, isto é, como falar em reta, sem falar no ponto? O conhecimento precisa ter começo, meio e fim, basta observar o ensino fundamental, primeiro, aprendem-se as vogais, depois as consoantes, depois, as sílabas, e assim por diante (MEC, 2010).

Aplicação: o conhecimento é um conjunto de saberes (Nonaka; Takeuchi, 2016), isto posto, para a retenção do conhecimento é necessário colocá-lo em prática, logo, a realização de exercícios permite que o aluno consiga compreender melhor como cada elemento estudado faz parte de um todo.

Cotidiano: a geometria descritiva demanda uma capacidade de visualização espacial por parte dos alunos, isto é, enquanto uns enxergam uma “reta torta”, outros enxergam uma rampa. Dessa forma, quando um aluno consegue entender que a fachada do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro é composta por retas de perfil, verticais, de topo e fronto-horizontais, isto operacionaliza o conhecimento teórico e traz um significado maior para esse aluno (Silva *et al.*, 2023).

Atividades lúdicas: o método procurou conjugar ainda, de forma lúdica, as habilidades técnicas (*hard skills*) e as cognitivas (*soft skills*) por meio de jogos de tabuleiro, utilização de instrumentos de desenho (ex.: régua, compasso, transferidor, escalímetro, par de esquadros, dentre outros), a fim de ensinar e aperfeiçoar as habilidades necessárias ao aprendizado da referida disciplina. Diversos alunos usam o par de esquadros apenas como “régua”, por não terem conhecimento do seu maior propósito.

Guia de orientação: ao contrário de muitos livros existentes, este método buscava apresentar ao professor como o método foi construído e o porquê de cada escolha, a fim de que ele pudesse criar a sua própria metodologia de ensino.

Apoio acadêmico: ao trazer o depoimento de professores de diversas disciplinas, o método conseguiu desmistificar conceitos que ficavam relegados a segundo plano, como as técnicas mnemônicas.

Enfim, apenas uma folha de papel A4 desencadeou uma série de eventos que culminaram na elaboração de um método e de um livro que estão servindo de base para o Projeto de Doutorado da referida aluna, a partir das técnicas de gerenciamento de projetos.

3. Estudo de caso - *making of*

A expressão “*making of*”, na área publicitária, visa trazer os bastidores, isto é, aquilo que acontece por trás das cortinas e o público não enxerga. O “*making of*” ensina todo o passo a passo, os erros e acertos e, logicamente, é segredo bem guardado para evitar cópia ou plágio, não sendo este o intuito dos autores deste capítulo.

As etapas do projeto seguiram o PMI (2017): iniciação, planejamento, execução, monitoramento/controle e encerramento.

3.1 Iniciação

Como todo projeto tem início, meio e fim; o Projeto “Método SBCB de Geometria Descritiva: o 1º livro criado por meio de Técnicas Mnemônicas” tinha como

parâmetros (trinômio sagrado de projeto), segundo Dinsmore e Silveira Neto (2007, p.4), vide Figura 6:

Prazo: 14 a 31/07/2023. O período das férias de julho de 2023 era o único espaço de tempo disponível aos autores para a construção do método e criação do livro, posto que no princípio do mês de agosto teria início o segundo semestre do período letivo e as atividades laborais de todos os autores envolvidos recomençariam.

Custo: R\$ 10.000,00 (dez mil reais). Como o projeto não teve subvenção e os professores orientadores possuem dedicação exclusiva, a aluna entendeu que seria mais rápido custear o projeto do que ficar esperando uma bolsa-auxílio ou algum outro incentivo governamental. Este valor é menor que o investimento *per capita* do Brasil em educação, cerca de US\$ 2.891 – aproximadamente R\$ 14.455,00 – contra a média de US\$ 10.510 *per capita* dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (UOL, 2023).

Qualidade: “Prêmio Jabuti”. O projeto precisava seguir elevados parâmetros de qualidade, então, buscaram-se os parâmetros do Prêmio Jabuti para escrever o livro, de forma simples, fácil e que despertasse a atenção/interesse do leitor.

Escopo: Método/livro com 100 páginas, tamanho A4 (210mm x 297mm), colorido 4/4 (frente e verso), formato digital (PDF) e brochura.

Figura 6 - Trinômio Sagrado de Projeto



Fonte: Adaptado pelos autores de Dinsmore e Silveira Neto (2007).

A partir da definição dos parâmetros, foi elaborado o Termo de Abertura de Projeto (TAP)¹⁷. Em reunião com a sua professora no dia 14/07/2023, período de férias do CEFET-RJ, a aluna estabeleceu o TAP e contactou os demais membros da equipe para a tarefa.

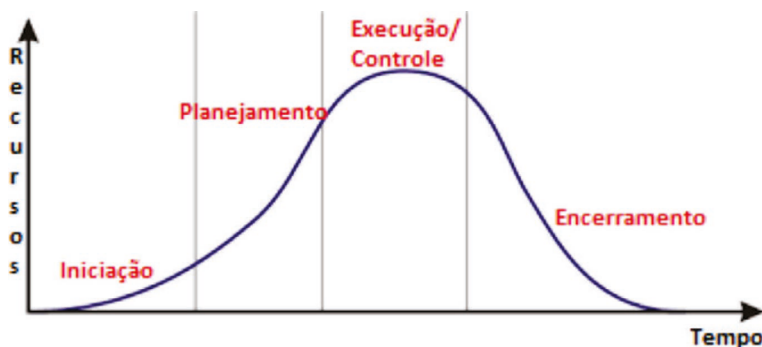
3.2 Planejamento

A partir do TAP, a aluna, escolhida como gerente de projetos (GP), montou o plano do projeto, distribuiu as tarefas e montou um cronograma diário, afinal, havia apenas 17 dias para escrever o livro!

Ciclo de vida de projetos: o ciclo de vida de um projeto (CVP) é “a série de fases pelas quais um projeto passa, do início ao término.” (PMI, 2017). Os principais tipos são:

Ciclo de vida de fases sequenciais: uma fase começa, apenas quando a anterior é concluída (PMI, 2017).

Figura 7 - CVP de Fases sequenciais

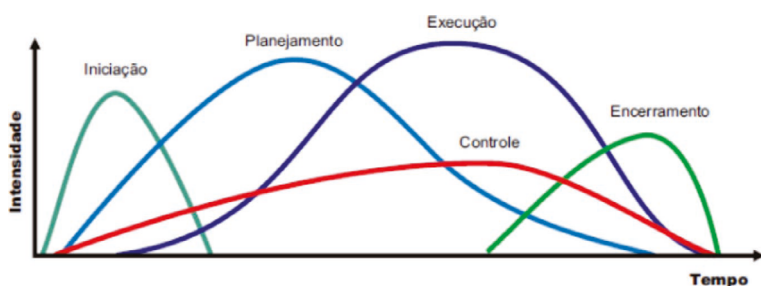


Fonte: Dinsmore e Silveira Neto (2007).

Ciclo de vida de fases sobrepostas (*fast-tracking*): uma fase começa independentemente do término da anterior Dinsmore e Silveira Neto (2007, p.11).

¹⁷ Termo de Abertura de Projeto (TAP): é o documento que marca o início de um projeto e deve conter os principais elementos do projeto: custo, prazo, qualidade, escopo, premissas e restrições, gerente de projetos e patrocinador.

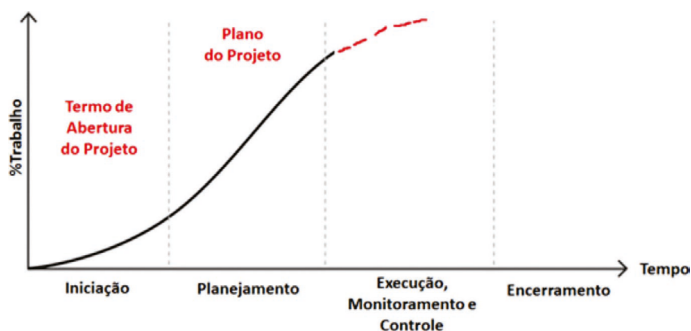
Figura 8 - CVP de Fases sobrepostas



Fonte: Rocha (2013).

Ciclo de vida de fases iterativas: à medida que o projeto avança, novas fases são planejadas (PMI, 2017, p.19).

Figura 9 - CVP de Fases iterativas



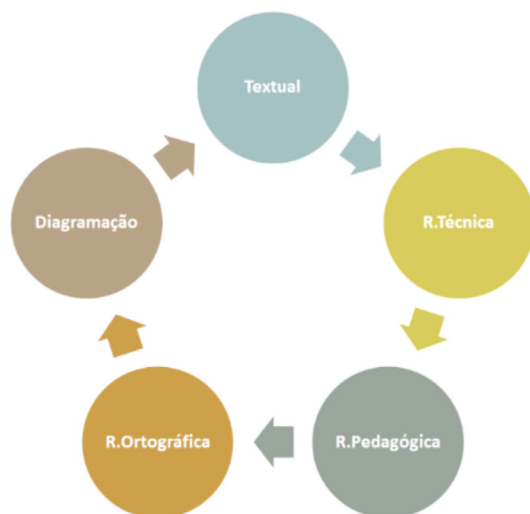
Fonte: Adaptado pelos autores do PMI (2017).

Como cada membro da equipe tinha outras atividades paralelas, a GP escolheu uma abordagem híbrida das fases do projeto, isto é, as atividades poderiam ser sequenciais, paralelas ou iterativas, vide Figuras 7, 8 e 9. Essa escolha agilizou o processo, mas dificultou o controle, porque nada poderia ser esquecido e tudo teria que ser checado duplamente e com bastante cuidado.

Equipe do projeto

Vale considerar que a montagem da equipe, com a divisão das tarefas, foi o grande fator-crítico de sucesso (FCS). A Figura 10 apresenta a sequência operacional estabelecida.

Figura 10 - Distribuição das tarefas



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Esperava-se, ao término do projeto, que uma editora se interessasse por ele e concluísse a diagramação e a impressão dos livros.

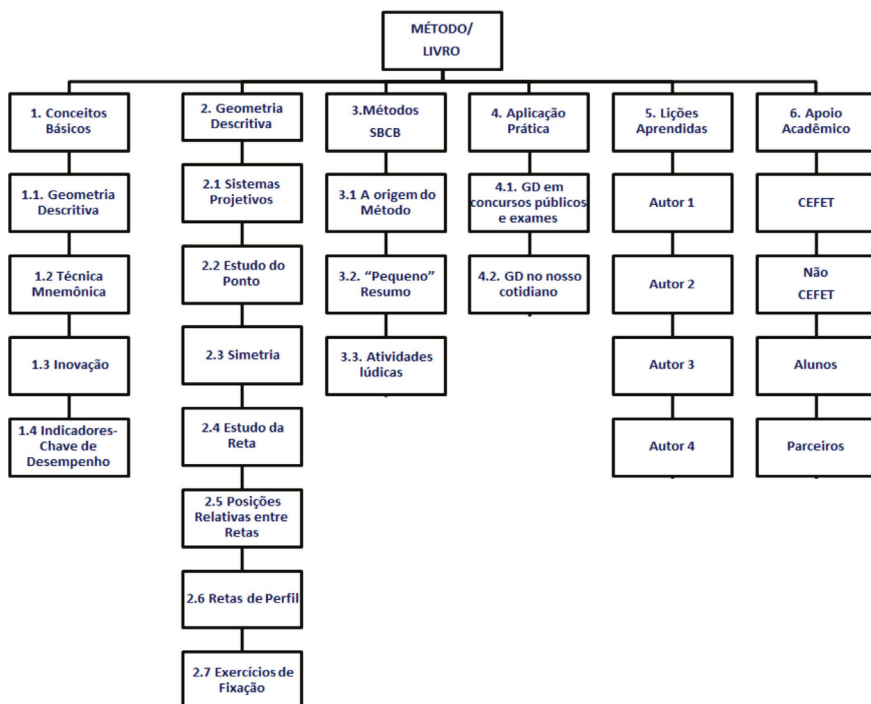
Em parte, isso aconteceu em 03/08/2023, quando surgiu uma editora bastante interessada no projeto. Mas como esta não deu retorno, no prazo necessário ao atingimento de um dos objetivos do projeto, a aluna resolveu seguir adiante com a impressão do livro e levá-lo para a 40ª Bienal do Livro e para o 51º Cobenge, ambos realizados na cidade do Rio de Janeiro.

Estrutura analítica do projeto (EAP/WBS): Entendia-se que a criação da Estrutura Analítica de Projeto (EAP)¹⁸ facilitaria a criação do livro e estabeleceu-se a seguinte EAP/WBS, conforme a Figura 11.

¹⁸ Estrutura Analítica, também conhecida como Estrutura Analítica do Projeto (EAP) ou *Work Breakdown Structure* (WBS), segundo Dinsmore e Silveira Neto (2007, p.53), é “a forma hierárquica para divisão dos projetos em atividades mensuráveis e controláveis”.

Como os capítulos eram interdependentes, isso permitiu que cada membro pudesse desempenhar o seu papel sem interferir no trabalho dos outros membros, o que agilizou o processo, mas demandou um aumento no controle, a fim de evitar retrabalho.

Figura 11 - Estrutura Analítica de Projeto (EAP/WBS)



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

3.3 Execução e monitoramento/controle

Enquanto os professores de Desenho faziam a revisão técnica do material gráfico de Geometria Descritiva, a aluna iniciou a escrita dos capítulos 1, 3, 5 e 6 deixando os capítulos 2 e 4 para o final, o que permitiu que os envolvidos trabalhassem de forma harmoniosa, minimizando a ociosidade.

O controle foi feito por meio de versões impressas de cada um dos capítulos, a fim de que nenhum detalhe escapasse aos olhos.

A elaboração do livro foi um trabalho totalmente voluntário e todos contribuíram de forma não remunerada, de boa vontade e visando ao bem maior.

Outras atividades foram desenvolvidas pela GP em paralelo às atividades do projeto, vide Figura 12:

Figura 12 - Atividades Diversas



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Jurídica: o livro foi registrado em todos os órgãos oficiais, tais como: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Biblioteca Nacional (BN), Registro.br, dentre outros, a fim de garantir a propriedade intelectual.

Design: criação da logomarca (Figura 13), da capa (Figura 14) e do projeto gráfico (Figura 15).

Para o *design* da logomarca, três ideias foram propostas. O formato redondo da logomarca remete à ideia de infinito, no centro foi colocado o nome do método e no entorno, os sobrenomes dos autores. Em decisão conjunta, foi escolhida a terceira ideia, opção à direita da Figura 13.

Figura 13 - Criação da logomarca



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Foi realizada uma minuciosa pesquisa na Biblioteca do CEFET/RJ, e como as capas dos livros existentes tinham um mesmo foco, a GP resolveu privilegiar a fase central do livro, o que tem gerado inúmeros e intermináveis debates acadêmicos, porque o livro rompe com o *status quo* e é um enigma para os leigos que, quando o decifram, ficam espantados com a Técnica Mnemônica.

Figura 14 - Criação da capa



Fonte: Biblioteca do CEFET/RJ (2023).

O projeto gráfico buscou um apelo visual fluido, fácil de ler e espaço para as observações dos leitores, vide Figura 15.

Figura 15 - Projeto gráfico



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A parte técnica do livro (geometria descritiva) havia sido criada no período pandêmico, então, a partir dos *slides* dos professores, e com base em suas anotações de sala de aula, a aluna conseguiu montar a parte textual rapidamente.

Com o rápido avanço dos trabalhos, foram preparados vários eventos para o lançamento do livro.

Paralelamente a tudo isso, no decorrer dos trabalhos, a equipe foi angariando apoio dos professores, alunos e parceiros, de modo a fortalecer o sentimento de pertencimento e de gratidão. Além dos autores, cada participante do livro ganhou uma camisa do projeto, na cor de sua preferência, vide Figura 16:

Figura 16 - Camisas distribuídas

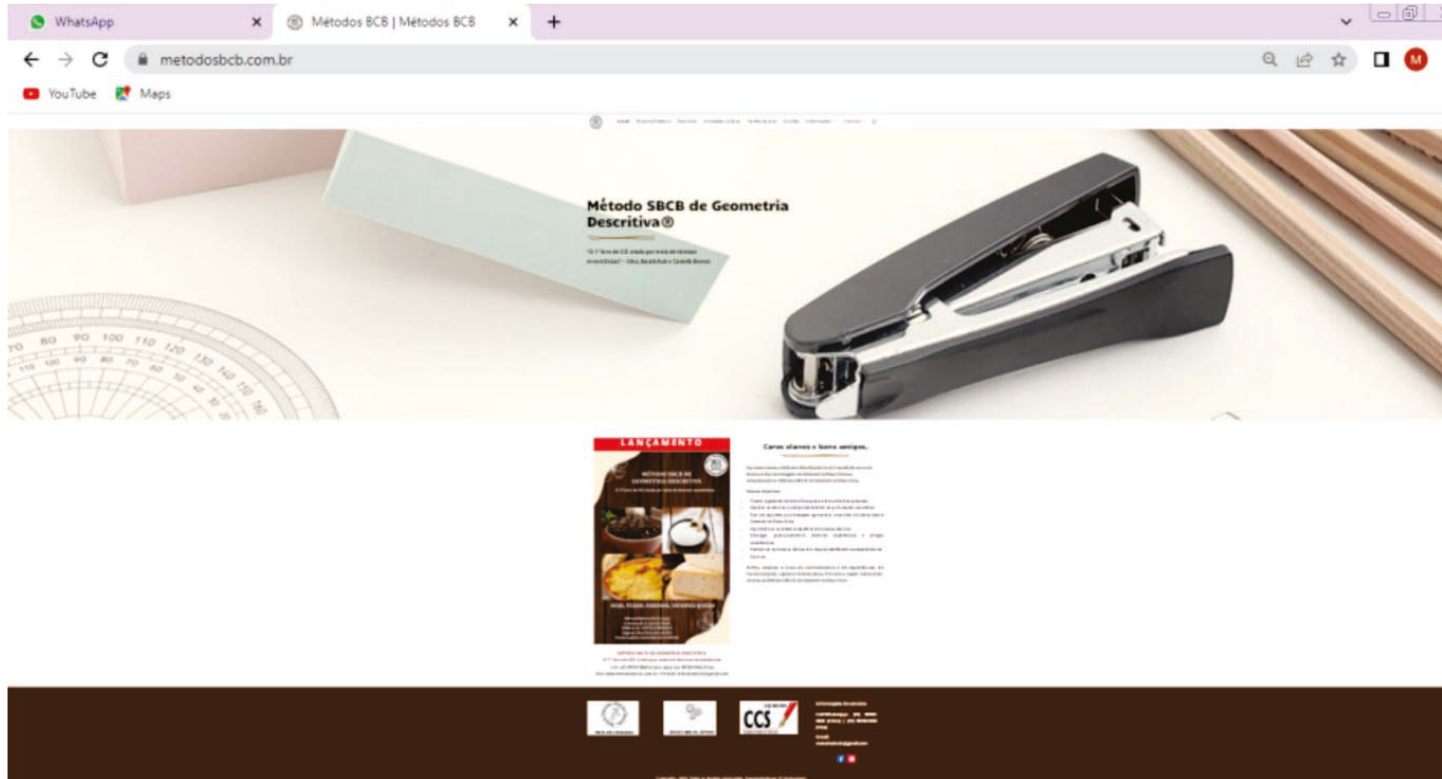


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em termos publicitários, a camisa é uma das peças promocionais mais importantes e reforça a ideia de pertencimento, é a consagrada simbologia de “vestir a camisa”.

A fim de sustentar o Método, foi criado um *website*, que funciona 24h/dia e 7dias/semana, facilitando a comunicação dos autores com os interessados.

Figura 17 - Criação do *website*



Fonte: www.metodosbcb.com.br (2023).

3.4 Encerramento

Produto pronto:

Devido à falta de uma editora, a aluna resolveu imprimir o livro e fez diversos orçamentos, indo de R\$ 1,0 a R\$ 2,0 por folha. Como o livro tinha 220 páginas, seu custo de impressão ficaria entre R\$ 220 e R\$ 440 por livro, no formato brochura, o que inviabilizaria a sua produção.

Então, comprou-se uma impressora laser colorida e imprimiu-se cada livro individualmente, levando os miolos para encadernação em formato brochura. Hoje, existem três versões disponíveis do livro: digital, espiral e brochura, com a seguinte precificação:

1. Digital 1: gratuito para os alunos e professores das entidades parceiras. Basta que seja solicitado o livro digital, em caráter “oficial”, por *e-mail* (*metodosbcb@gmail.com*) ou *WhatsApp* (21.99157-5825).

1.1. Digital 2: preço de R\$ 30 ou 10 x R\$ 3,0 (cartão) para não estudantes/professores.

Observação: O livro digital é personalizado com o nome e o CPF de cada solicitante/adquirente, a fim de mitigar a pirataria e evitar aborrecimentos.

2. Espiral com impressão em jato de tinta: preço de R\$ 60 ou 10 x R\$ 6,0 (cartão).

3. Brochura com impressão em laser colorida: preço de R\$ 120 ou 10 x R\$ 12,0 (cartão).

O livro foi levado, em formato espiral, para a 40ª Bienal do Livro no Rio de Janeiro, de 01 a 10 de setembro de 2023, sendo apresentado a cada empresa expositora e novos contatos estão sendo feitos, a partir da Bienal.

Lançamento:

O livro impresso encontra-se disponível nas bibliotecas do CEFET-RJ, na Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), no Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, além de estar presente nas cinco regiões do Brasil e no exterior, no Instituto Politécnico de Bragança (IPB) e no Instituto Politécnico de Portalegre (IPPortalegre).

É importante ressaltar que os valores cobrados têm por objetivo, tão somente, mitigar os custos operacionais, posto que, neste caso, os autores e demais participantes renunciaram a qualquer retorno financeiro em prol da educação, fato que muito alegrou os autores em saber que ainda existem pessoas dispostas a contribuir voluntariamente para a educação no Brasil.

O livro teve uma tiragem inicial de 50 exemplares no formato brochura, 10 no formato espiral e até o momento, mais de 600 livros digitais já foram enviados, gratuitamente, para alunos e professores de todo o país.

O livro contou com três eventos:

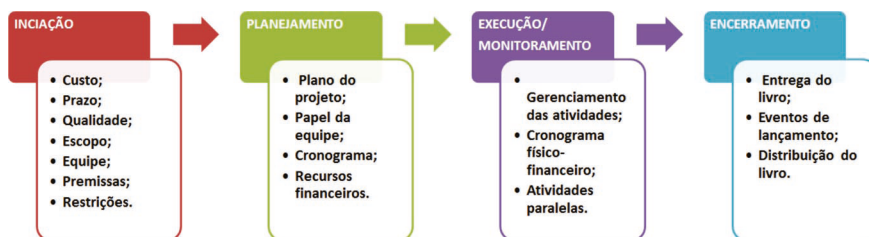
- 31/08/23: CEFET/RJ – pré-lançamento;
- 18/09/23: 51º COBENGE/RJ – lançamento oficial e exposição;
- 19/09/23: Clube de Engenharia do Rio de Janeiro – festa de lançamento.

Lições aprendidas:

Fazer um projeto desse porte foi extremamente desafiador e uma experiência ímpar, ainda mais por ter trabalhado com pessoas que queriam fazer o projeto acontecer.

Todos os envolvidos, direta ou indiretamente, foram extremamente dedicados e zelosos com as suas atribuições e as atividades desenvolvidas, conforme a Figura 18, o que permitiu a conclusão do projeto no prazo estabelecido.

Figura 18 - Etapas da Criação do Livro



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A realização do projeto em um prazo tão exíguo foi extremamente desgastante, porém, foi deveras gratificante também.

Uma equipe muito capacitada e comprometida não precisa de um gerente autoritário, basta uma comunicação clara e objetiva, em que as pessoas possam acompanhar o resultado do seu esforço acreditando que tudo é possível, desde que existam um planejamento e controle efetivo. Fundamental lembrar que todo planejamento deve considerar as contingências; no caso em questão, a falta de uma editora para a impressão do livro seria um exemplo.

Para encerrar, esperar o melhor momento para agir **pode** ser tão danoso quanto não fazer coisa alguma, isto é, conforme o adágio popular: “o ótimo é inimigo do bom”.

Frutos do Método SBCB:

- Participação do Fórum de Gestores/2023.
- Participação do EPPGEP + ENPPEPRO/2023.
- Participação no 52º Cobenge/2024 com três artigos aprovados (Figura 19).
- Participação do CIEEMAT/2024.
- Elaboração/implementação de Projeto de Pesquisa no CEFET-RJ.
- Projeto de Doutorado CEFET-RJ de 2024.

Figura 19 - Participação no 52º Cobenge



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Nosso especial agradecimento à Abenge, em particular à presidente Adriana Tonini, que, por acreditar em nossa proposta de trabalho, nos concedeu espaço para divulgação do nosso livro, durante o 52º Cobenge.

Considerações finais

O projeto concluiu as suas atividades dentro do prazo previsto, conforme o orçamento estabelecido e de acordo com os parâmetros de qualidade estabelecidos, ou seja, o projeto contemplou os critérios de custo, prazo, qualidade e escopo.

Cabe ressaltar que, sem a aplicação dos conceitos de gerenciamento de projetos, nada teria sido possível, porque:

Tempo: o prazo era diminuto, afinal, escrever um livro de 100 páginas em apenas 20 dias, a fim de participar da 40ª Bienal do Livro e do 51º Cobenge, o que era algo “impossível”, segundo muitos; mas, a utilização de atividades sobrepostas e iterativas tornou possível a otimização do tempo.

Custo: o orçamento era baixo, considerando o gasto governamental em educação, logo, o controle dos custos em consonância com o cronograma físico foi essencial para permitir o gasto extra com a impressora.

Qualidade: a criação de um livro totalmente colorido elevou a percepção de qualidade dos leitores e facilitou a leitura dos gráficos.

Escopo: pensado inicialmente como um livro de 100 páginas, o trabalho fluiu tão bem que alcançou 220 páginas.

Apesar de não termos conseguido ainda uma editora, a impressão e a distribuição do livro seguem sendo feitas pela GP, que continua contatando possíveis parceiros.

Ao compartilhar a experiência vivida com a criação do método e do livro, mais pessoas se interessam pela obra e contribuem com sugestões boas, ou seja, está surgindo uma rede de colaboração por causa do livro, a qual não existiria sem ele.

Uma ideia não precisa ser brilhante. Até a ideia mais simples pode ter um impacto gigantesco e mudar a vida de muitas pessoas.

Para encerrar, a coisa mais importante em tudo isso foi a visão distorcida de uma “aluna velha” que rompeu com o “*status quo*” e que teve o apoio único da sua professora que, com zelo e extrema paciência, corrigiu cada detalhe e explicou cada coisa do jeito que a aluna pudesse entender, dentro da sua realidade, e não na realidade da professora.

Como pontos relevantes do capítulo, podemos citar:

- Processo de ensino e aprendizagem a partir da escuta do discente.
- O Método permite que o discente aprenda a partir de memórias afetivas (as escolhas das palavras não são ao acaso, remetem à memória afetiva do discente, isso leva à memorização facilitadora da aprendizagem).

- O capítulo apresenta o estudo de caso da construção do método e outros conceitos fundamentais são demonstrados, como a gestão de projetos e o *marketing*.

O método e o livro estão servindo de base para o Projeto de Doutorado da referida aluna, que pretende levar a expertise adquirida para outras universidades e disciplinas no intuito de difundir as técnicas mnemônicas como uma ferramenta acessível e de baixo custo.

Como o método e o livro foram criados simultaneamente, o capítulo procurou retratar todo o caminho percorrido e como as técnicas de gerenciamento de projetos permitiram que as atividades ocorressem de forma harmoniosa.

Referências

AFYA. **Técnicas Mnemônicas**. Disponível em: <https://afya.com.br/>. Acesso em: 09 jun. 2023.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional (LDBEN)**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 10 maio 2024.

CALDAS AULETE. **Dicionário Aulete Digital**. Disponível em: <https://www.aulete.com.br/index.php> Acesso em: 25 fev. 2024.

CEBRASPE. **DPE-RO - Analista da Defensoria Pública - Psicologia**. Disponível em: https://www.cebraspe.org.br/concursos/dpe_ro_21_servidor. Acesso em: 18 dez. 2024.

CNN. **Educação brasileira está em último lugar em ranking de competitividade**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/educacao-brasileira-esta-em-ultimo-lugar-em-ranking-de-competitividade/>. Acesso em: 09 jun. 2023.

CUBO. **Mindset de inovação: conheça 6 passos para aplicar em empresas**. Disponível em: <https://blog.cubo.network/mindset-de-inovacao>. Acesso em: 18 dez. 2024.

DANTAS, Fabricia Lima Fontes *et al.* SARS-CoV-2 Spike protein induces TLR4-mediated long-term cognitive dysfunction recapitulating post-COVID-19 syndrome in mice, **Cell Reports**, v. 42, p. 1-21, 2023.

DEMING, W. E. **Qualidade: A Revolução da Administração**. Saraiva: Rio de Janeiro, 1990.

DWECK, Carol S. **Mindset: A nova psicologia do sucesso**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2017.

DINSMORE, Paul Campbell; SILVEIRA NETO, Fernando Henrique. **Gerenciamento de Projetos: Como gerenciar seu projeto com qualidade, dentro do prazo e custos previstos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

FOLHA. **Show do Milhão 2021**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/webstories/cultura/2021/10/a-historia-do-show-do-milhao/>. Acesso em: 10 maio 2024.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

G1. **Mais de 7 milhões de jovens brasileiros não estudam nem trabalham, diz Ministério do Trabalho**. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2023/05/27/nem-nem-71-milhoes-de-jovens-brasileiros-nao-estudam-nem-trabalham-diz-ministerio-do-trabalho.ghtml>. Acesso em: 18 dez. 2024.

GARDNER, Howard *et al.* **Inteligências múltiplas ao redor do mundo**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

GLASSER, William. **Teoria da Escolha**. Uma Nova Psicologia de Liberdade Pessoal. São Paulo: Mercuryo, 2001.

GONÇALVES, Paulo. **Maior pesquisa brasileira sobre efeito da Covid-19 no cérebro indica problemas neurológicos mesmo em quem teve sintomas leves**. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2022/03/14/maior-pesquisa-brasileira-sobre-efeito-da-covid-19-no-cerebro-indica-problemas-neurolgicos-mesmo-em-quem-teve-sintomas-leves.ghtml>. Acesso em: 30 nov. 2024.

HOUAISS. **Dicionário Houaiss Digital**. Disponível em: https://houaiss.uol.com.br/corporativo/apps/uol_www/v6-1/html/index.php#2. Acesso em: 18 nov. 2024.

IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 09 jun. 2023.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de Marketing**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasi, 2012.

LORENZ, Edward N. **A Essência do Caos**. Brasília: Universidade de Brasília, 1996.

MAXIMIANO, Antônio. **Introdução à Administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MEC. **Identificar as vogais e seu papel nas sílabas e nas palavras**. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>. Acesso em: 03 out. 2023.

MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua inglesa**. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br>. Acesso em: 03 out. 2023.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. **Gestão do Conhecimento**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

OCDE. **Manual de Oslo**: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Paris: OCDE, 2013.

OLIVEIRA, Djalma Pinho de Rebouças. **Sistemas de Informações Gerenciais**: estratégias, táticas e operacionais. São Paulo: Atlas, 2020.

ONU. **ODS 4: Educação de qualidade**. Disponível em: <https://br18asil.un.org/pt-br/sdgs/4>. Acesso em: 18 dez. 2024.

PALUDO, Augustinho. **Administração Pública**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2015.

PIAGET, Jean. **A formação do símbolo na criança**: imitação, jogo, sonho e representação. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

PMI. Project Management Institute. **Guia PMBOK®**: Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. 6. ed. EUA: Project Management Institute, Inc., 2017.

RAZ, Joseph. **Valor, respeito e apego**. Trad. Vadim Nikitin. São Paulo: Martins Fontes, 2004, p. 129.

RIBAS, Raphaela. **Faça você mesmo: restaurantes vendem ingredientes a quem quer dar toque de chef em casa.** Rio de Janeiro: O GLOBO, 2020. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/apoieonegociolocal/faca-voce-mesmo-restaurantes-vendem-ingredientes-quem-quer-dar-toque-de-chef-em-casa-24457709>. Acesso em: 03 out. 2023.

ROBBINS, Stephen P.; JUDGE, Timothy A.; SOBRAL, Filipe. **Comportamento Organizacional.** Tradução de Rita de Cássia Gomes. 14. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2014.

ROCHA, Felipe Lira. **Ciclo de Vida de Projeto.** Disponível em: <https://felipelirarocha.wordpress.com/2013/07/13/ciclo-de-vida-de-projeto/>. Acesso em: 03 out. 2023.

SECURATO, José Claudio. **Onlearning - Como a Educação Disruptiva Reinventa a Aprendizagem.** São Paulo: Saint Paul, 2017.

SILVA, Mônica Roberta; CALADO, R. G. G.; QUELHAS, Osvaldo L. G. **A Criação do Rosa Index (*Return of Social Actions Index* ou Índice de Retorno das Ações Sociais) a Partir da Lógica Fuzzy e do *Balanced Scorecard Social* (BSCS).** In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015, Rio de Janeiro. XI CNEG - Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015. Anais eletrônicos.

SILVA, Mônica Roberta; BACALTCHUK, Cristiane M. B.; CASTELLO BRANCO, Gilberto A. **Técnicas Mnemônicas como Ferramenta nos Estudo de Geometria Descritiva. Estudo de Caso: CEFET-RJ.** In: 51º. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e VI Simpósio Internacional de Educação em Engenharia, 2023, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4648.

SILVA, Mônica Roberta; CASTRO, Dagmar Silva Pinto de; ALMEIDA, Maria Augusta Guimarães de. **Método SBCB de geometria descritiva: o 1º livro de GD criado por meio de técnicas mnemônicas.** Rio de Janeiro: Ed. dos Autores, 2023.

SILVA, Mônica Roberta; BACALTCHUK, Cristiane M. B.; CASTELLO BRANCO, Gilberto A.; ALVES, Laís Amaral; VIEIRA, Gisele Maria Ribeiro. **Técnicas de Gerenciamento de Projetos Aplicadas na Criação de Metodologias de Ensino. Estudo de Caso: Método SBCB de Geometria Descritiva.** In: 52º. Congresso Brasileiro de

Educação em Engenharia (COBENGE) e VII Simpósio Internacional de Educação em Engenharia, 2024, Vitória. Anais eletrônicos. DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5372.

SILVA, Mônica Roberta; BACALTCHUK, Cristiane M. B.; CASTELLO BRANCO, Gilberto A.; ALVES, Laís Amaral; VIEIRA, Gisele Maria Ribeiro. **Projeto Legacies Of Knowledge (Projeto LOK): Aplicação do Aprendizado em Micromomentos**. In: 52º. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e VII Simpósio Internacional de Educação em Engenharia, 2024, Vitória. Anais eletrônicos. DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5360.

SILVA, Mônica Roberta; BACALTCHUK, Cristiane M. B.; ALVES, Laís Amaral; PASTORE, Dayse Haime; GOMES, Bernardo José. **Desenvolvimento de Metodologia Ativa para Melhoria do Desempenho e Mitigação do Abandono Escolar**. In: 52º. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e VII Simpósio Internacional de Educação em Engenharia, 2024, Vitória. Anais eletrônicos. DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5311.

SILVA, Mônica Roberta. **Técnico Bancário Novo**. Conhecimentos Específicos. Rio de Janeiro: Reta de Chegada, 2024.

SIMÕES, Marcelo Godoy; SHAW, Ian S. **Controle e Modelagem Fuzzy**. São Paulo: Blucher Fapesp, 2007.

SKILLPLACE. **Mindset de Aprendizado Contínuo**: Impulsionando o Desenvolvimento de Competências. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/mindset-de-aprendizado-cont%C3%ADnuo-impulsionando-o-desenvolvimento-nopbf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

TOTVS. **Metodologias ativas de aprendizagem**: o que são e 15 tipos. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/instituicao-de-ensino/metodologias-ativas-de-aprendizagem/>. Acesso em: 18 dez. 2024.

TOTVS. **Soft skills**: guia completo. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-para-recursos-humanos/soft-skills/>. Acesso em: 18 dez. 2024.

TOTVS. **Lifelong Learning**: Qual é a importância para as organizações? Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-para-recursos-humanos/lifelong-learning/>. Acesso em: 18 dez. 2024.

TOTVS. **OKR**: o que é, benefícios, exemplos e como definir. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/negocios/okr/#:~:text=Como%20surgiu%20o%20m%C3%A9todo%20OKR,subjetividade%20e%20evitando%20atalhos%20ineficazes>. Acesso em: 18 dez. 2024.

UOL. **Gasto por aluno no Brasil é o 3º pior entre 42 países, diz OCDE**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br>. Acesso em: 03 out. 2023.

VIEIRA, Dimitri. **O que é *Storytelling*?** Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/>. Acesso em: 25 maio 2024.

YIN, Robert. Kuo-zuir. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

O IMPACTO DAS DCNs DE ENGENHARIA NA CONCEPÇÃO DE CURSOS DE GRADUAÇÃO NA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

Moura, R. T.¹

Rebder, G. P.²

Lymberopoulos, A.³

Fernandes da Silva, E. C.⁴

Fagundes, P. L.⁵

Kubl, N. M.⁶

Higa, R.⁷

Brandão, L. O.⁸

Seckler, M. M.⁹

Kurokawa, F. A.¹⁰

Seabra, A. C.¹¹

Kawano, A.¹²

¹ Escola Politécnica da USP.

² Escola Politécnica da USP.

³ Instituto de Matemática e Estatística da USP.

⁴ Instituto de Física da USP.

⁵ Instituto de Matemática e Estatística da USP.

⁶ Instituto de Matemática e Estatística da USP.

⁷ Instituto de Física da USP.

⁸ Instituto de Matemática e Estatística da USP.

⁹ Escola Politécnica da USP.

¹⁰ Escola Politécnica da USP.

¹¹ Escola Politécnica da USP.

¹² Escola Politécnica da USP.

Introdução/Motivação

Ao mesmo tempo que é lugar-comum dizer que os dois primeiros anos do curso de engenharia e, principalmente, o primeiro, devem formar a base para os anos de estudo seguintes, poucos se atentam ao fato de que essa preparação pode não ser eficiente devido à estrutura da própria instituição de ensino superior (IES), geralmente organizada em unidades independentes. Essa independência se projeta nos conteúdos e nas abordagens das disciplinas oferecidas, resultando em um descompasso entre linguagens, notações e interpretações que, por vezes, resvalam em usar o mesmo nome para grandezas opostas, como é o caso da aceleração de Coriolis, ou pela repetição não planejada de demonstração do mesmo teorema de conservação de massa ou da Lei de Gauss em disciplinas sequenciais diferentes, como se fosse a primeira vez.

O período de dois anos apresenta uma oportunidade preciosa como ponto de convergência significativo entre unidades acadêmicas distintas da mesma IES. Em tempos nos quais a engenharia cada vez mais se beneficia da interação com as ciências básicas e aplicadas, surgem oportunidades para atuações interdisciplinares em colaboração com outros departamentos da mesma unidade ou de unidades distintas em termos de pesquisa, inclusive nas ciências da educação aplicadas à engenharia.

Trata-se de um espaço no qual podemos discutir estratégias para assegurar uma formação sólida, abrangente e interdisciplinar de nossos estudantes. O relatório do MIT (2018), referindo-se à UCL (University College London), menciona que em pesquisa se trabalha acentuadamente de maneira interdisciplinar enquanto em educação os departamentos são independentes e trabalham em silos.

Ao preparar nossos estudantes promovendo um ambiente interdisciplinar, eles estarão mais capacitados a aprender e dominar os vários conceitos das ciências da engenharia, que são a continuação natural do ciclo básico, sem sobressaltos devido às diferenças de linguagens, abordagens e pontos de vista, tendo maior adaptabilidade cultural. De fato, a grande dificuldade que um estudante, futuro engenheiro, enfrenta é o descompasso entre sua expectativa cultural e o que lhe é oferecido no ciclo básico; e, posteriormente, entre sua formação nos dois primeiros anos e sua transição para as ciências da engenharia, onde impera outra cultura.

O ponto crucial é a coexistência de culturas advindas de tradições diferentes que se diferenciaram ao longo do tempo. A questão cultural foi realçada por Charles Percy Snow (1905–1980) que foi um físico nuclear e romancista inglês. Em 1959, por ocasião de uma palestra em Cambridge, Snow postulou sua tese de que havia um

abismo separando os mundos dos cientistas e dos intelectuais das humanidades. No mesmo ano, publicaria a palestra em um artigo e a expandiria em um livro, publicado em 1959 e revisado em 1963.

Ele argumentou que no Reino Unido havia um antagonismo entre as ciências e as humanidades, havendo uma supervalorização desta última, em detrimento de uma básica formação científica. Snow explica que a palavra cultura tem dois sentidos principais. O primeiro é o de “desenvolvimento intelectual, desenvolvimento da mente”, e um segundo, usado por antropólogos para denotar um grupo de pessoas que vivem no mesmo ambiente, ligadas por hábitos comuns. A existência desses dois sentidos foi a razão para a escolha do título de seu livro, pois os cientistas, de um lado, e os literatos, de outro, realmente existem como culturas dentro da esfera de ação da antropologia. As diferenças culturais não existem somente entre as humanidades e as ditas ciências exatas, mas também entre a matemática, a física e a engenharia.

Por exemplo, Godfrey Harold Hardy (1940), grande matemático que deu contribuições à análise matemática e à teoria dos números, conhecido por ter sido mentor do matemático indiano Srinivasa Ramanujan, orgulhava-se de que sua obra não tinha aplicações práticas, assim como Euclides. Arquimedes (cuja face está no timbre do Instituto de Matemática e Estatística da USP), mesmo tendo inventado várias máquinas, considerava a atividade técnica como menor e dedicava sua ambição aos objetos cuja beleza e excelência estavam livres de qualquer preocupação com a necessidade prática.

Claramente essa abordagem é bem distinta daquela de um engenheiro que vê a matemática como um instrumento poderoso, entre outros meios, para o seu trabalho na modelagem e simulação de sistemas visando à solução de problemas advindos de necessidades sociais. Sobre o outro eixo, está a Física, cujo interesse maior é explicar o mundo por meio de teorias gerais. A diferença entre o enfoque de um curso de Mecânica Geral oferecido pela unidade de Engenharia e o de mecânica oferecido pela unidade de Física é clara quando se considera a aceleração de Coriolis.

Para um engenheiro, o enfoque é sobre o mecanismo de uma máquina, para se conhecerem as forças agentes em uma peça, visando ao seu projeto, e para um físico, trata-se de uma força de inércia observada a partir de um referencial não inercial, que explica observações feitas sobre o planeta Terra. A diferença de enfoque tem pelo menos uma consequência prática para o aprendizado dos conceitos: nessas duas disciplinas distintas, os sinais das acelerações de Coriolis são trocados.

O salto cultural entre o ciclo básico e as ciências da engenharia se faz sentir quando todo o rigor de conceitos como derivada, gradiente, integral, aceleração, força, energia, entre outros, dá lugar a outra abordagem com valorização de resultados práticos, em que tudo o que foi supostamente aprendido anteriormente deve ser evocado e aplicado. Sem preparação e sem uma articulação integrada entre os professores, essa é uma tarefa muito difícil para os estudantes desenvolverem individualmente.

Princípios básicos

Do ponto de vista do estudante, a construção de um ciclo básico de cursos oferecidos por unidades independentes forma um sistema de forças centrífugas, com pouca chance de convergência. Quando se observam ementas de cursos como Cálculo 1 e Física 1, percebe-se o porquê professores de física, e não os de cálculo, devem apresentar derivadas antes que conceitos como limites e continuidade sejam formalmente vistos em Cálculo 1. O mesmo pode ser dito sobre vetores, que é o assunto principal de Álgebra Linear, prematuramente aplicado em Física 1.

A consequência dessa falta de sincronismo é a perda do potencial que uma ideia poderia haver sobre outra e, naturalmente, o desperdício de tempo ao apresentar um conceito de forma prematura e muitas vezes em notação distinta. Uma possibilidade muitas vezes aventada é manter a unidade disciplinar deslocando-se por exemplo Física I para um semestre subsequente. Neste caso, a fragmentação continua existindo, uma vez que não há um diálogo permanente entre as disciplinas e os conceitos vistos anteriormente são explorados com intervalos de tempo exageradamente grandes, não permitindo que o próprio estudante faça a conexão imediata das abordagens e aumente sua motivação.

O primeiro princípio, portanto, é buscar um sincronismo de apresentação das ideias da matemática e da física, em que de preferência as desta última sirvam de motivação concreta para as da primeira e ambas estejam alinhadas em notação e temporalmente. Alfred North Whitehead, matemático e filósofo, conhecido por ter escrito com Bertrand Russel o monumental “Principia Mathematica”, nos oferece a ideia das “ideias inertes” dentro de um currículo. Segundo ele, deve-se ter o cuidado com o que ele chama de ‘ideias inertes’, isto é, ideias que são simplesmente recebidas pela mente sem serem utilizadas, testadas ou combinadas de novas maneiras (Whitehead, 1929).

Whitehead (1929) se coloca uma pergunta retórica. Vamos agora voltar às equações quadráticas. Ainda temos em mãos a pergunta sem resposta: Por que as crianças deveriam aprender a solucioná-las? A menos que as equações quadráticas se encaixem em um currículo conectado, é claro que não há motivo para ensinar nada sobre elas. O que preconiza Whitehead, que se interessava pela reforma do sistema educacional inglês, é relacionado, porém distinto, do que dizia Lev Vygotsky através do seu conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (Kozulin *et al.*, 2003), no qual o estudante é levado a progredir suavemente, estimulado por novas situações, sempre se baseando em conhecimentos previamente bem estabelecidos dentro de um contexto sociocultural.

O segundo princípio é que tudo, dentro da ementa, deve ter aplicação quase imediata, de preferência, uma aplicação cruzada entre uma ideia da matemática e outra da física. Se não houver aplicação em vista, provavelmente o tópico não faz parte do núcleo vital da disciplina. Por exemplo, a introdução de derivadas e integrais é justificada pela aplicação em mecânica, transformada de Laplace em circuitos elétricos e em equações da dinâmica e controle mecânico.

A teoria dos números também tem aplicações na Engenharia, porém em nichos tecnológicos e, portanto, sua apresentação poderia ser adiada a cursos de pós-graduação, não entrando no núcleo do Ciclo Básico. Por outro lado, a análise complexa, que frequentemente é deixada de lado, tem grandes aplicações imediatas nas ciências da Engenharia, como em mecânica dos fluidos, circuitos elétricos, teoria de controle e em transformadas de Laplace e de Fourier, que têm aplicações múltiplas em outros tópicos da Engenharia. Portanto, esse princípio pode ser usado para identificar-se temas a serem incluídos ou excluídos do elenco de cursos do Ciclo Básico.

1. Princípios institucionais da reestruturação curricular

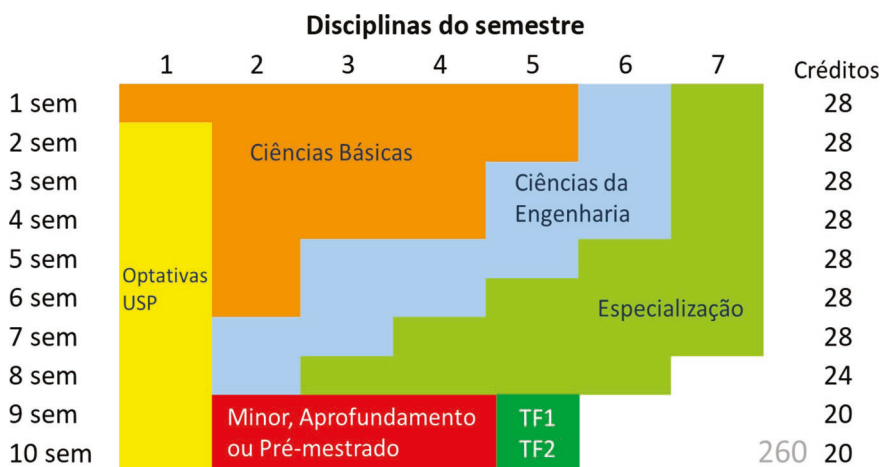
A partir do primeiro e do segundo princípios postulados anteriormente, a Escola Politécnica (Poli-USP), o Instituto de Matemática e Estatística (IME-USP) e o Instituto de Física (IF-USP) da Universidade de São Paulo (USP) desenvolveram novas estruturas curriculares para o primeiro e segundo anos de Engenharia dentro da transformação proposta pelas atuais Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino de Engenharia (DCNs) estabelecidas pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) em 2019 (Ministério da Educação, 2019).

A Poli-USP oferece 17 cursos de engenharia e admite 870 novos ingressantes por ano. O curso de engenharia é realizado em período integral e planejado para

ter uma duração de cinco anos. Quinze cursos são no modelo semestral tradicional, com disciplinas semestrais. Dois cursos seguem o mesmo modelo semestral até o 2º ano e a partir do 3º ano seguem um modelo quadrimestral/cooperativo, no qual os estudantes têm atividades 12 meses por ano em blocos quadrimestrais intercalados: um quadrimestre acadêmico, seguido de um quadrimestre apenas de estágio integrado ao curso, depois novamente um quadrimestre acadêmico e assim por diante até o final do curso. O modelo quadrimestral é chamado cooperativo porque o quadrimestre de estágio é definido com a cooperação de empresas.

A Figura 1, nas áreas “Ciências Básicas” ilustra o conceito de núcleo comum, o conceito de disciplinas das “Ciências da engenharia” e de disciplinas específicas de determinada área da Engenharia, consideradas como “Especialização”.

Figura 1 - Estrutura conceitual dos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da USP a partir de 2014



Fonte: Elaborado pelos autores.

Todos os cursos, independentemente se semestrais ou quadrimestrais, seguem praticamente a mesma estrutura nos dois primeiros anos, o que permite, em havendo vagas, uma mobilidade dos estudantes entre os cursos. Esse modelo teve sua última atualização em 2014 e possui um núcleo comum a todos os cursos que é composto das disciplinas das ciências exatas (4 cálculos, 2 álgebras lineares, 1 programação, 1 cálculo numérico e 4 físicas, estas últimas com seus laboratórios).

No 5º ano os estudantes podem optar por seguir no curso que ingressaram ou fazer um módulo de último ano em outra área da engenharia, ou ainda fazer um módulo que também dá créditos para o mestrado, chamado de pré-mestrado, destacados como “Minor, Aprofundamento ou pré-mestrado”.

A combinação entre disciplinas das ciências exatas e ciências da engenharia ocorre desde o primeiro semestre de curso com o objetivo de possibilitar aos estudantes um contato com sua área de interesse desde o início de seu curso.

Todos os cursos são considerados de carga horária elevada (em torno de 28 créditos-aula por semestre nos 3 primeiros anos, 24 créditos-aula no 4º ano e 20 créditos-aula no último ano) e focam apenas em conteúdos, na maioria desconexos e/ou não alinhados temporalmente. No início do curso, essa elevada carga horária conteudista é composta por cerca de 8 disciplinas por semestre (de 4 ou 2 créditos-aula). Para efeito comparativo, renomados cursos de engenharia no exterior têm em geral 20 créditos-aula e 4 disciplinas por semestre, pois consideram explicitamente a dedicação total esperada do estudante (*workload*), e não apenas a presença em sala de aula.

As estimativas realizadas na Poli-USP têm indicado que os cursos demandam entre 70 e 90 horas semanais de dedicação total. Outros cursos de engenharia no Brasil, como os cursos oferecidos no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), indicam uma dedicação total do estudante de 52 horas por semana, sendo 19 horas em sala de aula (ITA, 2025). Os cursos da Poli-USP são presenciais e realizados na cidade de São Paulo, onde uma grande parte dos estudantes necessita de 2 horas para deslocar-se de casa até a IES, fato que deve ser considerado no planejamento da estrutura curricular.

As atuais DCNs de Engenharia, promulgadas em 2019, enfatizam a educação por competências integradas aos conteúdos. Elas também passaram a destacar a aprendizagem ativa em detrimento da aprendizagem passiva. Trata-se de uma mudança conceitual de grande impacto no desenho dos cursos de engenharia. A Poli-USP iniciou sua jornada nessa nova proposta participando do Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação em Engenharia (PMG), onde seu curso de Engenharia Química participa desse programa.

Desde então a Poli-USP vem desenvolvendo seus Planos Pedagógicos de Curso com base nessas diretrizes e ensinamentos. Como mostrado na Figura 2, iniciou-se definindo o perfil do egresso e as competências gerais e específicas a serem desenvolvidas para cada curso, a fim de alcançar o perfil desejado para os egressos (Gianesi, 2020).

Figura 2 - A graduação por competências nos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da USP (2024-2025)



Fonte: Elaborado pelos autores.

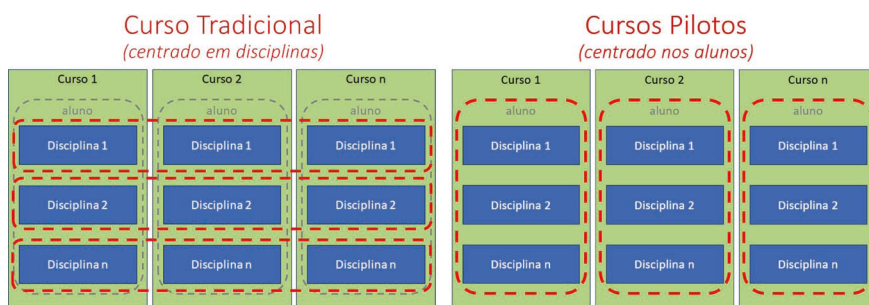
Em seguida, identificaram-se as habilidades que seriam avaliadas/mensuradas como indicativo do desenvolvimento das competências estabelecidas, e como elas seriam concatenadas através das unidades curriculares de cada curso. Estabeleceram-se então os objetivos de aprendizagem de cada unidade curricular e os conteúdos necessários para se atingir os níveis desejados de desenvolvimento de competências e habilidades em cada uma delas, uma vez que determinada competência é desenvolvida ao longo do curso e não em uma unidade curricular apenas. Também foram selecionadas metodologias pedagógicas e formas de avaliação a serem utilizadas em cada atividade (Talbert, 2019).

Em específico, a transformação nos dois primeiros anos partiu da substituição de disciplinas por Unidades Curriculares (UC) e da redução de UCs simultâneas. Em especial, as disciplinas tradicionais de Física, Álgebra Linear e Cálculo foram fundidas em uma única UC de “Fundamentos Científicos para Modelagem em Engenharia” (UCF), com número equivalente de créditos ao tradicional e sendo ministrada por meio de uma parceria de docentes do IME-USP, do IF-USP e da Poli-USP, ou seja, a Poli-USP também participando da equipe, fato novo dentro da realidade dessa instituição.

Nesse sentido, foi dada autonomia a cada UCF de curso/turma para que seguisse no ritmo adequado aos seus estudantes, a partir de uma avaliação diagnóstica ini-

cial, mas tendo como base uma ementa única para todas as UCFs nas quais pode-se tratar com maior ou menor profundidade cada tópico. Assim garante-se a equivalência acadêmica entre UCFs de diferentes cursos (e a mobilidade estudantil entre cursos) ao mesmo tempo que assegura a personalização para cada turma/curso.

Figura 3 - Curso centrado em disciplinas: o diálogo ocorre entre docentes das diferentes turmas de uma mesma disciplina, não importando as características dos cursos e o perfil dos estudantes envolvidos. Curso centrado no estudante: o diálogo ocorre entre disciplinas distintas de um mesmo curso e com a mesma turma de estudantes



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para garantir a amarração institucional da UCF, estabeleceu-se como premissa que, havendo provas somativas, estas são integradoras, evitando-se provas somativas separadas para cálculo, álgebra linear e física, o que torna essencial o diálogo entre os docentes da UCF. Cada UCF pode aplicar essas provas no momento adequado de sua turma, não ficando subordinada a uma data específica estabelecida por todos os docentes de uma determinada disciplina. Assim, as provas somativas passam a ser aplicadas no momento adequado para cada turma. A Figura 3 ilustra a diferença entre o modelo convencional (tradicional - centrado em disciplinas) e o modelo competências – centrado no aluno e no curso.

Como no modelo de curso centrado em disciplinas o diálogo ocorre entre docentes das diversas turmas de uma mesma disciplina, com provas iguais e aplicadas ao mesmo tempo para todos os grupos de estudantes, não se identificam as peculiaridades de cada turma. Nesse modelo, há um afastamento entre os docentes de diferentes disciplinas, o que compromete significativamente a coerência dos conteúdos

abordados entre elas. Além disso, também ocorre um distanciamento entre os estudantes, e destes com os docentes.

No curso centrado no estudante, o diálogo ocorre entre disciplinas distintas oferecidas para um mesmo curso/estudantes, adequando-se às peculiaridades de cada turma. As avaliações são integradas e realizadas por turma, considerando o ritmo de cada turma e o entrelaçamento entre as UCs de cada grupo de estudantes. O curso centrado no estudante promove o diálogo entre docentes de uma mesma turma, destes com os estudantes da turma e dos próprios estudantes entre si.

A maioria dos cursos da Poli-USP iniciou este processo em 2025, mas o presente trabalho apresenta os resultados preliminares obtidos com dois cursos que optaram por realizar essa mudança ainda durante sua gestação, o curso piloto de Engenharia Elétrica (Piloto 1), oferecido para 30 ingressantes dos 170 ingressantes de Engenharia Elétrica de 2024, e o curso de Engenharia Mecatrônica (Piloto 2), oferecido para todos os 61 ingressantes desse curso em 2024. Ressalte-se que, ainda em 2024, o curso de Engenharia Química também iniciou sua transformação.

Além de deslocar o modelo de “curso centrado em disciplinas” para um modelo de “curso centrado no estudante”, esses dois percursos formativos empregam metodologias de aprendizagem ativa, saindo do modelo de “aula centrada no professor” para a aula “centrada no estudante”. Os dois cursos pilotos de 2024 seguem modelos transformadores e distintos entre si, que serão descritos a seguir.

2. Novas estruturas curriculares

A participação do curso de Engenharia Química no Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação em Engenharia - PMG (Capes, 2019) pode ser considerada o primeiro grande marco na reestruturação de cursos de graduação da Poli-USP visando adequar-se às DCNs atuais. Mais do que estabelecer uma prescrição para construção de cursos, essa participação permitiu ampliar os horizontes e entrar em contato com outras sete iniciativas de reformulação de cursos de engenharia no Brasil, além de possibilitar um contato muito forte com instituições estadunidenses de renome.

A partir desses ensinamentos, a Poli-USP passou a se organizar de forma institucional para planejar as novas estruturas curriculares e neste tópico são apresentados dois cursos que já em 2024 implementaram suas concepções. Também será exibida a estratégia adotada para implementação de uma reformulação em um número maior de cursos em 2025.

2.1 O Piloto 2024 da Engenharia Elétrica

O curso de Engenharia Elétrica possui uma turma ingressante de 170 estudantes, e manteve em 2024 o curso tradicional para 140 estudantes (com 8 disciplinas) e ofereceu o PEC - Percurso Elétrica Competências (Piloto 01) para 30 estudantes. Essa reestruturação contou com financiamento da Pró-reitoria de Graduação da USP através do edital “Novos Currículos para um Novo Tempo” (2000-2001).

Como mostra a Tabela 1, o perfil de ingressantes no Piloto 01 e no curso tradicional seguiu um padrão similar, o que permitirá uma comparação de desempenho acadêmico no 4º ano, uma vez que essas turmas vão se mesclar.

Tabela 1 - Perfil dos ingressantes do Piloto 01 e da Engenharia Elétrica

	Percurso (30)	Elétrica toda (170)
Ampla concorrência	12 (40%)	75 (44%)
Escola Pública	13 (43%)	71 (42%)
Provão Paulista	5 (17%)	23 (14%)

Fonte: Elaborado pelos autores.

No Piloto 01 definiram-se seis competências a serem desenvolvidas:

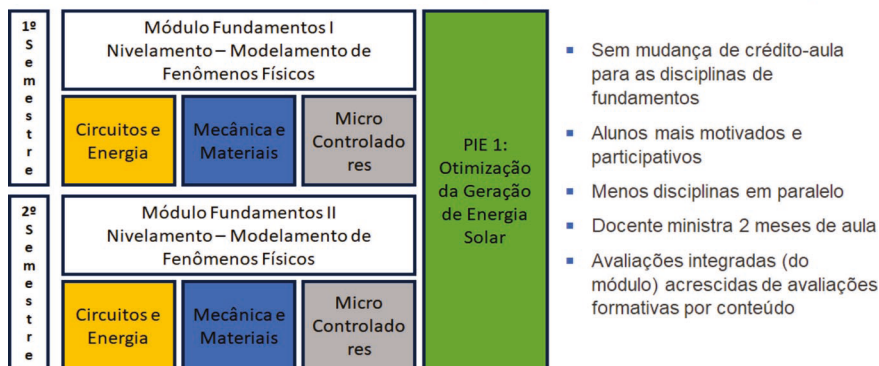
- CT 1.1 Modelar e simular fenômenos
- CT 1.2 Conceber soluções inovadoras em Engenharia Elétrica
- CT 1.3 Desenvolver projetos de engenharia
- CSE 2.1 Aprender de forma autossuficiente e contínua
- CSE 2.2 Trabalhar em equipes multidisciplinares e multiprofissionais
- CSE 2.3 Comunicar de forma eficaz e eficiente

No modelo proposto, um estudante ingressante padrão deve dedicar um esforço total semanal de 40 horas, envolvendo aulas, trabalhos e estudos. Nos dois primeiros meses há apenas duas UCs, uma chamada de Módulo de Fundamentos Científicos que engloba conceitos de Cálculo, Física, Álgebra Linear, Computação e Métodos Numéricos, e outra denominada Projeto Integrador Extensionista (PIE), como mostrado na Figura 4. Após dois meses eles passam a ter três disciplinas em paralelo, Circuitos e Energia, Mecânica e Materiais e Microcontroladores. Assim, os estudantes

têm apenas três UCs e o PIE em paralelo, contra oito disciplinas do percurso tradicional, mantendo o equivalente a 28 créditos-aula por semestre (23 créditos-aula e cinco créditos trabalho).

Figura 4 - 1º ano do Piloto 01 (Elétrica) implementado em 2024

Estrutura Curricular (Elétrica – 1º ano)



Fonte: Elaborado pelos autores.

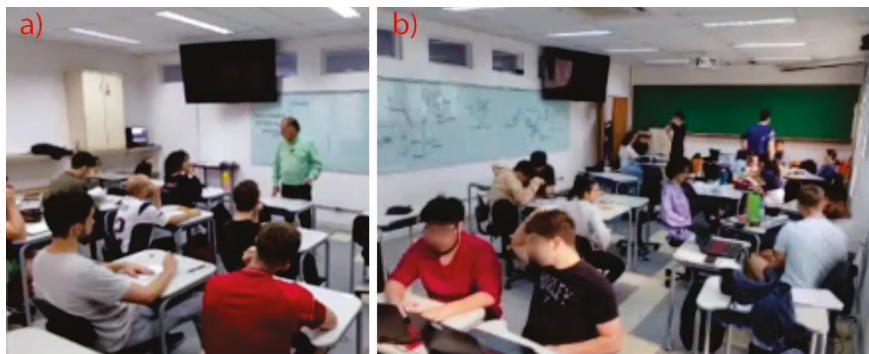
Neste modelo, as disciplinas fundamentais de ciências exatas não sofrem redução de carga horária de aulas, mas passam por uma integração, com alinhamento temporal e ajuste de conteúdo, permitindo a aplicação de metodologias ativas em sala de aula. Com isso, são menos disciplinas em paralelo, o que potencializa melhores resultados de aprendizagem, especialmente por empregar aulas que intercalam aprendizagem ativa e momentos expositivos, como ilustra a Figura 5.

As UCs de fundamentos têm avaliação somativa integrada e avaliações formativas focadas em conteúdos específicos indicados por cada docente e de comum acordo entre todos os docentes envolvidos.

Os projetos integradores extensionistas foram definidos associando-se as UCs que os estudantes estão acompanhando com uma aplicação de engenharia voltada à sociedade. Foram escolhidos os seguintes projetos integradores para os três anos do PEC:

- Otimização da geração de energia solar fotovoltaica (1º ano);
- Sistema de alerta de desastres naturais;
- Prevenção e monitoramento de epidemias;
- Sociedade conectada eficiente.

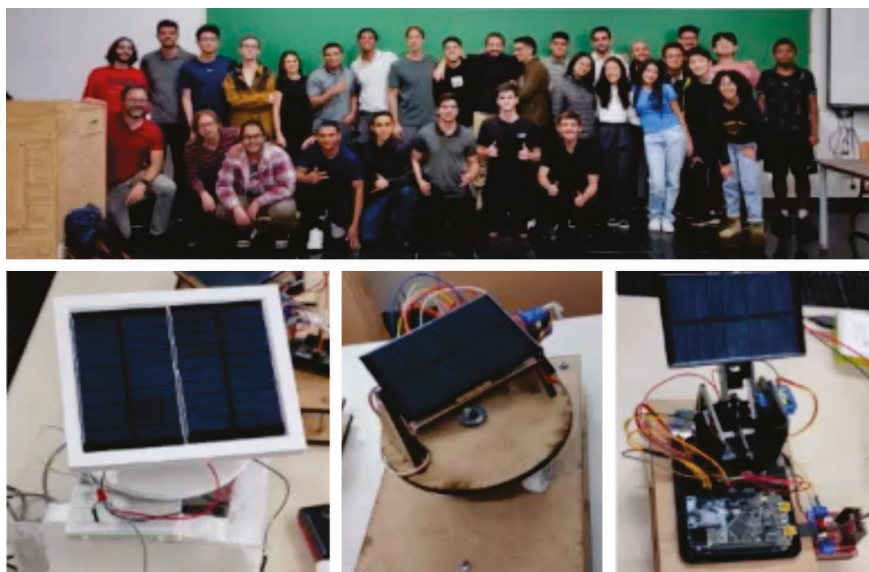
Figura 5 - Aula do Módulo de Fundamentos II em duas ocasiões distintas:
a) momento expositivo; b) momento ativo



Fonte: Acervo dos autores.

A Figura 6 apresenta alguns dos projetos conceituais de geração de energia solar fotovoltaica desenvolvidos ao longo do 1º semestre.

Figura 6 - Primeira turma do Piloto Elétrica (2024) durante apresentação dos projetos de “Otimização da Geração de Energia Solar” no primeiro semestre de curso



Fonte: Acervo dos autores.

Embora o Piloto 01 (Elétrica) tenha mantido 28 créditos-aula por semestre, eles estão dimensionados para uma dedicação acadêmica total máxima de 40 horas por semana (*workload*). Adicionalmente, fez-se uma readequação de horários diários de entrada nas unidades curriculares, que se iniciam às 8h e não mais às 7h30 como tradicionalmente ocorria, uma vez que na cidade de São Paulo o deslocamento médio casa-universidade é de duas horas, que não deve ser comparado com Ensino Básico ou mesmo Ensino Médio, no qual geralmente há a disponibilidade de escolas no entorno da residência familiar do estudante. O objetivo neste caso é permitir que os estudantes tenham oportunidade de descanso, o que melhora o aprendizado (Yeo *et al.*, 2023).

A construção desse novo desenho curricular foi feita de forma colaborativa com a participação de mais de 20 docentes das três unidades curriculares envolvidas, especialistas externos e representantes discentes.

2.2 O Piloto 2024 da Engenharia Mecatrônica

O Piloto 02 (Engenharia Mecatrônica), envolve os 61 ingressantes desse curso de 2024, e realiza no primeiro ano uma integração dos conceitos de física, cálculo e álgebra linear em uma única UCF, chamada Fundamentos e Modelagem em Engenharia, alinhando e otimizando os conteúdos e carga horária total. No primeiro semestre existem outras cinco disciplinas em paralelo. Apesar de estas manterem em grande parte o formato tradicional, ocorreram mudanças como trabalhos que envolviam e contribuíram com a nota em mais de uma disciplina simultaneamente: os desenhos de fabricação do projeto final de Introdução à Engenharia Mecatrônica contaram com a orientação da disciplina de Representação Gráfica. Além disso, a disciplina Introdução à Engenharia Mecatrônica está no formato de competências desde 2019, trabalhando inclusive aspectos éticos da engenharia. A Estrutura Curricular está detalhada na Figura 7.

Adicionalmente, na UCF, não houve redução de carga horária para desenvolvimento dos conceitos e sim integração, alinhamento temporal e ajuste de conteúdo, o que resultou na proposta de conteúdo da Figura 8 para o 1º semestre. Esse ajuste focou na melhor evolução de conhecimentos para o aluno, gerando uma rotação contínua dos professores de diversas disciplinas. O efeito foi a eliminação de uma sobreposição tradicional do curso de Engenharia, no qual o aluno aprende derivadas em Física, pois ainda está estudando limites em Cálculo. Apenas esta revisão proporcionou mais de um mês de aula, que foi utilizada com exercícios e foco em aprendizagem ativa. Outra mudança na UC foi a inserção de física estática, sendo uma aplicação física imediata de Álgebra Linear. O mesmo foi feito para os semestres 2 e 3 subsequentes.

Figura 7 - 1º ano do Piloto 02 (Mecatrônica) implementado em 2024

Estrutura Curricular (Mecatrônica 1º ano)

1º S e m e s t r e	Fundamentos e Modelagem em Engenharia I (14)	Introdução à Engenharia Mecatrônica (4)	Introdução à Computação (4)	Química Aplicada (2)	Fundamentos de Ciências dos Materiais (2)	Representação Gráfica (3)
2º S e m e s t r e	Fundamentos e Modelagem em Engenharia II (12)	Introdução à Economia e Administração (4)	Mecânica (6)	Manufatura Mecânica I (4)	Embarcados (3)	

Fonte: Elaborado pelos autores.

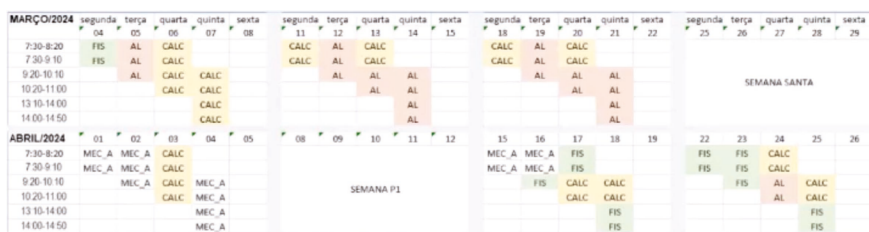
Figura 8 - Sequência de temas para o 1º semestre integrando conceitos de Cálculo (laranja), Física (azul) e Álgebra Linear (verde) na UCF do Piloto 02 (Mecatrônica)

1º Módulo 13CA	MAT2453 6CA	4323101 3CA	MAT2457 4CA	Estática	
Introdução de Física -> Newton, Forças, Movimento -> Integração Física-Matemática					
Limites e Derivadas					
Pré-fundamentos Álgebra Linear (matrizes e determinantes) -> saiu do ensino médio					Matemática 0, Matemática 1 e Estática
Continuidade e Diferenciabilidade -> regras de derivação					
Produto escalar e produto vetorial na base canônica					
Força, Momento e Equilíbrio					
Classificação de Sistemas Estáticos -> redução de sistemas de forças e momentos					
Teorema do Valor Médio, L'Hospital, concavidade e função composta					
Cinemática uni-dimensional e bi-dimensional					Cinemática e Dinâmica do ponto
Otimização					
Dinâmica, energia e leis de conservação					
Integração					
Espaços vetoriais, bases e mudança de base					Cinemática e Dinâmica do corpo rígido
Técnicas de Integração					
Movimento do corpo rígido					
Retas, planos e posições relativas					
Momento mínimo, eixo central					Geometria Analítica
Cálculo de áreas e volumes simples por integração simples					
Distâncias					

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os conceitos integrados foram distribuídos ao longo da semana, ocupando todas as manhãs de segunda a quarta e metade da tarde de quarta de todas as semanas letivas. Na Figura 9 pode-se observar a evolução da UCF ao longo de março e abril de 2024, em que se focou essencialmente em conceitos de matemática no primeiro mês e introduziram-se os conceitos de física ao final do segundo mês.

Figura 9 - Desenvolvimento dos temas no 1º semestre integrando Cálculo, Física e Álgebra Linear na UCF do Piloto 02 (Mecatrônica) distribuídos ao longo dos dois primeiros meses de aulas (março e abril de 2024). A UCF dura quatro meses



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tanto no Piloto 01 como no Piloto 02, não foram aceitos alunos ingressantes de outros anos. No caso do Piloto 02, a avaliação global de desempenho foi composta por avaliações formativas (60% da avaliação final) e por avaliações somativas (40% da nota final).

A construção do novo desenho do curricular do Piloto 02 também foi feito de forma colaborativa entre docentes do IME-USP, IF-USP e Poli-USP.

Nova estrutura curricular da Poli/USP (2025)

A partir das experiências dos dois pilotos de 2024, dos ensinamentos do Programa PMG e, considerando as recomendações das atuais DCNs de engenharia, a Poli-USP criou, a partir de 2022, seis grupos de trabalho, que envolveram mais de 100 pessoas entre docentes e alunos, voltados aos seguintes temas:

a) Desenho da macroestrutura curricular e trilhas com descrição de competências: definição perfil egresso; competências gerais; divisão das competências em habilidades; detalhamento das habilidades.

b) Elaboração do PPC de acordo com as atuais DCNs: documento orientativo para elaboração do projeto pedagógico, contendo roteiro simplificado, estrutura sugerida e exigências que o projeto pedagógico deve atender.

c) Metodologias, Estratégias e Infraestrutura: documento de referência descrevendo Taxonomia de Bloom, Taxonomia de Fink, ciclo de aprendizagem de Kolb, e metodologias de ensino.

e) Avaliação de Atividades: documento contendo as diferentes avaliações (diagnóstica, formativa e somativa) e quando utilizá-las; definição dos requisitos para a avaliação; instrumentos como rubricas para avaliação dos alunos, outras formas de avaliação e ferramentas.

d) Acolhimento e tutoria: Estabelecimento de fluxograma considerando as iniciativas USP como a criação da Pró-Reitoria de Inclusão e Pertencimento e respectiva Comissão de Inclusão e Pertencimento na unidade.

f) Perfil e capacitação docentes.

Na perspectiva ampla pode-se considerar que essa alteração curricular é mais que uma reestruturação, trata-se de uma transformação. Por essa razão, optou-se por atuar por adesão voluntária dos cursos e não por imposição. Com isso, oito dos 11 cursos de ingresso (os cursos de engenharia elétrica e metalúrgica, materiais, nuclear fazem opção ao final do 3º e 2º anos, respectivamente) optaram pelo novo modelo e três cursos (mecânica, ambiental e elétrica) optaram por aguardar mais um ano.

As negociações para essa transformação curricular, envolvendo os cursos correspondendo a 600 dos 870 ingressantes, exigiu um grande número de reuniões, com a participação de coordenações de curso e coordenações de disciplinas do IME-USP, IF-USP e EP-USP desde 2022. Ao final, optou-se por um modelo que se baseia nas experiências dos pilotos e que vai ser implementado por etapas. Assim, para 2025 optou-se por focar a implementação na UC de Fundamentos Científicos para Engenharia, como apresentado na Figura 10, sem propor de forma sistemática fusões de conteúdos para outras disciplinas, embora alguns cursos o tenham feito.

Observa-se na Figura 10 que a UC de Fundamentos deixou de ser semestral para ser anual e é chamada pelo nome de Pilar 23, pois corresponde a 23 créditos aula do curso (cerca de 40% dos créditos do 1º ano). Essa estratégia de tornar a UCF anual visa permitir que os estudantes tenham mais tempo para se ajustar à realidade do ensino universitário. Durante o processo de definição da UCF várias opções foram consideradas.

Figura 10 - (a) Primeiro ano dos cursos de graduação da EP-USP para o novo modelo de estrutura curricular com exemplos de distribuição semanal de aulas/atividades: (b) para um curso com UCF de manhã (c) para um curso com UCF de tarde

(a)	1ª sem	Computação	2000101-Fundamentos e Modelagem em Engenharia (Pilar 23)		Rep. Gráfica	CE	CE	Esp
	2ª sem	Opt Livre			Mecânica A	CE	Esp	ESP

(b) Civil A 68 (1 a 68)					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30 - 08:20					
08:20 - 09:10		2000101		2000101	
09:20 - 10:10	2000101	T01	2000101	T01	2000101
10:10 - 11:00		MAC2166	T01	MAC2166	
11:10 - 12:00		T04		T04	
12:00 - 12:50					
13:10 - 14:00					
14:00 - 14:50	PCC3100				
15:00 - 15:50	T1 e T2 (34)				
15:50 - 16:40		0313101	PMT3130	PT3111	
16:50 - 17:40					

(c) Computação 73					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30 - 08:20					
08:20 - 09:10		PCC3100			
09:20 - 10:10		T10 e T11 (38/38)	PMT3131		
10:10 - 11:00	PMT3100		TV(920-1100)		
11:10 - 12:00			PV(920-1200)		PCS3100
12:00 - 12:50					
13:10 - 14:00		2000101		2000101	
14:00 - 14:50		T07		T07	
15:00 - 15:50	2000101	MAC2166	2000101	MAC2166	2000101
15:50 - 16:40	T07	T01	T07	T01	T07
16:50 - 17:40					

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em primeiro lugar, a opção por fazer essa UCF anual considera questões mais amplas do que a própria questão acadêmica. Um estudante ingressante deve muitas vezes fazer um deslocamento de local que implica toda a sua vida, como mudar de bairro, de cidade ou de estado. Essa mudança resulta em estar distante de sua família e, portanto, o seu convívio mais importante não vai estar presente no dia a dia. Adicionalmente, ele deve realizar novos relacionamentos, estabelecendo uma nova comunidade própria, o que também não é nada simples. Nessa comunidade, em particular, ele deixa de considerar valores com os quais está habituado e deve mesclar-se com outras perspectivas.

Estudantes oriundos de escolas de elite ou de escolas de comunidade devem agora compartilhar o ambiente com grupos de diversas origens. Assim o tempo de um semestre, em verdade, quatro meses, para conceber essas novas atitudes e ao mesmo tempo desempenhar academicamente em um ambiente extremamente rigoroso torna-se um feito monumental. Em razão disso, optou-se por realizar o Pilar anual, dando oportunidade ao estudante de organizar a sua vida não pensando apenas no ambiente acadêmico.

Mesmo dentro do ambiente acadêmico, a percepção de sucesso ou insucesso não ocorre de maneira contínua. Numa estrutura tradicional, normalmente o estudante percebe que seu desempenho não está adequado após uma “primeira prova”, ou seja, cerca de um mês e meio ou dois após o início da jornada acadêmica. E, em classes com muitos alunos, o docente só nota que um aluno não teve um desempe-

nho adequado ao final do semestre. Assim, um sentimento de frustração toma conta do estudante e, muitas vezes, do docente, mas em um momento que a jornada já é sem volta.

Ao alongar a UCF para um ano, abrem-se diversas perspectivas. Em primeiro lugar, o sentimento de frustração ou de derrota deixa de ser posto ao final do 1º semestre, pois o estudante está apenas ao meio da jornada. Ele pode se reorganizar e contar com o apoio de outras pessoas (e se bem estruturado, da própria instituição).

Assim, o prazo para se reorganizar academicamente torna-se mais amplo. De fato, quanto maior o prazo para se reorganizar, enquanto indivíduo, dentro de um novo contexto social, maior será a possibilidade de se desempenhar academicamente.

Outra questão muito discutida dentro do ambiente de engenharias USP, e possivelmente válida para outras universidades – públicas ou privadas, é o sentimento de que o estudante não atingiu o nível de aprendizado necessário para se apropriar adequadamente dos conceitos explorados, em maior profundidade, em momentos posteriores do curso. Assim, dentro da nova estrutura curricular, a não fragmentação de conhecimentos de Física e Matemática propicia que o estudante tenha uma compreensão do todo, e por conseguinte, um aprendizado mais significativo.

Como consequência, o sucesso na UCF de 1º ano passou a ser considerada essencial na progressão para UCs ou disciplinas posteriores que a tenham como essencial. Isso não impede o estudante de progredir no curso em UCs ou disciplinas que a tenham como pré-requisito, mas deixa uma mensagem clara (mesmo em termos de créditos, 23 ao todo) da importância dessa UCF de 1º ano.

3. Primeiros resultados

Os resultados a serem apresentados aqui são iniciais, carecem ainda de um rigor científico consistente, algo que apenas iniciou sua formalização em 2025. Neste capítulo serão abordadas apenas observações referentes aos dois projetos Piloto referentes ao ano de 2024.

No caso do Piloto 01 (Eng. Elétrica) observou-se um maior engajamento da turma. Alguns docentes relataram explicitamente que ela estava mais presente, participando mais das aulas e, o que é mais importante, auxiliando uns aos outros ante as dificuldades. Em contraste, uma análise inicial mostrou que a turma Elétrica tradicional apresentava uma menor interação entre os estudantes.

Também o acesso aos docentes se mostrou mais eficiente. Caso exemplar foi a abordagem de um estudante ao docente de matemática, logo na primeira semana de

aula, dizendo que não estava conseguindo acompanhar o andamento dos temas. Esse mesmo aluno relatou que, durante o primeiro semestre, observou uma melhora progressiva, mas na sua própria fala “uma melhora linear”.

Durante o período intermediário de recesso escolar (julho), foram propostas duas semanas de atividades para estudantes que sentiam que não estavam assimilando os conceitos. Durante esse período, o mesmo estudante relatou que sentiu “uma melhora exponencial”. Já durante o segundo semestre, sentiu-se seguro para se aprofundar nos estudos sem maiores dificuldades.

No caso do Piloto 02 (Engenharia mecatrônica), observou-se que a turma se manteve também muito coesa e presente nas aulas ao longo de todo o semestre. Em particular, alguns depoimentos de estudantes foram bastante assertivos no sentido de pertencimento, como “sinto que faço parte do curso de mecatrônica, diferente de colegas de outros cursos que se sentem fazendo parte do biênio”.

Em ambos os Pilotos, a dinâmica das UCFs fez com que os estudantes estivessem mais presentes até o final do semestre, o que contrasta com a observação de docentes dos cursos tradicionais.

3.1 Indicadores quantitativos

Alguns primeiros indicadores quantitativos podem ser apresentados a partir das experiências do Piloto 01 (Eng. Elétrica) e do Piloto 02 (Eng. Mecatrônica).

No caso do Piloto 01, houve 30 ingressantes e ao final do ano foram promovidos 19 estudantes para o 2º ano. Dos alunos que não progrediram, 4 podem ser considerados evadidos, 3 estão repetindo o primeiro ano e 4 estão fazendo outros cursos de engenharia (3 na EP-USP e 1 em Portugal). No caso da elétrica tradicional, dos 140 ingressantes, 16 evadiram ou trancaram e cerca de 25% dos restantes não foram aprovados nas disciplinas equivalentes ao módulo de fundamentos (física, álgebra linear, cálculo) do primeiro semestre.

No caso do Piloto Mecatrônica, na turma de 61 estudantes ingressantes, ao final do primeiro semestre foram promovidos 49 estudantes para o 2º semestre. Destes 49, 45 foram promovidos para o 2º ano. Dos alunos que não progrediram, 2 podem ser considerados evadidos e 14 estão repetindo o primeiro ano. No caso de um curso tradicional similar (mecânica), dos 70 ingressantes, 1 trancou e cerca de 27% não foram aprovados nas disciplinas equivalentes ao módulo de fundamentos (física, álgebra linear, cálculo) do primeiro semestre.

3.2 Indicadores qualitativos

Transformações curriculares, como todo processo, devem ser avaliadas quanto aos seus resultados, e mesmo sendo a etapa mais importante, muitas vezes não é realizada a contento.

Ciente disso, dentro do escopo dessas transformações curriculares, delineou-se um projeto para acompanhamento e avaliação de resultados que elencou tanto indicadores quantitativos quanto qualitativos, considerando que ambos devem ser combinados em uma análise mista.

Trata-se de um projeto de acompanhamento, com duração de quatro anos (2025-2028), é uma parceria entre a Escola Politécnica e a Faculdade de Medicina, ambas da USP.

Ele tem por objetivo avaliar os efeitos de modificações nas estruturas curriculares (carga horária, estrutura, metodologias de ensino, diversidade de disciplinas, dentre outras) a partir do cruzamento de dados de desempenho acadêmico, engajamento, motivação e saúde mental dos estudantes da EP-USP. Os dados estão sendo obtidos a partir da aplicação de instrumentos validados na literatura e por meio das bases de dados acadêmicos da própria USP. O projeto tem aprovação do sistema CEP/Conep, observando rigorosamente questões éticas e de sigilo de dados.

A metodologia adotada no projeto é a pesquisa-ação na modalidade de pesquisa participativa baseada na comunidade (*Community-Based Participatory Research*) em um estudo observacional de coorte com métodos mistos, tipo multifásico. Os resultados destes instrumentos serão correlacionados com os dados de desempenho acadêmico de todos os ingressantes de 2025 a 2028. Adicionalmente, serão acompanhados longitudinalmente cinco coortes de cursos (Engenharias Elétrica (tradicional), Elétrica (Piloto 01), Mecatrônica (Piloto 02), Mecânica (tradicional) e Química (novo modelo para a EP-USP toda) referentes aos ingressantes 2025 e 2026.

Os instrumentos quantitativos estão avaliando motivação, uso de metodologias ativas e bem-estar acadêmico, além de outros aspectos de saúde. Estão sendo utilizados dados secundários provenientes de bases de dados e registros acadêmicos já utilizados na EP-USP.

A análise dos resultados explorará as correlações utilizando a análise temática de conteúdo para os dados qualitativos e a análise estatística descritiva e inferencial, juntamente com modelos de regressão para explorar correlações e modelos preditivos para os dados quantitativos.

Espera-se que este estudo forneça elementos importantes para orientar intervenções práticas e políticas institucionais que promovam um ambiente acadêmico saudável e inclusivo para os estudantes de Engenharia da EP-USP. A análise dos resultados deve informar futuras iniciativas de alterações curriculares e promover melhorias contínuas.

4. Discussão

Nas mudanças curriculares realizadas até o momento, observou-se que a presença de um coordenador do curso de Engenharia, responsável por dialogar e articular conteúdos, avaliações e atividades com todos os professores envolvidos (Poli, IME e IF), foi fundamental. O papel desse coordenador vai além da organização do curso: ele atua como uma ponte entre alunos e docentes, possibilitando um *feedback* ágil – especialmente relacionado à carga de trabalho (*workload*) dos estudantes. Além disso, o coordenador se torna uma referência importante para os alunos, que, muitas vezes, estão enfrentando diversas mudanças e desafios no primeiro ano da universidade.

No Piloto 01, tanto no módulo de Fundamentos quanto nas disciplinas de Engenharia, são realizadas avaliações formativas semanais, com retorno praticamente imediato do desempenho. Essas avaliações auxiliam o coordenador na identificação de alunos com dificuldades, permitindo orientá-los em estratégias para melhorar o aprendizado. Essa abordagem estimula o estudo contínuo ao longo do semestre, em vez de uma preparação concentrada em apenas algumas provas semestrais. Além disso, os formatos variados das avaliações contribuem para a retenção de conteúdo e o desenvolvimento de habilidades e competências.

O Projeto Integrativo Extensionista (PIE), juntamente com outros pequenos projetos distribuídos ao longo do semestre, introduz um caráter aplicado ao curso que tem se mostrado altamente motivador para os alunos. Logo nos primeiros dias de aula, os estudantes já estão envolvidos na resolução de problemas reais. As disciplinas teóricas da Engenharia apoiam e se articulam com o desenvolvimento do PIE (embora não se limitem às suas demandas), enquanto os módulos de Fundamentos fornecem as bases de Matemática, Física e Computação, essenciais tanto para as disciplinas técnicas quanto para os projetos. Essa aproximação entre teoria e prática, ainda que sem mensurações quantitativas no Piloto 01, contribui significativamente para o engajamento e motivação dos alunos. O contato precoce com disciplinas de Engenharia também permite o desenvolvimento de projetos mais aprofundados.

Alinhados às competências propostas pelo Piloto 01, os projetos integrativos também promovem o desenvolvimento de competências interpessoais (*soft skills*), ao incentivar o trabalho formal em equipe (distribuição de tarefas e responsabilidades, resolução de conflitos, liderança) e o aprimoramento da comunicação oral (por meio de apresentações, vídeos, *pitches*) e escrita (relatórios detalhados). A gestão de projetos – envolvendo escopo, requisitos, cronograma, custos e equipe – também está fortemente associada às competências previstas no programa.

No entanto, o fator mais importante é garantir tempo adequado para que os alunos possam se dedicar às atividades propostas, assimilando conceitos e desenvolvendo habilidades e competências. Por isso, o acompanhamento da carga de trabalho total do curso é essencial, e o papel do coordenador é novamente central. Isso representa um contraponto importante em relação ao modelo tradicional, no qual as disciplinas são desconectadas entre si, e cada professor impõe demandas extracurriculares que, somadas, tornam a carga do curso excessivamente elevada (tradicionalmente de 70-90 horas semanais).

O Piloto 02, na Mecatrônica, objetivou reformular as disciplinas de Cálculo, Física e Álgebra Linear em uma única Unidade Curricular de Formação, nos três primeiros semestres do curso.

O foco foi em reduzir a quantidade de ideias inertes mencionado anteriormente. Para tanto, os conceitos apresentados aos alunos são ordenados na melhor sequência de aprendizado, sempre mostrando também a aplicação, mas sem perder a forte fundamentação teórica da tradicional base dos alunos da Poli-USP. Como exemplo, os conceitos de derivada aprendidos em Cálculo são utilizados em cinemática, em Física. Esse novo modelo difere completamente do modelo atual tradicional, caracterizado por uma uniformidade no oferecimento paralelo destas disciplinas para uma grande quantidade de alunos.

Ainda no intuito de reduzir as ideias inertes, como foi mantida a carga horária das três disciplinas na Unidade Curricular de Fundamentos, o tempo ganho ao se retirar a sobreposição de conteúdo (Física e Cálculo ensinavam derivada e integral), foi utilizado tanto adicionando uma base de física estática para ser uma aplicação direta do aprendizado de álgebra linear, quanto na adoção de aprendizagem ativa, com exercícios em sala de aula.

Já na implementação, sobressaem alguns aspectos considerados importantes. Mais da metade da nota dos alunos é composta por uma média de avaliações continuadas com *feedback* rápido ao aluno. A outra metade vem da média de provas integradoras, com questões de Engenharia nas quais o aluno deve transpor o conheci-

mento aprendido e aplicá-lo como ferramenta para resolver os problemas apresentados. Ao contrário do modelo tradicional, em que os alunos dos dois primeiros anos têm aulas de disciplinas como Cálculo, Física e Álgebra Linear em um prédio chamado de Biênio, os alunos da Mecatrônica tiveram suas aulas no prédio da Engenharia Mecatrônica, mais precisamente em uma sala recém-reformada para facilitar e incentivar o uso de metodologias ativas.

Como piloto, apenas os ingressantes de 2024 puderam participar, ou seja, nenhum veterano cursou como dependente. Por fim, além das 13 horas semanais de aula, os alunos tiveram 4 horas semanais de monitoria (divididas em duas monitorias de 2 horas) em um formato ativo, no qual o aluno faz o exercício sozinho, depois o mesmo exercício em dupla, depois em quarteto, seguida dos quartetos escrevendo sua solução na lousa e finalizando com uma discussão.

Foram coletados os depoimentos dos três representantes de sala. Alguns resultados serão discutidos baseados em trechos destes depoimentos:

4.1 Pertencimento e presença

Depoimento de estudante ingressante:

Outro fator que tenho que citar é como participar desse projeto uniu a nossa turma, tanto por sermos os únicos a passar por isso na Poli, quanto por estarmos juntos em todas as aulas (mesmo a que não são do piloto, porque temos que compartilhar os mesmos horários) e não como normalmente acontece com as outras turmas que acabam fragmentadas. Isso fez com que uma sensação de grupo fosse criada e, com isso, a dedicação às aulas, ao projeto e à universidade fosse mais homogênea entre os alunos, com uma maior presença nas aulas e um melhor desempenho geral.

Por estarem participando do piloto, com 13 horas da grade horária semanal, diferentemente das outras 12 turmas da Poli-USP, eles acabaram também estando juntos nas turmas de outras disciplinas do primeiro ano. Nas outras 12 turmas, existe uma divisão das turmas, permitindo a otimização do número de alunos por turma e reduzindo o número de turmas e carga docente, além de proporcionar uma interação entre alunos de diferentes cursos. Entretanto, esta convivência maior e localizada no prédio da Eng. Mecatrônica permitiu uma grande união da turma, com um senso de pertencimento. Ao contrário das turmas com oferecimento tradicional em 2024, o Piloto 02 contou com uma presença de aula de 85% e uma presença na monitoria de 70%, de maneira constante durante o semestre.

4.2 Provas Integradoras, avaliação continuada e presença

Depoimento de estudante ingressante:

Com relação às provas integradoras, senti que elas foram desafiadoras e me fizeram compreender o que era um problema real de engenharia para ser resolvido, me levando a criar estratégias e aplicá-las enquanto estava fazendo a prova.

Depoimento de estudante ingressante:

Sobre as provas integradoras do primeiro semestre considerei-as muito bem feitas e coerentes com o nosso estudo, elas se mostraram desafiadoras, mas um olhar mais atento era o suficiente para achar o caminho a se seguir, com as ferramentas que aprendemos durante o semestre.”

Depoimento de estudante ingressante:

Sobre a prova integradora, acho que foi uma das melhores partes do Piloto no primeiro semestre. Mesmo quando eu não conseguia ir tão bem, eu nunca saía da prova com um sentimento de derrota total. Eu achava legitimamente legal fazer uma prova que reunia todos os conteúdos que eu tinha visto e os aplicava em uma situação mais realista, era desafiador e interessante. Por isso, mesmo quando as coisas não corriam tão bem, eu sempre sentia que carregava comigo algo a mais quando saía do que quando entrei na prova. Então, apesar de ser uma das maiores fontes de ansiedade da turma, por ser uma prova completamente sem precedentes, era a que eu mais gostava.

A prova integradora foi a avaliação somativa em que os alunos resolviam problemas de engenharia. Entretanto, ela se transformou como instrumento de aprendizagem. Como não havia nenhuma prova de anos anteriores de maneira semelhante, os alunos não puderam se dedicar a aprender como se resolvem os tipos de exercícios e as provas. A preparação dos alunos foi tão completa que, dos nove alunos de recuperação de cálculo, seis passaram ao fazer a recuperação do modelo tradicional, sem a aplicação em engenharia, com um deles obtendo nota superior a oito na recuperação.

Além disso, devido ao fato de realizarem uma avaliação continuada, os alunos sentiram a necessidade de estar em dia com a disciplina, também contribuindo significativamente para a alta presença nas aulas e nas monitorias.

4.3 Melhor preparação dos fundamentos para as disciplinas de Ciências da Engenharia e de Especialização

Depoimento de estudante ingressante:

Essas aulas de estática, além de tornar a álgebra linear mais clara e, portanto, fazer com que eu passasse tranquilamente por esta matéria, ajudaram no início de mecânica 1, matéria que não estou tendo dificuldades.

Depoimento de estudante ingressante:

Além disso, as aulas de Estática contribuíram (e muito) para um melhor entendimento dos conteúdos de Álgebra Linear, trazendo uma visão mais palpável das suas aplicações, e ainda nos introduziu a conceitos que foram úteis, posteriormente, nas aulas de Mecânica.

A redução das ideias inertes resultou numa melhor compreensão e aprendizagem dos conceitos matemáticos. Ressalta-se que ainda há uma forte fundamentação teórica dos conceitos matemáticos, porém agora ocorreu também uma aplicação. Exemplos são derivadas e integrais de cálculo em cinemática e álgebra linear, com produto escalar e produto vetorial em estática. Pode-se ver, em ambos os depoimentos, que a compreensão dos conceitos realmente serviu como fundamento para permitir a aprendizagem eficaz de mecânica de corpos rígidos.

5. Conclusões

O Piloto 01 da Engenharia Elétrica foi concebido com o objetivo principal de motivar e engajar os estudantes, visando a um aprendizado mais eficaz. Para isso, os primeiros três anos do curso foram completamente reformulados. O número de disciplinas em paralelo foi reduzido para no máximo quatro. O esforço total semanal (*workload*) foi limitado a 40 horas. Alinhado com as DCNs, criamos projetos integrativos extensionistas já no primeiro ano para fortalecer a ligação entre a teoria e a prática, abrindo espaço para o desenvolvimento de competências interpessoais como trabalho em equipe e comunicação.

O ciclo básico foi estendido, passando de dois para três anos, combinando disciplinas como física, cálculo, métodos numéricos e álgebra linear em módulos integrados, ministrados em parceria por docentes do IME-USP, IF-USP e Poli-USP. As dis-

ciplinas de engenharia, como circuitos elétricos e microcontroladores foram introduzidas no primeiro ano, trazendo a engenharia para o início do curso, incentivando a aplicação de conceitos mais abstratos das disciplinas de fundamentos.

De forma qualitativa, através de relatos de professores e alunos, notou-se um maior engajamento da turma. Professores descreveram que os alunos estavam mais presentes, participando mais das aulas e auxiliando uns aos outros diante das dificuldades, em contraste com as turmas tradicionais. Houve também um interesse genuíno em aprender, e não apenas em “passar” nas avaliações. O acesso aos docentes se mostrou mais fácil.

O Piloto 02, na Mecatrônica, objetivou atender às DCNs de 2019, especialmente com relação às diretrizes de abordagem pedagógica centrada no aluno, ênfase na síntese e transdisciplinaridade, mantendo uma formação técnica sólida enquanto se aumenta o enfoque no desenvolvimento de habilidades e competências. Para tanto, o Piloto 02 mudou do modelo focado em disciplinas, no qual tudo relacionado a um determinado assunto deve estar em uma disciplina, para um modelo focado no aluno e no curso. Essa abordagem foi utilizada na reestruturação das tradicionais disciplinas de Cálculo I, Álgebra Linear I e Física I em uma única Unidade Curricular de Fundamento.

A implementação desta nova UCF contou com avaliações continuadas em períodos de duas semanas, com rápido *feedback* aos alunos, avaliação somativa integrada e focada em problemas de engenharia, objetivando altos níveis de profundidade cognitiva dos alunos com respeito aos conceitos aprendidos e como aplicá-los em situações de engenharia. Também foram oferecidas monitorias ativas, em que uma relação de 13 alunos por monitor aplicava métodos de aprendizagem ativa durante a monitoria, contrastando com a monitoria tradicional do tipo plantão de dúvidas.

Como resultado imediato, podemos citar que o Piloto 02 contou com uma presença de mais de 70%, tanto nas aulas quanto nas monitorias ativas. Outro resultado importante foi melhor aprendizagem dos conceitos matemáticos e físicos, que pode ser observado nas provas somativas integrativas e nos depoimentos dos alunos.

5.1 Recomendações

Para desenvolver as mudanças nas estruturas curriculares dos cursos de engenharia da Poli-USP alinhadas às atuais DCNs, foram essenciais o apoio e a participação do Instituto de Matemática (IME-USP) e do Instituto de Física (IF-USP), principalmente por se tratar do primeiro e segundo ano dos cursos. Essas novas estruturas

curriculares têm como foco o estudante, em que ele é o agente de conhecimento, capacitando-o a ter um melhor aprendizado.

Vale destacar que essas transformações incentivam uma formação mais integrada, com foco em competências e habilidades que atendam às demandas atuais da sociedade e ao exercício profissional. Elas possibilitam uma maior inter e multidisciplinaridade, estimulam o estudo contínuo, promovendo uma aprendizagem mais efetiva; criam ambientes que favorecem a convivência, a colaboração e o pertencimento de grupo, o que aumenta a presença, o engajamento e o desempenho dos estudantes. E ainda, fomentam a aplicação de metodologias ativas tornando o aprendizado mais participativo, colaborativo e conectado à prática profissional.

Um aspecto levado em conta no desenvolvimento dos novos currículos da Poli-USP foi a reorganização de disciplinas para evitar redundâncias, como a sobreposição de conceitos de cálculo e física, integrando conteúdos de forma sequencial e contextualizada, facilitando a compreensão e a aplicação dos conceitos, mas sempre mantendo uma base sólida de conhecimentos matemáticos e científicos e relacionando-os às aplicações reais de engenharia. É importante também garantir que os estudantes tenham tempo adequado para assimilar os conteúdos e desenvolver habilidades, evitando sobrecarga e promovendo uma aprendizagem mais equilibrada e eficaz.

Concluindo, essas recomendações ajudam a alinhar os novos currículos de engenharia às necessidades do mundo contemporâneo, preparando os estudantes para serem profissionais mais críticos, criativos e centrados no desenvolvimento de competências essenciais para os futuros engenheiros.

5.2 Considerações finais

Para desenvolver as mudanças nas estruturas curriculares dos cursos de engenharia da Poli-USP alinhadas às atuais DCNs, foram essenciais o apoio e a participação do Instituto de Matemática (IME-USP) e do Instituto de Física (IF-USP), principalmente por se tratar do primeiro e segundo ano dos cursos. Essas novas estruturas curriculares têm como foco o estudante, em que ele é o agente de conhecimento, capacitando-o a ter um melhor aprendizado.

Vale destacar que essas transformações incentivam uma formação mais integrada, com foco em competências e habilidades que atendam às demandas atuais da sociedade e ao exercício profissional. Elas possibilitam uma maior inter e multidisciplinaridade, estimulam o estudo contínuo, promovendo uma aprendizagem mais efetiva.

va; criam ambientes que favorecem a convivência, a colaboração e o pertencimento de grupo, o que aumenta a presença, o engajamento e o desempenho dos estudantes. E ainda, fomentam a aplicação de metodologias ativas, tornando o aprendizado mais participativo, colaborativo e conectado à prática profissional.

Um aspecto levado em consideração no desenvolvimento dos novos currículos da Poli-USP foi a reorganização de disciplinas para evitar redundâncias, como a sobreposição de conceitos de cálculo e física, integrando conteúdos de forma sequencial e contextualizada, facilitando a compreensão e a aplicação dos conceitos, mas sempre mantendo uma base sólida de conhecimentos matemáticos e científicos e relacionando-os às aplicações reais de engenharia. É importante também garantir que os estudantes tenham tempo adequado para assimilar os conteúdos e desenvolver habilidades, evitando sobrecarga e promovendo uma aprendizagem mais equilibrada e eficaz.

Concluindo, essas recomendações ajudam a alinhar os novos currículos de engenharia às necessidades do mundo contemporâneo, preparando os estudantes para serem profissionais mais críticos, criativos e centrados no desenvolvimento de competências essenciais para os futuros engenheiros.

Agradecimentos

Agradecemos à Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge) pela oportunidade de contribuir com esta publicação e por seu papel fundamental na promoção da excelência no ensino de engenharia no Brasil.

Registramos nosso reconhecimento ao Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG - EUA), por meio do processo nº 23038.006258/2018-25, cuja experiência internacional foi essencial para o amadurecimento das reflexões apresentadas neste capítulo. Agradecemos, igualmente, à Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo pelo apoio concedido por meio do edital *Novos Currículos para um Novo Tempo* (PRG 01/2020-2021), que possibilitou o desenvolvimento de ações inovadoras no âmbito do ensino de graduação.

Estendemos nossos agradecimentos ao Fundo Patrimonial Amigos da Poli, cuja contribuição tem sido decisiva para o fortalecimento de iniciativas acadêmicas e para a valorização da formação em engenharia.

Por fim, agradecemos às diretorias da EP-USP, IME-USP e IF-USP, aos colegas e estudantes que, de diversas maneiras, colaboraram para a construção deste trabalho,

contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento na área e para a implementação desta proposta.

Referências

APES. **Programa Brasil-Estados Unidos de modernização da educação superior na graduação (PMG - EUA)**. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/bolsas/bolsas-e-auxilios-internacionais/encontre-aqui/paises/estados-unidos/pmg-eua>. Acesso em: 04 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, 23 abr. 2019.

GIANESI, I. G. N.; MASSI, J. M.; MALLET, D. **Formação de professores no desenho de disciplinas e cursos**. São Paulo: Atlas, 2020.

GRAHAM, R. **The global state of the art in engineering education**. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2018. Disponível em: <https://jwel.mit.edu/assets/document/global-state-art-engineering-education>. Acesso em: 04 maio 2025.

HARDY, G. H. **A mathematician's apology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1940.

ITA. **Cursos de graduação em Engenharia Catálogo 2025**. S. J. Campos, SP. Disponível em: <http://www.ita.br/sites/default/files/pages/collection/Cat%C3%A1logo%20dos%20Cursos%20de%20Gradua%C3%A7%C3%A3o%202025%20-%20digital%20Rev.25.04.16.pdf>. Acesso em: 04 maio 2025.

KOZULIN, A.; GINDIS, B.; AGEYEV, V. S.; MILLER, S. M. (org.). **Vygotsky's educational theory in cultural context**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

SNOW, C. P. **As duas culturas e uma segunda leitura**. Tradução de Vera Ribeiro. São Paulo: Edusp, 2015. (Obra original publicada em 1959, revisada em 1963 por Charles Percy Snow).

SNOW, C. P. **Two Cultures**, Cambridge University Press, 1959. Disponível em: <https://www.rbkc.gov.uk/pdf/Rede-lecture-2-cultures.pdf>. Acesso em: 04 maio 2025.

TALBERT, R. **Aprendizagem invertida**: uma abordagem prática para a sala de aula. São Paulo: Penso, 2019.

WHITEHEAD, A. N. **The aims of education and other essays**. New York: Macmillan, 1929.

YEO, S. C.; LAI, C. K. Y.; TAN, J. *et al.* Early morning university classes are associated with impaired sleep and academic performance. **Nat Hum Behav**, v. 7, p. 502-514, 2023.

ENGENHARIA COMEÇA NA EDUCAÇÃO BÁSICA INSPIRAÇÕES PARA UM FUTURO INOVADOR

Roseli de Deus Lopes¹

André Luiz Maciel Santana²

Valkiria Venancio³

Angélica Turaça⁴

Elio Molisani Ferreira Santos⁵

Lucas Ribeiro Mata⁶

Irene Karaguila Ficheman⁷

“Precisamos de cidadãos preparados e capazes de tomar decisões baseadas em evidências científicas e de encontrar soluções considerando e respeitando as várias áreas do conhecimento.”

Profa. Dra. Roseli de Deus Lopes
Escola Politécnica USP

Introdução

Os avanços da Indústria 4.0, aliados à crescente demanda por inovações socialmente responsáveis e sustentáveis, têm reconfigurado o papel do engenheiro contemporâneo. Exige-se que o egresso, de todas as grandes áreas da Engenharia, seja capaz de integrar sistemas ciberfísicos, inteligência artificial e soluções orientadas ao

¹ USP - Universidade de São Paulo - Escola Politécnica

² Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa

³ USP - Universidade de São Paulo

⁴ Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa Insper / USP - Universidade de São Paulo

⁵ UFAM - Universidade Federal do Amazonas

⁶ FIAP - Faculdade de Informática e Administração Paulista / USP - Universidade de São Paulo

⁷ USP - Universidade de São Paulo

bem-estar humano e respeito ao meio ambiente (Breque; De Noronha; Kechagias, 2021). Para que esses profissionais respondam a tais exigências, torna-se imprescindível revisar os currículos universitários, aproximando, desde cedo, os estudantes de problemas reais (Santana; Lopes, 2024). Contudo, o desenvolvimento da capacidade inventiva, da criatividade, e das bases cognitivas, técnicas e socioemocionais que sustentam a formação em engenharia, precisam ser fomentados muito antes do ingresso no ensino superior, ou seja, ainda na educação básica.

A compreensão desse desafio começa pela distinção entre habilidades e competências. Habilidades configuram capacidades específicas e observáveis, como programar um microcontrolador ou interpretar dados experimentais. Competências podem ser tratadas como um estágio aprimorado de habilidades, que, somadas a conhecimentos e atitudes, permitem que o ser humano resolva problemas em contextos reais, em situações genuínas e inéditas (Perrenoud, 2000; Santana, 2023). Essa diferença sinaliza que o processo formativo deve articular teoria, prática e valores, se pretende formar profissionais aptos a atuar em ambientes complexos, incertos e ambíguos.

As competências essenciais na era da Indústria 4.0 incluem: (i) resolução de problemas complexos; (ii) pensamento crítico; (iii) criatividade; (iv) comunicação eficaz; (v) colaboração em contextos multiculturais; e (vi) fluência digital. Ainda, a literatura aponta que essas competências extrapolam o domínio técnico, demandando experiências educacionais que proporcionem ao estudante a vivência na concepção de soluções inovadoras com impacto social positivo (Santana; Lopes, 2020; ABET, 2022).

No contexto da educação básica brasileira, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece um marco normativo ao incluir o pensamento computacional, pensamento crítico, científico e criativo e a cultura digital entre suas dez competências gerais, promovendo o desenvolvimento desses saberes desde os primeiros anos da formação escolar (Brasil, 2017).

A presença estruturada de conteúdos como programação, análise de dados e projetos interdisciplinares cria condições para que crianças e adolescentes desenvolvam familiaridade com princípios de design, modelagem e interação homem-máquina e fundamentos demandados pela Engenharia contemporânea. O pensamento computacional, conceito popularizado por Wing (2006), deixa de ser apenas um conhecimento técnico e se consolida como uma competência transversal indispensável.

Nesse cenário, a metodologia STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) configura-se como uma abordagem integradora, ao articular conteúdos

disciplinares com projetos significativos para os estudantes, promovendo o desenvolvimento da criatividade, do raciocínio lógico e da empatia. Quando implementada em ambientes Maker, como laboratórios de fabricação digital, oficinas de robótica e clubes de ciência, favorece a aprendizagem baseada na experimentação, reconhece o erro como parte do processo formativo e estimula o trabalho colaborativo. Essas características aproximam a vivência escolar das práticas de prototipagem ágil comumente empregadas na engenharia (Santana; Lopes, 2024).

Complementarmente, metodologias ativas de aprendizagem, em especial a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) e a Aprendizagem Baseada em Projetos e Problemas (PPBL), colocam o estudante como protagonista do processo ao vincularem teoria e prática em torno de problemas autênticos. Evidências empíricas apontam que essas estratégias desenvolvem, de forma simultânea, competências técnicas e socioemocionais, tais como liderança, resiliência e responsabilidade social (Santana; Lopes, 2020). Entretanto, sua adoção na Educação Básica envolve desafios que vão desde a formação docente à adequação da infraestrutura escolar, passando pela necessidade de avaliações formativas coerentes com a lógica de competências.

Diante desse contexto, reconhecer a Educação Básica como alicerce da Engenharia implica: (a) consolidar, desde os anos iniciais, a distinção conceitual entre habilidades e competências; (b) fomentar competências aderentes à Indústria 4.0 e 5.0; (c) incorporar a metodologia STEAM e a Cultura do Faça Você Mesmo como parte do processo de formação de estudantes; e (d) difundir práticas de Aprendizagem Ativa que combinem tanto o desenvolvimento de competências técnicas, quanto as competências socioemocionais.

1. Habilidades e competências na Engenharia do século XXI

A discussão sobre o desenvolvimento de habilidades e competências tem ganhado grande relevância nas propostas educacionais contemporâneas voltadas à formação integral dos estudantes, especialmente após a atualização das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de engenharia. As novas DCNs, homologadas em 2019, reforçam a necessidade de uma formação que integre conhecimentos técnicos e científicos com o desenvolvimento de competências gerais.

Torna-se, portanto, essencial a compreensão de modo mais profundo do que se entende por habilidades e competências no âmbito educacional. De acordo com Santana (2023), aprender não se limita à aquisição de conteúdos, mas envolve também a capacidade de mobilizar conhecimentos, atitudes e valores em diferentes contextos.

As habilidades, nesse sentido, dizem respeito ao domínio prático e cognitivo necessário para a realização de tarefas específicas, enquanto as competências envolvem a integração dessas habilidades com saberes conceituais, disposições afetivas e capacidade de julgamento diante de situações complexas (Santana, 2023). Trata-se, portanto, de uma abordagem formativa que valoriza a articulação entre teoria e prática, favorecendo o desenvolvimento de sujeitos autônomos, críticos e aptos a atuar de forma significativa em um mundo em constante transformação.

Essa compreensão é especialmente relevante quando observamos as mudanças aceleradas nos modos de vida, trabalho e interação social impulsionadas pelas transformações tecnológicas recentes. É nesse cenário que emergem novas demandas formativas, as quais serão exploradas na seção a seguir.

1.1 Competências emergentes exibidas pela Indústria 5.0

A engenharia é notadamente reconhecida como um campo do conhecimento dedicado à investigação e ao desenvolvimento de soluções para os desafios e demandas da sociedade. Para isso, aplica e transforma os três recursos fundamentais de que a humanidade dispõe – energia, materiais e informação – na criação das mais diversas tecnologias (Feisel; Rosa, 2005). A atuação prática da engenharia na concepção e construção de sistemas possui um papel central na transformação digital da sociedade e indústria, contribuindo para o desenvolvimento de soluções inovadoras alinhadas às novas necessidades tecnológicas.

Além da inclusão dos avanços tecnológicos que marcam a Indústria 4.0 e otimizam a produção, como automação, internet das coisas, inteligência artificial, *big data*, entre outros processos produtivos, a Indústria 5.0 faz com que novamente o ser humano passe a exercer um papel central na indústria. Mas nesse caso,

A proposta é combinar o conhecimento e as habilidades humanas com as tecnologias digitais avançadas para oferecer produtos e serviços personalizados e de alto valor, agregando temas pertinentes como ética, responsabilidade social e sustentabilidade (Santos; Sacay, 2025, p. 30).

Nesse sentido, torna-se fundamental refletir sobre as competências que devem ser desenvolvidas ao longo da formação em engenharia, de modo a preparar profissionais capazes de atuar nesse cenário em constante evolução, integrando conhecimentos, habilidades, atitudes e uma visão sistêmica orientada à inovação e à susten-

tabilidade. O relatório “*Future of Jobs*”, do Fórum Econômico Mundial (WEF), publicado em janeiro de 2025, apresenta uma análise abrangente das transformações no mercado de trabalho global.

O documento identifica tendências como a adoção acelerada de tecnologias emergentes, a transição verde, a reconfiguração geoeconômica e a crescente importância do desenvolvimento de novas competências profissionais ante a automatização de tarefas. Nesse panorama, é destacada a urgência na requalificação da força de trabalho, bem como a necessidade de desenvolver habilidades técnicas e socioemocionais que garantam a adaptabilidade dos profissionais.

Para o campo da engenharia, as tendências apontadas demandam a formação de profissionais com competências que extrapolem o domínio técnico, integrando conhecimentos, habilidades e atitudes alinhadas à inovação, à sustentabilidade e ao compromisso social (WEF, 2025). Entre essas competências, destacam-se o pensamento crítico e sistêmico, a capacidade de resolução de problemas complexos, a atuação colaborativa em contextos multidisciplinares, o uso ético e criativo da tecnologia, além do engajamento com os desafios socioambientais contemporâneos.

Nesse processo formativo, a promoção de experiências educacionais que articulem teoria e prática desde os primeiros anos da educação básica é essencial. O desenvolvimento de competências deve ser contínuo e progressivo, estimulando a construção de uma base sólida de raciocínio lógico, autonomia intelectual e sensibilidade social.

No ensino superior, especialmente na formação em engenharia, a adoção de metodologias e abordagens pedagógicas que favoreçam a aprendizagem ativa, o trabalho colaborativo e a integração de conhecimentos de diferentes áreas do conhecimento torna-se um requisito fundamental para o desenvolvimento de competências que possibilitem aos futuros profissionais compreenderem e intervirem em problemas complexos e em contextos marcados por constante transformação.

A crescente evolução e difusão de sistemas ciberfísicos – caracterizados pela profunda integração entre elementos físicos e computacionais (Marwedel, 2021) – vem impactando, de modo cada vez mais acentuado, os ritmos profissionais, culturais e sociais da sociedade. Assim, torna-se indispensável repensar as práticas formativas à luz dessas transformações, assegurando que os futuros profissionais desenvolvam competências técnicas e comportamentais que os capacitem a se adaptar e a atuar de forma crítica, significativa e criativa em ambientes marcados pelo dinamismo, complexidade e constante evolução tecnológica.

1.2 Competências desenvolvidas na resolução de problemas complexos

A integração entre conhecimentos técnico-científicos e competências gerais prevista nas DCNs, somada às exigências da Indústria 5.0, impõe aos cursos de engenharia o desafio de preparar profissionais que sejam capazes de desenvolver soluções para problemas de alta complexidade. Esta seção destaca as principais competências apresentadas por Santana (2023), ressaltando um conjunto de competências e respectivas habilidades que habilitam o estudante a desenvolver e implementar soluções em um processo de cocriação com usuários reais.

- **Resolução de problemas do mundo real** – Pressupõe a capacidade de delimitar o problema com autonomia, amparada por investigação em fontes primárias e secundárias; priorizar alternativas conforme impacto e esforço estimados; e conduzir entrevistas que revelem expectativas, restrições e oportunidades ocultas. Essas habilidades sustentam decisões informadas ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento.

- **Elaboração de soluções desejáveis, factíveis e viáveis** – Exige selecionar materiais e métodos de prototipagem compatíveis com requisitos de tempo e recurso, mapear prioridades a partir de histórias/demandas de usuário e formular critérios de sucesso que reflitam valor percebido. O resultado é um protótipo alinhado tanto à viabilidade técnica quanto ao desejo do usuário.

- **Codesign** – Implica escolher ferramentas colaborativas adequadas, registrar sistematicamente cada etapa e criar espaços de participação que tornem visíveis as contribuições de todas as partes interessadas. O estudante de engenharia adota, assim, uma postura mediadora, garantindo transparência e corresponsabilidade pelas soluções.

- **Comunicação oral e escrita** – Abrange a produção de relatórios e apresentações em conformidade com normas acadêmicas e profissionais, bem como a síntese clara de resultados para diferentes públicos. A competência comunica – e legitima – o conhecimento gerado no projeto.

- **Trabalho em equipe** – Compreende definir papéis, organizar cronogramas realistas, distribuir tarefas segundo competências individuais e manter processos de validação contínua com usuários. Ferramentas colaborativas suportam a coordenação e a rastreabilidade das decisões.

- **Liderança e gestão de projetos** – Requer elaborar cronogramas alinhados à complexidade das tarefas, priorizar implementações que agreguem valor, monitorar riscos e compartilhar conhecimento dentro do time. Uma liderança distribuída fortalece a autonomia coletiva e a aprendizagem mútua.

- **Uso avançado de tecnologias** – Envolve dominar linguagens de programação, aplicar estratégias de prototipagem rápida, selecionar componentes adequados e realizar pesquisa secundária em bases confiáveis. Essa competência confere agilidade ao processo de experimentação e refinamento de soluções.

Apesar desses avanços, permanece uma lacuna formativa: as competências aqui descritas costumam ser desenvolvidas apenas no ensino superior, quando o estudante já se encontra diante de exigências profissionais complexas. Esse “gap” contrasta com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que propõe, desde a Educação Básica, a mobilização consciente de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana e do trabalho (Brasil, 2018).

A seção seguinte examina como abordagens STEAM na Educação Básica podem suprir essa lacuna, articulando as competências descritas neste capítulo às dez competências gerais da BNCC e ampliando as oportunidades para que mais estudantes desenvolvam, de maneira consciente, as habilidades e competências requeridas pela engenharia contemporânea.

2. Desenvolvimento de competências STEAM na Educação Básica

Muito tem se falado nas últimas décadas sobre quais são as habilidades necessárias que um engenheiro deve possuir ao se formar. Em Lucena e outros (2008) foi elaborado um comparativo sobre como diferentes regiões do mundo lidam com essas questões, incluindo a América Latina, pois, com o mercado internacional expandindo, é importante que as expectativas de habilidades em diferentes regiões estejam alinhadas e que os órgãos regulamentadores considerem que muitas vezes o trabalho do engenheiro está vinculado a operações multinacionais.

No Brasil, em 2002, diante dessas discussões e da necessidade de atualizar os currículos vigentes para engenharia, o MEC, junto com Instituições de Ensino Superior e a comunidade científica, definiu as “Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia no Brasil (DCN), Resolução n.º 11/2002 (CNE/CES)”. Tais diretrizes focam num egresso com uma sólida formação técnica, um currículo que prioriza o desenvolvimento de diversas competências e habilidades, além disso, o ensino passa a ser centrado no aluno. No art. 4.º das DCN, definem-se quais são as competências e habilidades gerais que o engenheiro deve possuir. Elas estão reproduzidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Competências e habilidades gerais de um engenheiro

- | | |
|-------|--|
| I. | aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; |
| II. | projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; |
| III. | conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; |
| IV. | planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; |
| V. | identificar, formular e resolver problemas de engenharia; |
| VI. | desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas; |
| VII. | supervisionar a operação e a manutenção de sistemas; |
| VIII. | avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas; |
| IX. | comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica; |
| X. | atuar em equipes multidisciplinares; |
| XI. | compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais; |
| XII. | avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental; |
| XIII. | avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia; |
| XIV. | assumir a postura de permanente busca de atualização profissional |

Fonte: Conselho Nacional de Educação do Brasil.

Em Carvalho e outros (2017) é possível encontrar as definições dos termos “competências e habilidades” por diferentes perspectivas e uma ampla discussão comparativa entre as competências e habilidades definidas nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia no Brasil e as requeridas pelos profissionais da área. Nesse estudo, além das competências já previstas nas diretrizes, concluiu-se sobre a necessidade do desenvolvimento mais profundo de quesitos relacionados à gestão de projetos, como negociação, tomadas de decisão, liderança e relacionamento interpessoal. Há ainda outros conhecimentos que virão apenas com a experiência profissional.

Embora essas competências e habilidades sejam esperadas dos egressos da graduação em engenharia, é importante que a Educação Básica possa contribuir para que os alunos já ingressem no Ensino Superior com conhecimentos básicos de competências que serão desenvolvidas nessa nova etapa da vida acadêmica.

Cumprindo com o inciso IV do artigo 9º da Lei nº 9.394 de 1996, conhecida como Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), que afirma que a União deve incumbir-se de:

Estabelecer, em colaboração com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, competências e diretrizes para a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio, que nortearão os currículos e seus conteúdos mínimos, de modo a assegurar formação básica comum (Brasil, 1996, tit. IV, art. 9, inc. IV),

O Ministério da Educação (MEC) homologou em 2017 a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a Educação Infantil e Ensino Fundamental e em 2018 complementou com o documento elaborado para o Ensino Médio. Portanto, a BNCC é o documento nacional que define o conjunto de aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas pelos estudantes ao longo de todas as etapas da educação básica de forma progressiva. A BNCC define o termo competência como sendo:

A mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (Brasil, 2018, p. 8).

Segundo a própria BNCC ainda, o documento “está orientado pelos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva” (Brasil, 2018, p. 7). A Figura 1 apresenta, em resumo, as competências gerais da Educação Básica.

Figura 1 - Competências Gerais da BNCC



Fonte: Extraído do livro “Práticas para aprendizagens híbridas e interdisciplinares envolvendo criação, inventividade e computação Física” (Santos *et al.*, 2021a).

Ainda que a Engenharia não seja citada diretamente na BNCC, é possível fazer um paralelo (Quadro 2) relacionando quais aspectos das competências gerais da BNCC podem servir como base para cada competência presente nas DNC. Essa correlação pode auxiliar na identificação de melhorias na Educação Básica.

Quadro 2 - Competências para o curso de Engenharia X Competências gerais da BNCC

Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia no Brasil	Competências gerais da Educação Básica - BNCC
aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;	(1) Valorizar e utilizar os conhecimentos (6) Valorizar e se apropriar de experiências
projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;	(6) Valorizar e se apropriar de experiências (7) Argumentar com base em fatos
conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;	(5) Compreender, utilizar e criar tecnologias
planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;	(7) Argumentar com base em fatos (9) Exercitar a empatia, o diálogo e a cooperação
identificar, formular e resolver problemas de engenharia;	(2) Pensamento Crítico, científico e criativo (6) Valorizar e se apropriar de experiências (7) Argumentar com base em fatos
desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;	(1) Valorizar e utilizar os conhecimentos (2) Pensamento Crítico, científico e criativo (5) Compreender, utilizar e criar tecnologias
supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;	(5) Compreender, utilizar e criar tecnologias
avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;	(2) Pensamento Crítico, científico e criativo (6) Valorizar e se apropriar de experiências (7) Argumentar com base em fatos
comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;	(4) Utilizar diferentes linguagens (7) Argumentar com base em fatos (9) Exercitar a empatia, o diálogo e a cooperação
atuar em equipes multidisciplinares;	(4) Utilizar diferentes linguagens (8) Autoconhecimento e autocuidado (9) Exercitar a empatia, o diálogo e a cooperação (10) Responsabilidade e Cidadania

Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia no Brasil	Competências gerais da Educação Básica - BNCC
compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;	(6) Valorizar e se apropriar de experiências
avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;	(6) Valorizar e se apropriar de experiências (7) Argumentar com base em fatos (9) Exercitar a empatia, o diálogo e a cooperação (10) Responsabilidade e Cidadania
avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;	(2) Pensamento Crítico, científico e criativo (7) Argumentar com base em fatos (10) Responsabilidade e Cidadania
assumir a postura de permanente busca de atualização profissional	(5) Compreender, utilizar e criar tecnologias (7) Argumentar com base em fatos (8) Autoconhecimento e autocuidado

Fonte: Elaborado pelos autores.

Vale ressaltar que tais competências apresentadas na BNCC são necessárias para todas as áreas de conhecimento, então melhorar a abordagem delas na Educação Básica permite não só jovens mais bem preparados para cursos de engenharia, mas para qualquer área de interesse.

De todo modo, muitos são os desafios enfrentados por professores, tanto da Educação Básica quanto do Ensino Superior, no processo educacional, uma vez que envolve não só o ensino de conhecimentos teóricos, mas o desenvolvimento de habilidades pessoais - emocionais, sociais, interpessoais, muitas das quais dependem fortemente do aluno e seu meio familiar e social.

Tanto que no trabalho de Lucena *et al.* (2008) também é discutido como estudos de educação em engenharia têm expandido suas áreas de pesquisa para incluir questões de psicologia, educação básica, estatística, tecnologia e estudo sobre mulheres na área, assuntos que há muito tempo já são debatidos para a Educação Básica.

Por outro lado, pode-se ver em Guimarães Junior e colaboradores (2024) como a Educação STEAM – acrônimo para Science (Ciência), Technology (Tecnologia), Engineering (Engenharia), Arts (Arte) and Mathematics (Matemática) – no ensino básico, que promove um ensino multidisciplinar com desenvolvimento de competências para enfrentar desafios e resolver problemas, está sendo essencial para o desenvolvimento de crianças e adolescentes no mundo atual.

2.3 BNCC e integração curricular por meio da abordagem STEAM

Na etapa do Ensino Médio, a BNCC (Brasil, 2018) complementa, descrito aqui de forma resumida, que a escola que acolhe as juventudes deve:

- vincular os desafios da realidade atribuindo sentido às aprendizagens;
- garantir o protagonismo dos estudantes em sua aprendizagem;
- valorizar os papéis sociais desempenhados pelos jovens, para além de sua condição de estudante;
- assegurar tempos e espaços para que os estudantes reflitam sobre suas experiências e aprendizagens individuais e interpessoais;
- promover a aprendizagem colaborativa, desenvolvendo nos estudantes a capacidade de trabalharem em equipe e aprenderem com seus pares;
- estimular atitudes cooperativas e propositivas para o enfrentamento dos desafios da comunidade, do mundo do trabalho e da sociedade em geral, alicerçadas no conhecimento e na inovação.
- garantir a contextualização dos conhecimentos, articulando as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura;
- viabilizar o acesso dos estudantes às bases científicas e tecnológicas dos
- processos de produção do mundo contemporâneo, relacionando teoria e prática – ou o conhecimento teórico à resolução de problemas da realidade social, cultural ou natural;
- proporcionar uma cultura favorável ao desenvolvimento de atitudes,
- capacidades e valores que promovam o empreendedorismo (criatividade, inovação, organização, planejamento, responsabilidade, liderança, colaboração, visão de futuro, assunção de riscos, resiliência e curiosidade científica, entre outros), entendido como competência essencial ao desenvolvimento pessoal, à cidadania ativa, à inclusão social e à empregabilidade;
- prever o suporte aos jovens para que reconheçam suas potencialidades e vocações, identifiquem perspectivas e possibilidades, construam aspirações e metas de formação e inserção profissional presentes e/ou futuras, e desenvolvam uma postura empreendedora, ética e responsável para transitar no mundo do trabalho e na sociedade em geral.

Com as características da metodologia ativa de aprendizagem, a abordagem STEAM se destaca na educação por promover uma aprendizagem mais integrada à realidade e centrada no protagonismo estudantil. Essa proposta pedagógica valoriza

a criação de projetos investigativos nos quais os alunos são incentivados a aplicar, de forma integrada, o conhecimento de diferentes áreas para construir artefatos físicos ou digitais para solucionar algum problema (Fallon *et al.*, 2020).

Na prática, o ensino baseado nas metodologias ativas com abordagem STEAM envolve um ciclo contínuo de reflexão, investigação, descoberta, conexão e criação (Figura 2). Os estudantes são desafiados a identificar problemas reais, planejar investigações, propor hipóteses e prototipar soluções por meio de processos colaborativos e criativos. Esse movimento não apenas desenvolve competências técnicas e científicas, mas também estimula habilidades fundamentais do século XXI, como a criatividade, o pensamento crítico, a comunicação e a colaboração, já citadas anteriormente (Santos, 2024).

Figura 2 - Ciclo STEAM de aprendizagem



Fonte: Santos (2024).

Originalmente estruturada como STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), esta abordagem educacional demonstra grande potencial para promover uma aprendizagem interdisciplinar baseada em projetos autênticos (Hughes; Fridman; Robb, 2018). A proposta STEM destaca-se por proporcionar oportunidades para que os estudantes apliquem o conhecimento adquirido na resolução de problemas concretos, o que contribui para uma formação mais conectada às demandas do mundo contemporâneo (Falloo *et al.*, 2020).

A incorporação da Arte (A) ao modelo STEM ampliou ainda mais o alcance da proposta, dando origem à abordagem STEAM. A presença da Arte potencializa os processos de design e inovação, favorecendo a expressão criativa e sensível nas soluções propostas. Dessa forma, a abordagem STEAM fortalece a interdisciplinaridade e contribui para uma formação mais holística, em que o raciocínio lógico e técnico dialoga com a estética, a intuição e a imaginação, levando em consideração as relações humanas e as questões sociais no desenvolvimento dos projetos.

Complementarmente, como forma de fortalecer a importância do trabalho conjunto, não fragmentado, entre as áreas do conhecimento, a autora Flores (2018) propõe uma reorganização das letras do acrônimo STEAM, o transformando na palavra TEAMS (Times, em português). Essa visão antidisciplinar reforça a ideia de que a integração efetiva dos saberes ocorre por meio da colaboração entre diferentes campos, rompendo com a fragmentação tradicional dos currículos escolares.

Assim, a abordagem STEAM ou TEAMS não apenas inova as práticas pedagógicas, como também transforma a maneira como os estudantes se relacionam com o conhecimento. Por meio da investigação, da criação e da colaboração, os estudantes tornam-se agentes ativos da própria aprendizagem, desenvolvendo soluções criativas e significativas para os desafios do presente e do futuro.

Acredita-se que o melhor seja iniciar o desenvolvimento das habilidades e competências voltadas ao planejamento, execução, testes e aperfeiçoamento de possíveis soluções para problemas da comunidade.

Em 2019 o relatório do processo de elaboração das novas DCNs já salientava a importância da adoção de metodologias de ensino baseadas na aprendizagem ativa a partir do primeiro ano do curso, promovendo uma educação mais centrada no aluno e preocupada com o desenvolvimento de competências (MEC, 2019 *apud* Santos *et al.*, 2020, p. 3).

No entanto, as metodologias ativas pressupõem trabalhos interdisciplinares e transdisciplinares, de forma a se ter o aluno como o centro da construção dos conhecimentos necessários à criação de projetos para soluções de problemas, possibilitados por interações, reflexões, aplicações e compartilhamentos. Esse movimento em sala de aula requer habilidades, sociais e tecnológicas, que não se desenvolvem rapidamente. Logo, a proposta aponta para necessidade de iniciação anteriormente à graduação.

Na Tabela 2, Santos (2020) identifica as ações de cada personagem no ambiente educacional apontando as diferenças de uma metodologia ativa e o Ensino Tradi-

cional. É possível notar o quanto o conhecimento passa a ser construído pelos estudantes e o professor torna-se um orientador do processo de ensino.

Quadro 3 - Comparação entre aprendizagem ativa e ensino tradicional

Atuação dos personagens do processo educacional	Aprendizagem Ativa	Ensino Tradicional
O professor é...	Mediador no processo de aprendizagem.	A fonte e o transmissor do conhecimento.
A atuação do professor é...	De parceria para promover autonomia.	Controladora, favorecendo a obediência.
O aluno é...	O agente principal do processo de aprendizagem.	Dependente das instruções do professor adquirir conhecimento.
A atuação do aluno é	Dinâmica, participa ativamente do processo de aprendizagem.	Passiva, recebe o conteúdo nas aulas expositivas e executa testes e provas.
O conhecimento é...	Socialmente construído, relacionando teoria e prática, através de fontes colaborativas e diversas de informação.	Transmitido pelo professor e por livros didáticos.
A tecnologia digital é...	Uma ferramenta poderosa que pode ser usada pelo aluno para buscar e compartilhar informação, simular, etc.	Usada apenas pelo professor para transmitir informação por meio de apresentações, vídeos, etc.
O material didático é...	variado, contendo elementos analógicos e digitais com múltiplas linguagens.	Composto principalmente por cadernos e livros.
O processo de avaliação é...	Contínuo, com acompanhamento constante por parte do professor.	intervalado, geralmente ao término de um bloco de conteúdos.
Os instrumentos de avaliação são...	Diversificados, visando analisar o desenvolvimento de inúmeras competências (conhecimento, habilidades, atitudes e valores).	Similares, para verificar a aquisição de conhecimentos específicos através de provas individuais escritas ou orais, sem consulta a materiais de referência.

Fonte: Santos *et al.* (2020, p. 5).

Complementarmente, a BNCC Computação traz eixos com o objetivo de desenvolver habilidades voltadas ao uso de tecnologias como pensamento computacional, mundo digital e cultura digital, que objetivam o conhecimento de programação, sistemas distribuídos e internet, segurança e responsabilidade no uso da tecnologia, uso de tecnologias computacionais, armazenamento e transmissão de dados, dentre outros durante toda a Educação Básica.

Por fim, identifica-se grande proximidade das competências e habilidades estabelecidas pela BNCC e DCN. E percebe-se que no processo de ensino e aprendizagem, via metodologias ativas com abordagem STEAM, o trabalho desenvolvido na Educação Básica pode contribuir sim para aproveitamento maior e aprofundamento desses conhecimentos na graduação, principalmente na engenharia. Como veremos nos casos relatados na próxima seção.

3. Métodos inovadores de projetos STEAM Educacionais em contextos diversificados

3.1 Ambientes mão na massa nas escolas públicas

Programas que unificam a formação continuada de professores, apoio didático e técnico e implantação colaborativa de espaços escolares equipados com tecnologia, ferramentas, instrumentos, dentre outros, estabelecidos pela comunidade escolar e especialistas, proporcionam reconhecer momentos diferenciados de aprendizagem para quaisquer áreas do conhecimento desenvolvidas na escola, exemplificados aqui pelos programas Maker Space IoT para alunos de escolas paulistas e o STEAM São Paulo.

3.1.1 *Maker Space IoT*

O programa Maker Space IoT aconteceu em duas fases com apoio da Eletrobras Furnas e realização do LSITec no período de 2020 a 2023.

O programa teve como premissa as dificuldades dos professores em planejar, orientar e executar projetos com os alunos, seja ele tecnológico ou não, de forma autônoma, que incluísse os conteúdos de sua área com a resolução de problemas das mais diferenciadas origens, isso devido à ausência de espaço e materiais específicos na escola, apoio didático-pedagógico e questões de gestão em sala de aula.

A partir de tal percepção, o programa propôs a criação efetiva de espaço mão na massa na escola, disponibilizando materiais diversos, formação metodológica em Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos (PPBL) dentro de uma abordagem STEAM, além de apoio didático e técnico durante a sua duração.

As escolas parceiras que se propuseram voluntariamente a ingressar no programa deveriam dispor de uma sala para a criação do espaço maker e indicar professores dispostos a participar e atuar orientando seus alunos. Houve participação de 16 escolas, sendo cinco escolas na Fase 1 realizada em 2020 e 11 escolas na Fase 2 em 2022/23 (Venancio *et al.*, 2023); (Santos *et al.*, 2025).

O programa se fez em um ciclo constituído de três percursos concomitantes: criação do espaço mão na massa de baixo custo, conhecimento e manuseio dos materiais e aprendizagem por problemas e PPBL na abordagem STEAM (Figura 3).

Figura 3 - Ciclo dos percursos do programa *Maker Space IoT*



Fonte: Venancio *et al.* (2023, p. 2).

- **Espaço mão na massa de baixo custo** – Propositadamente, pensando na possibilidade de disseminação, consideraram-se cinco etapas para implantação dos espaços maker, de modo a respeitar características, contextos e necessidades das escolas: concepção, implementação, utilização, gestão e divulgação (Lopes *et al.*, 2021). A *concepção*, ao se definir os aspectos pedagógicos e compreender as fraquezas e capacidades do espaço disponível. Na escolha do espaço ideal, segurança (pessoal e espacial), mobiliário e organização das estações de trabalho, acessibilidade e conforto, a etapa *implantação* foi imprescindível. Já na *utilização*, as regras e critérios de uso, funcionamento, ingresso, disponibilização dos materiais, segurança foram estabelecidos coletivamente. Uma etapa relativamente complexa foi a *gestão*, pois, quem gerenciaria o uso do espaço multidisciplinar? Necessidade de recursos para manutenção e reposição material, responsabilização e comunicação são tarefas do coletivo escolar. Por fim, a *divulgação* dos trabalhos e projetos desenvolvidos no espaço é fundamental para que se mantenha vivo.

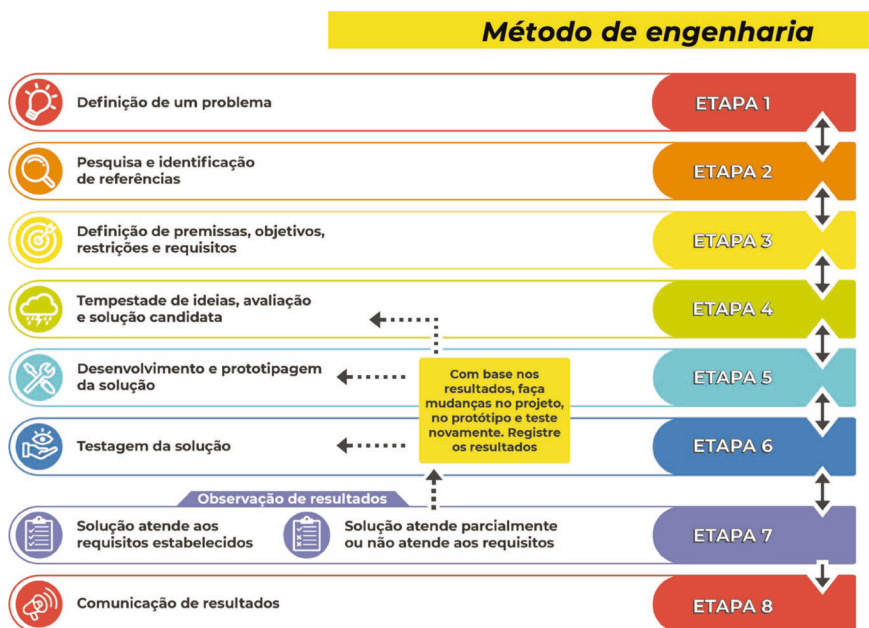
- **Conhecimento e manuseio dos materiais** – *Todos aprendendo e construindo juntos* é o mote da cultura mão na massa. As escolas receberam grande variedade de materiais: eletroeletrônicos – leds, resistores, jumper, capacitor, sensores, buzzer, bateria, motores, entre outros; tecnologias – notebook ou laborador⁸, arduíno, mouse, teclado; materiais diversos de papelaria e/ou mobiliário; ferramentas – chaves de fenda, martelo, alicate, serra elétrica, furadeira, multímetro, ferro de solda, entre outras, entretanto havia dificuldade de manuseio desse material. Portanto, todo material foi apresentado aos professores, uma oficina de uso de ferramentas e

⁸ Página Oficial da Plataforma Caninos (<https://caninosloucos.org/pt/>).

iniciação à Internet das Coisas (IoT) foi realizada e apoio técnico à distância foi disponibilizado.

- **PPBL na abordagem STEAM** – Constituiu-se para o uso pedagógico do espaço *maker* momentos de reflexão, criação de planos didáticos e construção de projetos com os alunos. Para construção dos projetos os professores foram orientados à aplicação das oito etapas do método de engenharia: definição de um problema, pesquisa de referências; determinação de premissas, restrições e requisitos; pensar possíveis soluções e escolha; desenvolvimento e prototipagem da solução escolhida; observação e testagem; análise dos resultados; e, por fim, a comunicação dos resultados (Figura 4). Na fase dois do programa foram realizados uma Mostra Virtual dos projetos construídos pelos alunos, dois webinários, com destaque para os ebooks desenvolvidos⁹ e um seminário no qual se pôde ouvir alunos e professores sobre sua participação.

Figura 4 - Método PPBL de engenharia – Traduzido e adaptado de Science Buddies (2020)

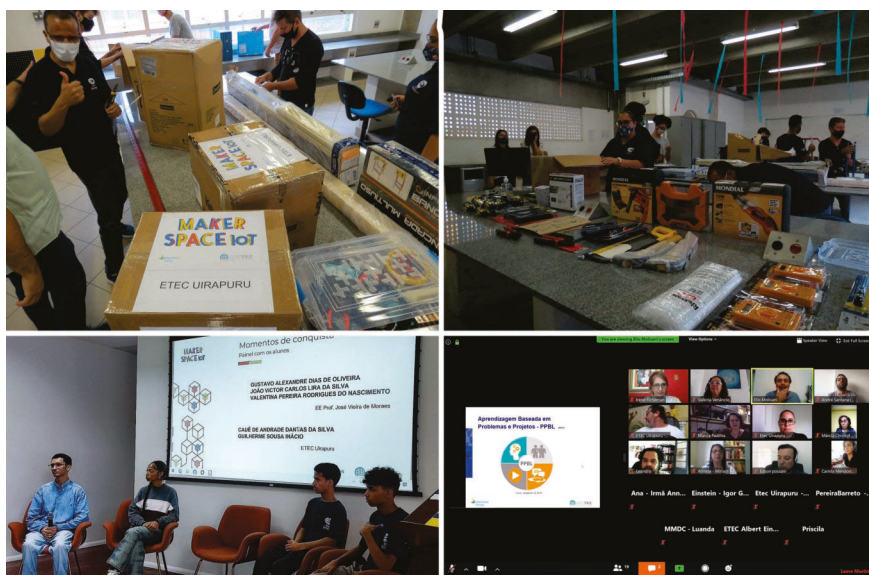


Fonte: Lopes *et al.* (2021b).

⁹ Página Oficial dos ebooks do projeto (<https://febrace.org.br/acervo/outros/colecao-maker-space-iot>).

A Figura 5 ilustra alguns exemplos dos espaços que foram desenvolvidos durante o programa, bem como alguns dos encontros virtuais que aconteceram na segunda edição do projeto.

Figura 5 - Resultados do Projeto “Internet das Coisas para jovens do ensino médio”



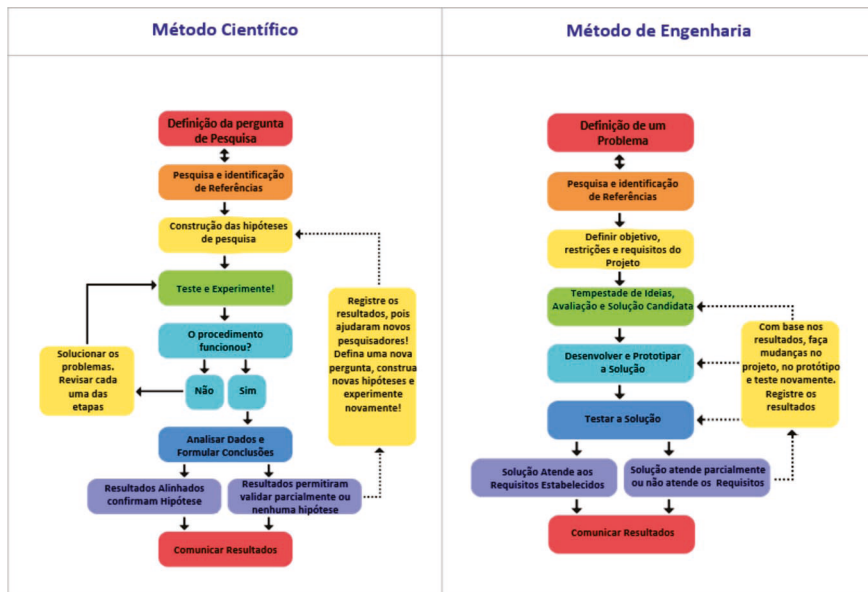
Fonte: Acervo dos autores.

3.1.2 STEAM São Paulo

O programa STEAM São Paulo aconteceu em duas fases (2021 e 2023) com apoio da Siemens Stiftung e realização do LSITec.

A primeira fase se fez em 2021 com a formação continuada de professores. A formação partiu de reflexões sobre as necessidades do Ensino Médio brasileiro, a nova BNCC e o protagonismo juvenil. Em continuidade, fundamentados na PPBL com abordagem STEAM, expandiram-se as ações para criação de projetos investigativos por meio das etapas dos métodos de ciências e de engenharia (Figura 6).

Figura 6 - Método PPBL de engenharia - Traduzido e adaptado de Science Buddies (2020)



Fonte: Lopes *et al.* (2021c).

Em encontros virtuais com professores de cada uma das 14 escolas envolvidas, construiu-se colaborativamente um trabalho a ser aplicado aos alunos. Utilizou-se de estratégias de pesquisa científica: levantamento e definição de problemas reais, plano de pesquisa, diário de bordo, ética e segurança, levantamento e análise de dados, relatório e artigo científico, conclusões e resumo da pesquisa, pôster e comunicação oral (Lopes *et al.*, 2021). Finalizou-se com uma Mostra virtual dos projetos desenvolvidos por professores e alunos.

Já na segunda fase, realizada em 2023, espaços STEAM foram implementados nas escolas. Para tal, os professores de quatro escolas parceiras (obrigatoriamente participantes da fase 1) juntamente com especialistas, realizaram o curso à distância - Espaço STEAM na escola (Figura 7) disponível na plataforma Aprendizagem Interativa em Ciências e Engenharia (APICE) em português e espanhol. O curso formado por seis módulos seria um pilar para implantação. São eles: entendendo a cultura STEAM, concepção do espaço STEAM, implementação do espaço STEAM, uso do espaço STEAM, gestão do espaço STEAM e, por fim, disseminação do espaço STEAM.

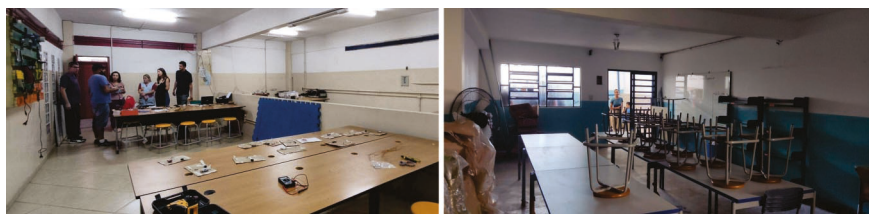
Figura 7 - Plataforma APICE



Fonte: APICE (<https://apice.febrace.org.br/courses>).

Apoiados e acompanhados por tutores, professores e gestores escolares, estabeleceram suas necessidades didático-pedagógicas, determinaram um espaço para o laboratório STEAM, e por fim, baseados em uma listagem e no conteúdo do curso realizado, estabeleceram de forma autônoma o que comprariam para a montagem efetiva do seu espaço (Figura 8) (Santos; Onosaki, 2023).

Figura 8 - Espaços construídos durante a execução do projeto STEAM São Paulo



Fonte: Acervo dos autores.

3.2 Projetos Investigativos e Iniciação Científica na Educação Básica

Ao integrar diferentes conhecimentos e habilidades em torno de desafios concretos, o desenvolvimento de projetos investigativos estimula a aprendizagem significativa, possibilitando que os estudantes não apenas compreendam conceitos, mas saibam aplicá-los de forma criativa e contextualizada (Thomas, 2000). Essa abordagem fortalece competências cognitivas e socioemocionais – como autonomia, resiliência, colaboração e comunicação – promovendo uma postura ativa diante do conhecimento e do mundo (Blumenfeld *et al.*, 1991).

Além disso, ao lidar com situações reais e abertas, os estudantes são convidados a explorar diferentes perspectivas, tomar decisões fundamentadas e refletir sobre os impactos sociais, ambientais e éticos de suas ações. Esse tipo de vivência contribui para a formação de indivíduos mais críticos e engajados, capazes de atuar em contextos complexos e em constante transformação – características fundamentais para profissionais que irão compor os ecossistemas de inovação da Sociedade 5.0 (conforme destacado na seção 2.2).

Nesse sentido, incentivar o desenvolvimento de projetos investigativos nas escolas contribui de forma significativa para a construção contínua de competências ao longo do processo formativo, especialmente quando orientado em abordagens integradoras como o STEAM. Ao promover experiências de aprendizagem ativas e situadas, esse tipo de abordagem concretiza a conexão entre teoria e prática, preparando os estudantes para enfrentar problemas reais com criatividade, pensamento crítico e colaboração. Essa conexão estabelece uma ponte direta com a formação em engenharia, em que a capacidade de articular conhecimentos, resolver problemas complexos e atuar de forma colaborativa em contextos interdisciplinares se torna indispensável para atuação na Indústria 5.0.

Iniciativas como a Feira Brasileira de Ciência e Engenharia (Febrace), o Desafio de Inovação do Instituto 3M (Desafio I3M) e o Encontro Nacional de Educação STEAM são exemplos de programas que fomentam a cultura investigativa e a aprendizagem baseada em projetos na educação básica. Essas iniciativas incentivam estudantes e educadores a explorarem problemas reais por meio da articulação entre diferentes campos do conhecimento, ampliando o interesse e o engajamento com as diversas áreas das ciências e da engenharia. Na sequência, cada uma dessas iniciativas será apresentada com foco em seus objetivos e contribuições para a formação científica na Educação Básica.

3.2.1 Desafio I3M

O Desafio de Inovação Instituto 3M é um programa gratuito que visa capacitar professores da Educação Básica para a orientação de projetos investigativos de iniciação científica e tecnológica, promovendo a cultura investigativa nas escolas públicas. A iniciativa é coordenada pelo LSI-TEC e financiada pelo Instituto 3M, como parte de seu compromisso com a educação e a inovação. O programa chega à sua 13ª edição em 2025, sendo destinado a docentes do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, Ensino Médio ou Técnico das redes públicas das Regiões Metropolitanas de Campinas, Ribeirão Preto e Sorocaba. Anualmente, são oferecidas 250 vagas para participação na formação (Venancio; Lopes, 2024).

Durante o ciclo de capacitação, os professores são incentivados a orientar ao menos um projeto de pesquisa em sua escola, envolvendo desde a elaboração do plano de pesquisa com estudantes até a apresentação dos resultados em uma Mostra de ciências. A formação, com carga horária de 120 horas, é composta por cursos on-line realizados na plataforma APICE, encontros formativos síncronos, estudos individuais sobre metodologia científica e orientação de projetos, além de interações com professores tutores com reconhecida trajetória na iniciação científica na educação básica (Desafio de Inovação Instituto 3M, 2025).

Ao final da formação, os docentes que concluírem todas as etapas com participação e entregas satisfatórias recebem certificação endossada pelo Instituto 3M e pela Febrace. Os projetos desenvolvidos ao longo do programa foram apresentados na Mostra de Ciências e Tecnologia do Instituto 3M¹⁰, evento anual que celebra e divulga iniciativas científicas escolares nas regiões atendidas pelo programa, promovendo o protagonismo estudantil e a integração entre educação, ciência e sociedade.

O Desafio de Inovação Instituto 3M (2025) insere docentes e estudantes num ciclo completo de pesquisa, retomando as competências centrais do Capítulo 2. A investigação de problemas locais ativa a resolução de desafios do mundo real; a construção e o teste de protótipos consolidam a elaboração de soluções desejáveis, factíveis e viáveis; relatórios e mostras científicas fortalecem a comunicação oral e escrita; a organização das equipes exige liderança, gestão de projetos e trabalho colaborativo; finalmente, o processo de prototipagem demanda uso avançado de tecnologias. Simultaneamente, o programa concretiza, na educação básica, princípios da BNCC ressaltados no Capítulo 3 – pensamento crítico, argumentação com base em evidências, cooperação e responsabilidade social – ao integrar a lógica STEAM

¹⁰ Página oficial do programa (<https://mostra3m.febrace.org.br/v2024>).

ao cotidiano escolar e antecipar práticas típicas da formação em engenharia para a Indústria 5.0.

3.2.2 Encontro Nacional de Educação STEAM

O Encontro Nacional de Educação STEAM 2025 é uma iniciativa organizada pelo LSI-TEC, com apoio financeiro da Embaixada dos Estados Unidos no Brasil e do Instituto 3M. Conta ainda com o apoio institucional do Conselho Nacional de Secretários de Educação (Consed), do Conselho Nacional das Instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (Conif), e da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP).

Voltado a educadores e gestores da educação básica pública de todo o país, o programa tem como objetivo estruturar uma rede de multiplicadores para a promoção e o fortalecimento de ações de aprendizagem ativa em Ciências, Tecnologia, Engenharias, Artes e Matemática (STEAM) nas redes públicas de ensino. A proposta busca fomentar práticas pedagógicas inovadoras, como metodologias ativas, abordagens investigativas e interdisciplinares, cultura maker, iniciação científica e empreendedorismo educacional (Encontro Nacional de Educação STEAM, 2025).

A iniciativa promove anualmente uma semana de imersão presencial, realizada na Universidade de São Paulo (USP), com uma programação composta por palestras, oficinas, sessões plenárias e atividades colaborativas baseadas em estratégias como *design thinking*, culminando na elaboração de planos de ação estratégicos para implementação de práticas STEAM nos contextos educacionais locais.

A formação oferece 200 vagas, distribuídas entre gestores estaduais e municipais, professores do Ensino Fundamental II, do Ensino Médio e do Ensino Técnico de redes públicas. Além da imersão, os participantes também passam por atividades preparatórias online e têm acesso à plataforma da Comunidade STEAM, que viabiliza o acompanhamento técnico e a troca de experiências com uma rede especializada.

Como parte dos benefícios do programa, os participantes tornam-se membros da Rede Alumni da Comunidade STEAM, sendo elegíveis para recursos sementes (*small grants*), voltados à implementação das iniciativas desenvolvidas durante a formação.

3.3.3 Febrace

A Febrace é uma das principais iniciativas de extensão universitária da USP e, ao longo de seus 23 anos, tem desempenhado um papel central no estímulo ao de-

envolvimento de projetos científicos e de engenharia entre estudantes da educação básica e técnica no Brasil. Organizada pelo Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSI-TEC), da Escola Politécnica da USP, a iniciativa promove anualmente uma mostra nacional de projetos que reúne jovens de diversas regiões do país, incentivando a cultura científica, a inovação e o empreendedorismo.

Desde sua primeira edição em 2003, a Febrace¹¹ tem ampliado significativamente seu impacto na educação básica brasileira. Na edição de 2024, por exemplo, foram inscritos 2.910 projetos, dos quais 226 foram selecionados como finalistas, envolvendo diretamente 58.320 estudantes em todo o Brasil por meio de sua rede de 122 feiras afiliadas (Febrace, 2025). Esses números refletem o crescente engajamento de estudantes e professores com a pesquisa científica e com a busca por soluções inovadoras para os desafios da sociedade.

Ao mobilizar uma ampla rede de escolas, educadores, universidades e instituições parceiras, a Febrace se consolidou como um movimento nacional de estímulo ao protagonismo estudantil no desenvolvimento de projetos de ciências e de engenharia, promovendo, dessa forma, o fortalecimento da cultura científica e tecnológica no país, além de criar oportunidades para que os estudantes se conectem com a comunidade acadêmica, participem de eventos internacionais e ampliem suas perspectivas formativas. Trata-se de uma ação estratégica que contribui para a construção de trajetórias educativas alinhadas às demandas da Sociedade 5.0, por meio da valorização da investigação, da inovação e da articulação entre saberes.

A Figura 9 ilustra a articulação de estudantes durante a edição 21 da Febrace.

Figura 9 - XXI Febrace na Universidade de São Paulo



Fonte: Acervo dos autores.

¹¹ Página oficial da Febrace (<https://febrace.org.br/>).

A Febrace configura um ambiente autêntico em que estudantes aplicam, em escala nacional, as competências elencadas no Capítulo 2. A seleção de desafios socialmente relevantes evidencia a resolução de problemas do mundo real; a apresentação de protótipos demonstra viabilidade técnica, desejabilidade e factibilidade; tanto na elaboração dos pôsteres, quanto dos resumos e durante as apresentações dos estudantes, os estudantes desenvolvem competências de comunicação; a interação entre pares e orientadores promove trabalho em equipe e liderança; e o desenvolvimento dos projetos incorpora constantemente o uso de tecnologias avançadas.

No plano da BNCC (Capítulo 3), a feira estimula valorização do conhecimento, pensamento crítico, cooperação, responsabilidade e cidadania, habilidades integradas pela abordagem STEAM. Assim, a Febrace consolida a ponte entre educação básica, universidade e setor produtivo, adiantando o desenvolvimento de competências frequentemente reservadas ao ensino superior e alinhando-as às demandas contemporâneas da Indústria 5.0.

3.4 Resolução de problemas do mundo real no Ensino Superior

3.4.1 *Campus Mobile*

Criado em 2012, o Campus Mobile é um programa anual de inovação aberta organizado pelo Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSI-Tec), com o apoio do Instituto Claro¹² e da plataforma de inovação aberta beOn Claro. Seu objetivo é identificar e formar talentos universitários para o desenvolvimento de conteúdos e serviços móveis escaláveis de impacto social.

A Campus Mobile estrutura-se em seis categorias temáticas – Diversidade, Educação, Entretenimento, Saúde, Smart Cities e Green Tech & AgTech – que orientam os participantes na escolha de Problemas reais a serem solucionados. Desde a sua criação, o programa contabiliza mais de 8 mil estudantes inscritos, de mais de 271 municípios brasileiros.

A jornada de aprendizagem ocorre em três fases complementares. Inicialmente, as equipes submetem suas propostas online; as ideias com maior potencial de impacto e escalabilidade recebem um ciclo de mentorias remotas conduzidas por especialistas do ecossistema de startups. Em seguida, as equipes selecionadas participam de uma semana imersiva presencial em São Paulo, com oficinas de *design thinking*, prototipagem rápida, modelagem de negócios, testes de usabilidade e palestras so-

¹² Página oficial da Campus Mobile (<https://www.institutoclaro.org.br/campus-mobile/>).

bre monetização e sustentabilidade de produtos digitais. Ao final da imersão, os grupos refinam o MVP e o apresentam a uma banca (Figura 10) formada por pesquisadores, executivos da Claro e investidores-anjo.

Figura 10 - Apresentação de uma das equipes na Campus Mobile



Fonte: Acervo dos autores.

Os vencedores recebem aporte financeiro, apoio contínuo de mentoria e uma viagem de imersão ao Vale do Silício, nos Estados Unidos, onde visitam empresas de referência e aceleradoras, ampliando sua rede internacional de contatos. A experiência contribui para o amadurecimento dos projetos e para a ampliação da visão empreendedora dos participantes.

Sob a ótica formativa, o Campus Mobile reforça e materializa as competências descritas na Seção 2. A resolução de problemas do mundo real é exercitada desde a identificação do desafio até a validação com usuários; a elaboração de soluções desejáveis, factíveis e viáveis é mediada pelas sessões de mentoria; o *codesign* e o trabalho em equipe são estimulados nas oficinas colaborativas; comunicação oral e escrita são exigidas na defesa do *pitch*; liderança e gestão de projetos são desenvolvidas no acompanhamento dos cronogramas e indicadores; e o uso avançado de tecnologias permeia todo o ciclo de prototipagem. Dessa forma, o programa cria um ambiente autêntico onde estudantes vivenciam, de modo integrado, as competências centrais à formação do engenheiro do século XXI.

Além de potencializar o protagonismo estudantil, a iniciativa aproxima universidade, indústria e sociedade, ao alinhar inovação tecnológica a demandas socioambientais concretas. Essa articulação reforça o papel do ensino superior na promoção de ecossistemas de empreendedorismo de base tecnológica voltados ao desenvolvimento sustentável do país.

Considerações finais

Desenvolver habilidades e competências de engenharia desde a Educação Básica revela-se uma ação fundamental para formar cidadãos inovadores e preparados, para que sejam capazes de resolver problemas reais da sociedade. A Engenharia, em essência, é resolução de problemas do mundo real, uma forma de pensamento que combina criatividade, análise e aplicação prática do conhecimento. Quando iniciamos esse desenvolvimento ainda na Educação Básica, abrimos caminho para que os estudantes se tornem protagonistas de sua aprendizagem, enfrentando desafios reais com propósito e confiança. Em vez de meros receptores de conteúdo, os estudantes assumem o papel de jovens projetistas que experimentam, erram, corrigem rotas e persistem em busca de soluções.

Essa abordagem não apenas reforça conteúdos acadêmicos das áreas Ciências, Matemática e Tecnologia, mas também cultiva competências socioemocionais, como trabalho em equipe, comunicação e resiliência, qualidades essenciais para cidadãos e profissionais do século XXI. Nesse sentido, este capítulo reafirma a importância em investir na mentalidade engenheira desde cedo, garantindo assim a construção de fundamentos sólidos para que nossos estudantes sejam capazes de criar projetos cada vez mais inovadores e sustentáveis.

Ao longo deste capítulo, exploramos diversas iniciativas pioneiras que trazem a engenharia para o dia a dia da escola. O programa ***Maker Space IoT***, por exemplo, mostrou como é possível criar espaços de criação de baixo custo dentro de escolas públicas, integrando conceitos de Internet das Coisas (IoT) em atividades práticas. Essa iniciativa não somente equipou escolas públicas de São Paulo com Ambientes Maker, mas também apoiou a formação de docentes em metodologias de Aprendizagem por Projetos, ampliando a capacidade das escolas de promover aprendizagem “mão na massa” orientada à resolução de problemas.

Da mesma forma, o **STEAM São Paulo** destacou o poder da formação continuada de professores para uma educação mais integrada em Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática. Por meio de cursos estruturados e mentorias, esse pro-

grama apoiou a capacitação de educadores do Ensino Médio da rede pública para implementar projetos investigativos com seus alunos, adotando metodologias científicas e de engenharia na sala de aula. O impacto direto permitiu que os professores se sentissem mais confiantes e preparados para orientar suas equipes em projetos interdisciplinares, despertando nos jovens o encantamento por investigar e criar soluções inovadoras em suas comunidades.

Outras iniciativas ampliaram esse movimento, conectando desafios educacionais locais a uma visão de alcance nacional. O **Desafio de Inovação Instituto 3M** mostrou como parcerias entre instituições (como o Instituto 3M, universidades e organizações como a **Febrace**) podem gerar condições para o empoderamento de professores, que assumem o papel de mentores de jovens cientistas e engenheiros. Esse programa ofereceu formação de 120 horas a centenas de docentes do Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Técnico, focando em orientar projetos de iniciação científica e tecnológica alinhados à realidade do *Novo Ensino Médio*.

Em paralelo, a **Febrace (Feira Brasileira de Ciências e Engenharia)** vem, há anos, inspirando e canalizando a criatividade de estudantes de todo o país. A cada edição, milhares de jovens apresentam projetos de ciência e engenharia que muitas vezes nascem de problemas reais de suas comunidades, seja uma solução de energia limpa, um dispositivo de acessibilidade ou uma inovação em saúde. Além de reconhecer e premiar esses talentos, a Febrace desempenha um papel formativo: prepara alunos e professores para o rigor do método científico e de engenharia, promove a troca de experiências e abre portas para feiras internacionais.

O efeito dessas iniciativas é tangível e cumulativo, professores e alunos engajados por esses programas carregam adiante a cultura de inovação, inspirando colegas e fortalecendo uma rede de educação voltada à resolução criativa de problemas. Em nível de política educacional e colaboração entre redes de ensino, o **Encontro Nacional de Educação STEAM** se destaca como um catalisador estratégico.

O Encontro STEAM evidencia que, quando se alinham esforços de base (escolas e professores inovadores) com apoio institucional (universidades, fundações, secretarias de educação), é possível acelerar mudanças de paradigma. Cada professor inspirado nesta iniciativa torna-se um multiplicador de práticas inovadoras, adaptando as ideias vivenciadas às realidades locais e influenciando colegas e gestores a apoiarem a cultura de engenharia e inovação na escola. Por mais promissoras que sejam essas iniciativas, reconhecemos que existem desafios significativos para a adoção eficaz de abordagens de engenharia na Educação Básica.

Um dos principais é a **formação docente**: muitos professores nunca tiveram contato, em sua graduação, com conceitos de engenharia, robótica ou metodologias de aprendizagem por projetos. Superar essa lacuna requer investimentos contínuos em capacitação, formação continuada e acompanhamento pedagógico, para que os educadores se sintam seguros para mediar projetos complexos e tecnológicos.

Outro **desafio é a infraestrutura**: nem todas as escolas dispõem de laboratórios, computadores ou kits didáticos; em alguns casos faltam até espaços básicos adequados para atividades em grupo. A criação de espaços maker e laboratórios de ciências de baixo custo (como demonstrado pelo Maker Space IoT) é uma alternativa, mas ainda demanda recursos, planejamento e manutenção.

Além disso, há o **desafio da avaliação**: os métodos tradicionais (provas, trabalhos escritos) nem sempre capturam bem as competências desenvolvidas em projetos de engenharia, como a criatividade, a colaboração e o pensamento crítico. É necessário inovar também nos instrumentos de avaliação – portfólios, rubricas de desempenho, avaliações formativas baseadas em observação – de forma a valorizar o processo e não apenas o produto.

Por fim, existem **resistências naturais à mudança**: incorporar projetos e práticas mão na massa exige reorganizar currículos, ajustar cronogramas e até quebrar barreiras culturais dentro da escola. Enfrentar esses desafios implica engajamento de toda a comunidade escolar, apoio dos gestores e políticas públicas que sustentem essa transformação de maneira sistemática.

Cabe ressaltar que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), embora não cite explicitamente o termo “engenharia” em seus textos, abre diversos espaços para o desenvolvimento dessas competências na prática. A BNCC enfatiza, por exemplo, o pensamento computacional, a resolução colaborativa de problemas, a investigação científica e a criação de protótipos como parte das habilidades a serem desenvolvidas em várias etapas da Educação Básica.

Quando um professor estimula o aluno a identificar um problema local, pesquisar soluções possíveis, planejar e testar uma intervenção (ainda que simples, como um experimento ou modelo), ele está aplicando o método de engenharia dentro dos objetivos da BNCC. Os projetos integradores e eletivas do Novo Ensino Médio também oferecem oportunidades para inserir desafios de engenharia, desde a programação de um robô em um clube de matemática até o design de uma solução que envolve preocupações com o meio ambiente em um projeto de Ciências. Ou seja, a engenharia já está presente nas entrelinhas do currículo, disfarçada de criatividade, pensamento científico e protagonismo juvenil.

Referências

ABET. **Criteria for accrediting engineering programs**: 2022-2023. Baltimore, MD: ABET, 2022.

BLUMENFELD, P. C. *et al.* Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning. **Educational Psychologist**, v. 26, n. 3-4, p. 369-398, 1991.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 13 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 13 abr. 2025.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação Infantil e Ensino Fundamental. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal.pdf. Acesso em: 13 abr. 2025.

BREQUE, M.; DE NORONHA, T.; KECHAGIAS, E. **Industry 5.0**: a transformative vision for Europe – towards a sustainable, human-centred and resilient European industry. Brussels: European Commission, 2021.

CARVALHO, L. De A.; TONINI, A. M. Uma análise comparativa entre as competências requeridas na atuação profissional do engenheiro contemporâneo e aquelas previstas nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia. **Gestão & Produção**, v. 24, n. 4, p. 829-841, out. 2017.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (Brasil). Resolução CNE/CES 11/2002, de 11 mar. 2002. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 25 fev. 2002.

DESAFIO DE INOVAÇÃO INSTITUTO 3M. 2025. Disponível em: <https://formacao3m.febrace.org.br/v2025/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO STEAM 2025. Disponível em: <https://encontresteam.febrace.org.br/v2025/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

FALLOON, G.; FORBES, A.; STEVENSON, M.; BOWER, M.; HATZIGIANNI, M. STEM in the making? Investigating STEM learning in junior school makerspaces. **Research in Science Education**, p. 1-27, 2020. DOI: 10.1007/s11165-020-09949-3.

FEBRACE. **Feira Brasileira de Ciências e Engenharia**. 2025. Disponível em: <https://febrace.org.br/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. **Journal of Engineering Education**, v. 94, n. 1, p. 121-130, 2005.

FLORES, C. Problem-based science, a constructionist approach to science literacy in middle school. **International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 16, p. 25-30, 2018. DOI: 10.1016/j.ijcci.2017.11.001.

GUIMARÃES JUNIOR, J. C. *et al.* O papel da educação STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) no desenvolvimento de habilidades do século XXI. **Revista Acadêmica Online**, v. 10, n. 49, p. e1379, 2024. DOI: 10.36238/2359-5787.2024.003. Disponível em: <https://revistaacademicaonline.com/index.php/rao/article/view/1379>. Acesso em: 10 abr. 2025.

HUGHES, J.; FRIDMAN, L.; ROBB, J. Exploring maker cultures and pedagogies to bridge the gaps for students with special needs. In: **Transforming our world through design, diversity and education**. Amsterdam: IOS Press, 2018. p. 393-400. DOI: 10.3233/978-1-61499-923-2-393.

LOPES, R. de D. *et al.* **Espaços e cultura maker na escola**. São Paulo: Edição dos Autores, 2021a. ePub. Disponível em: https://febrace.org.br/wp-content/uploads/2021/08/IoT-EM_Vol1-Maker-Space.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025.

LOPES, R. de D. *et al.* **Aprendizagem por problemas e projetos**. São Paulo: Edição dos Autores, 2021b. ePub. Disponível em: https://febrace.org.br/wp-content/uploads/2021/09/IoT-EM_Vol3-Aprendizagem-por-problemas-e-projetos.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025.

LOPES, R. de D. *et al.* **Guia para a prática da educação em STEAM no ensino médio**: Projeto STEAM Território São Paulo. São Paulo: Edição dos Autores, 2021c. Disponível em: https://febrace.org.br/wp-content/uploads/2023/06/PT_guia_steam.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025.

LUCENA, J.; DOWNEY, G.; JESIEK, B.; ELBER, S. Competencies beyond countries: the re-organization of engineering education in the United States, Europe, and Latin America. **Journal of Engineering Education**, v. 97, p. 433-447, 2008. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2008.tb00991.x.

MARWEDEL, P. **Embedded system design**: embedded systems foundations of cyber-physical systems, and the Internet of Things. 5. ed. Cham: Springer International Publishing, 2021.

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SANTANA, A. L. M. **Educação em engenharia na era da indústria 4.0**: um método para operacionalizar o desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos, baseados na resolução de problemas reais. 2023. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

SANTANA, A. L. M.; LOPES, R. de D. Active learning methodologies and Industry 4.0 skills development – a systematic review of the literature. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE TECNOLOGIAS DE APRENDIZAGEM (LACLO), 15., 2020, on-line. **Anais [...]**. Piscataway: IEEE, 2020.

SANTANA, A. L. M.; LOPES, R. de D. Using real-world problems and project-based learning for future skill development: an approach to connect higher-education students and society through user-centered design. In: EHLERS, U. D.; EIGBRECHT, L. (org.). **Creating the university of the future**: a global view on future skills and future higher education. Wiesbaden: Springer, 2024.

SANTOS, E. M. F. **Considerações para a criação de ambientes maker escolares na educação básica**. 2024. Tese (Doutorado em Sistemas Eletrônicos) – Esco-

la Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024. DOI: 10.11606/T.3.2024.tde-17012025-082717. Acesso em: 14 abr. 2025.

SANTOS, E. M. F.; MATA, L. R.; ESTEVES, F. R.; LOPES, R. de D. Aprendizagem ativa como principal estratégia para atendimento das novas diretrizes curriculares nacionais em engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 2020, on-line. **Anais** [...]. 2020. Disponível em: https://admin.abenge.org.br/public/conteudo/artigo?cod_trab=3260. Acesso em: 15 abr. 2025.

SANTOS, E. M. F.; ONISAKI, H. H. C. **Espaço STEAM na escola: guia completo para professores e gestores da educação básica e técnica**. São Paulo: EPUSP-Escola Politécnica, 2023. Disponível em: https://febrace.org.br/wp-content/uploads/2023/11/PT_Ebook-ESPACO-STEAM-NA-ESCOLA.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025.

SANTOS, E. M. F.; SACAY, M. N. **Internet das Coisas para iniciantes: da teoria à prática**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2025. 400 p. ISBN 978-85-396-5189-4.

SANTOS, E. M. F.; SACAY, M. N.; CAVALCANTE, M. A.; FREITAS, J. A. A. **Práticas para aprendizagens híbridas e interdisciplinares envolvendo criação, inventividade e computação física**. São Paulo: Secretaria Municipal de Educação de São Paulo/COPED, 2021. 60 p. ISBN 978-65-88021-33-0.

SANTOS, E. M. F.; VENANCIO, V.; SANTOS, E. M. F.; SANTANA, A. L. M.; LOPES, R. de D. Paths for the implementation and management of school maker environments. In: WORLD CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (WORLDCIST'25), 13., 2025, Florianópolis. **Proceedings** [...]. Cham: Springer, 2025.

THOMAS, J. W. **A review of research on project-based learning**. San Rafael: Autodesk Foundation, 2000. Disponível em: https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf. Acesso em: 11 abr. 2025.

VENANCIO, V. *et al.* Formação de professores para uso de espaços “mão na massa” em escolas da educação básica brasileira. In: SÁNCHEZ, J. (ed.). **Nuevas ideas en informática educativa**, v. 17, p. 149-158, 2023. ISBN 978-956-416-583-7. Disponível em: https://www.tise.cl/2023/doc/FullPapers/TISE_2023_paper_79.pdf. Acesso em: 3 abr. 2025.

VENANCIO, Valkiria; LOPES, Roseli de D. Evolutionary and Cooperative Process of Using DICT in the Continuous Training of Teachers in URTI: From Moodle to GenAI. In: CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE TECNOLOGÍA DE APRENDIZAJE, 19., 2024, Montevideo. **Proceedings**. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-96-3698-3_11. Acesso em: 06 maio 2025.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs report 2025**. Geneva: World Economic Forum, 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2025/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

LA MATEMÁTICA COMO PUENTE EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS: UNA EXPERIENCIA COLABORATIVA ENTRE ARGENTINA Y BRASIL

María Beatriz Boucíguez¹

Eloiza Gomes²

Juliana Martins Philot³

Mariano Ferreyro⁴

Introducción

Hoy el mundo se encuentra atravesando la transición de la “revolución digital” y ya ha surgido la “revolución robótica”, la velocidad a la que suceden los cambios tecnológicos nos interpela a pensar el rol de la educación. En el caso particular de la formación de ingenieros se requiere, cada vez más, de profesionales que puedan gestionar, diseñar soluciones y trabajar en contextos de incertidumbre.

En este contexto la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería, ASIBEI, define que el ingeniero iberoamericano debe ser un ingeniero global con compromiso y pertinencia local, con sólidas bases científicas, técnicas, tecnológicas, culturales, y con arraigados valores y principios, consciente de la importancia y significado de sus nexos con la historia y el desarrollo regional, fiel a sus compromisos sociales y ambientales, atento a la identificación de los problemas

¹ Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Olavarría, Argentina) - FIO UNICEN.

² Instituto Mauá de Tecnologia (São Paulo, Brasil) - IMT.

³ Instituto Mauá de Tecnologia (São Paulo, Brasil) - IMT.

⁴ Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Olavarría, Argentina) - FIO UNICEN.

y oportunidades del entorno para actuar de manera responsable y competente en cualquier escenario nacional e internacional (CONFEDI, 2016).

Es por ello, que la identificación y caracterización de los atributos deseables en los ingenieros iberoamericanos deben hacer parte de un compromiso de transformación de la educación en ingeniería para desarrollar estrategias que atiendan los diferentes escenarios futuros y las necesidades sociales de cada país de la región, buscando su desarrollo económico y tecnológico, como así también el fortalecimiento de su infraestructura material. Atributos que deben considerarse articulados con las competencias tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales.

Esto amerita establecer acuerdos que nos permitan generar redes con otras universidades, al menos, en nuestro continente para hacer de la ingeniería el eje transformador de la región.

En este capítulo, se analiza el impacto de la colaboración internacional en la formación de ingenieros, destacando el papel de las competencias genéricas definidas por Argentina y Brasil, la implementación de metodologías innovadoras como Collaborative Online International Learning (COIL) y el uso de estrategias didácticas basadas en la resolución de problemas. Estas iniciativas, desarrolladas por el Instituto Mauá de Tecnología (San Pablo, Brasil) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Olavarría, Argentina), buscan posicionar a la ingeniería como el eje transformador de la región y fortalecer la formación integral de los futuros profesionales.

1. Competencias de los egresados de carreras de ingeniería. comparación de documentos oficiales de Argentina y Brasil

En 1997, por iniciativa del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina (CONFEDI) y de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), se organizó el Primer Encuentro Iberoamericano de Directivos de instituciones dedicadas a la formación de ingenieros con la finalidad de promover el intercambio de experiencias y generar acciones comunes para el desarrollo de la enseñanza de la ingeniería en los países de la región. Desde entonces, ASIBEI se ha consolidado como un foro de referencia académica en la enseñanza de la ingeniería, promoviendo la calidad y definiendo directrices curriculares

ASIBEI se consolidó en 1998 con un plan de actividades inicial, realizando su primera Asamblea General en Argentina (1999) y formalizando su sede en Bogotá (Colombia) en el año 2000.

Desde su creación se ha constituido en un foro de debate y acuerdo entre las instituciones de los 13 países de Iberoamérica que la conforman y en un referente académico en cuestiones referidas al aseguramiento de la calidad de la enseñanza en ingeniería, definiendo directrices curriculares como así también, el perfil del ingeniero iberoamericano.

En noviembre de 2013, en Valparaíso (Chile) a través de una declaración se aprueba el documento Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano, posteriormente y complementado a éste se aprueba, en Ushuaia (Argentina) el documento de Perfil del Ingeniero Iberoamericano. Ambos tienen como objetivo orientar los procesos de formación de los futuros ingenieros, no solo apuntando a la adquisición de conocimientos, sino también al desarrollo de habilidades y capacidades que les permitan aplicar estos conocimientos en situaciones profesionales reales, abogando por el desarrollo de currículos basados en competencias.

Además, entre sus ejes de trabajo destacaron que el intercambio y la movilidad constituyen elementos estratégicos para la integración regional, promoviendo el conocimiento de diferentes sistemas académicos y realidades sociales.

Este proceso debe basarse en la flexibilidad, superando barreras burocráticas y permitiendo una mayor confianza entre las instituciones. Se adoptó como referencia la propuesta de competencias genéricas de CONFEDI, que incluye diez competencias complejas e integradas, que abarcan aspectos teóricos, procedimentales y éticos, enfocados al desempeño profesional del ingeniero, tanto técnicamente preparado como socialmente comprometido. Estas competencias genéricas, así como las habilidades específicas de cada una de ellas, se presentan en CONFEDI (2016).

Por otra parte, en Argentina, en 2018, CONFEDI aprueba la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, con los siguientes objetivos principales:

- Actualizar y consolidar el actual modelo de formación de ingenieros.
- Consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante.
- Definir un modelo comparable internacionalmente.
- Definir un enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento.
- Asegurar el cumplimiento de las actividades reservadas definidas para cada título (CONFEDI, 2018).

En tanto que, en 2019, las nuevas Directrices Curriculares Nacionales para la Carrera de Ingeniería de Grado fueron aprobadas en Brasil por la Cámara de Educa-

ción Superior del Consejo Nacional de Educación. Estas directrices tienen como objetivo formar ingenieros con una formación integral, que incluya conocimientos técnicos, sociales y humanos, así como las habilidades necesarias para insertarse en el mercado de trabajo. Éstas proponen que los planes de estudio se basen en el desarrollo de habilidades, en lugar de simplemente un conjunto de contenidos, enfatizando que los contenidos deben ser implementados dentro del contexto de desarrollo de competencias, contextualizados en entornos de ingeniería y no vistos simplemente como un fin en sí mismos (ABENGE, 2018).

A primera vista, se observa que ambos documentos tienen como foco principal el desarrollo de competencias. Por tanto, para trabajar en conjunto entre Brasil y Argentina se torna esencial realizar un análisis comparativo de las competencias destacadas en cada uno de estos documentos, con el fin de identificar sus similitudes y promover una integración más efectiva.

En el Cuadro 1 se listan las competencias genéricas como se presentan en los documentos oficiales de ambos países se enumeran con algunas modificaciones para una mejor claridad de lectura. Por ejemplo, en los documentos argentinos las competencias uno a siete se denominan Competencias Tecnológicas y las demás Competencias sociales, políticas y actitudinales. En cuanto a los brasileños, cada una de las competencias viene con algunos descriptores que fueron omitidos. Este análisis permite identificar puntos clave para la integración de enfoques educativos que favorezcan el desarrollo de ingenieros globales con compromisos locales.

Aunque los documentos argentinos enumeran 10 competencias y los brasileños sólo 8, son equivalentes. La competencia argentina 1 corresponde a la I brasileña, las competencias 2 y 4 argentinas corresponden a la III y IV brasileñas, la 4 argentina corresponde a la IV brasileña, la 5 a la II brasileña, la 6 de ambos documentos son similares, la 7 equivale a la V, la 8 corresponde a la VII y la 9 argentina coincide con el VIII de Brasil.

En conclusión, los documentos de ambos países conciben la formación en ingeniería de manera muy similar.

Estas similitudes establecen una base sólida para implementar iniciativas conjuntas, como las desarrolladas entre el IMT y la FIO UNICEN, que aprovechan este marco común para diseñar estrategias colaborativas que fortalecen la formación profesional en contextos internacionales.

Cuadro 1 - Competencias Genéricas

Argentina Libro Rojo de CONFEDI	Brasil Resolución CNE CES 2-2019. Capítulo II. El perfil y competencias de egreso esperadas. Art. 3º y 4º
1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	I - Formular y diseñar soluciones de ingeniería deseables, analizando y entendiendo los usuarios de estas soluciones y su contexto
2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería. 4. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.	III - Concebir, diseñar y analizar sistemas, productos (bienes y servicios), componentes o procesos: a) ser capaz de concebir y diseñar soluciones creativas, deseables y viables, técnicas y económicamente, en los en los que se aplicarán. b) diseñar y determinar los parámetros constructivos y operativos de las soluciones Ingeniería; c) aplicar conceptos de gestión para planificar, supervisar, preparar y coordinar proyectos y servicios de ingeniería.
3. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería	
4. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería	IV - Implementar, supervisar y controlar soluciones de Ingeniería.
5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas. 10. Actuar con espíritu emprendedor	II - Ser capaz de investigar, desarrollar, adaptar y utilizar nuevas tecnologías, con acción innovadora y emprendedora.
6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo	VI - Trabajar y liderar equipos multidisciplinarios
7. Comunicarse con efectividad.	V - Comunicarse eficazmente en forma escrita, oral y gráfica
8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.	VII - Conocer y aplicar éticamente la legislación y los actos normativos en el ámbito de la profesión
9. Aprender en forma continua y autónoma	VIII - Aprender de forma autónoma y afrontar situaciones y contextos complejos, actualizándose en relación a los avances de la ciencia, la tecnología y los desafíos de la innovación

Fuente: elaboración propia.

2. Aprendizaje Internacional Colaborativo en Línea (COIL)

Durante las últimas cinco décadas, la internacionalización ha emergido como una prioridad clave para muchas instituciones de educación superior en todo el mundo, convirtiéndose en un componente estratégico dentro de los planes universitarios (RUBIN, 2017).

La movilidad, tanto de estudiantes como de docentes, ha sido la principal actividad asociada con la internacionalización universitaria. Este fenómeno ha incluido la participación en programas de intercambio o estudios en el extranjero. Asimismo, proyectos como las dobles titulaciones y las investigaciones conjuntas forman parte de esta dinámica.

Por otro lado, esfuerzos como la internacionalización en casa (IaH) han buscado incorporar aprendizajes globales en los currículos sin requerir movilidad física. Sin embargo, diseñar experiencias significativas en este ámbito ha sido y es un desafío constante.

En los primeros intentos de internacionalización virtual, algunos docentes, generalmente sin respaldo institucional, comenzaron a conectar sus cursos con clases en universidades de otros países, muchas veces apoyándose en relaciones previas derivadas de proyectos de investigación o encuentros en eventos académicos.

Estas prácticas, conocidas bajo distintos nombres, tales como movilidad virtual o aprendizaje en red global, evolucionaron hacia lo que hoy se denomina *Collaborative Online International Learning* (COIL), término acuñado en 2006 (RUBIN, 2017).

En ese año, se fundó el Centro SUNY COIL en Purchase College, Universidad Estatal de Nueva York, con el objetivo de promover la colaboración intercultural mediante cursos innovadores. Esta forma de trabajo permitió que aquellos estudiantes que no podían acceder a algún programa de movilidad tuvieran la oportunidad de formarse en competencias interculturales como una respuesta a la demanda creciente de profesionales con la capacidad de enfrentar los desafíos de la globalización educativa, en su futura práctica profesional (MEZA, 2020).

Los módulos COIL deben cumplir cuatro condiciones esenciales para ser considerados un verdadero «intercambio virtual». Estas condiciones, que se presentan en el Cuadro 2, son acumulativas y estrictas.

Cuadro 2. Condiciones esenciales para una actividad

Condición	Descripción
Colaborativa	Los profesores imparten la asignatura en igualdad de condiciones, mientras que los estudiantes se encuentran en una posición que les obliga a cooperar eficaz y eficientemente para alcanzar los resultados esperados por la actividad.
En línea	La interacción entre estudiantes y profesores tiene lugar predominante o exclusivamente en línea.
Internacional	Hay una interacción significativa entre profesores y estudiantes de dos (o más) países diferentes, promoviendo el desarrollo de competencias internacionales e interculturales.
Aprendizaje	Los módulos COIL son actividades de aprendizaje que deben formar parte integrante del plan de estudios, no ser un «extra» opcional o carecer de importancia.

Fuente: elaboración propia adaptada de Rubin, 2017.

Además, estas condiciones pueden utilizarse como complemento de la movilidad física de corta duración para profesores y estudiantes, creando una «movilidad combinada». Aunque los módulos COIL pueden incluir reuniones físicas, es esencial que los profesores se reúnan cara a cara en la fase de planificación para garantizar la confianza necesaria para enseñar juntos.

Para asegurar la eficacia de los módulos COIL, es esencial que el concepto esté firmemente integrado en la institución y se reconozca como una forma importante de internacionalización. Ello requiere que el personal docente reconfigure los cursos y las tareas para adaptarse a la enseñanza en línea conjunta con socios internacionales. Este proceso requiere una considerable inversión de tiempo, sobre todo al principio.

Además de las cuestiones pedagógicas, el uso eficaz de la tecnología es crucial para el éxito del COIL. Se necesita un buen soporte tecnológico para evitar la falta de comunicación y la frustración durante la interacción en línea. Por último, el éxito de los módulos COIL depende de la existencia de sólidas asociaciones internacionales entre universidades, con el apoyo de oficinas internacionales que ayuden a los profesores a crear y gestionar eficazmente estas asociaciones.

Por otra parte, el impacto de la pandemia de COVID-19 (2020 y 2021) aceleró la virtualización en las universidades, promoviendo la innovación y el uso masivo de las Tecnologías de la Comunicación y la Información (TIC). En este contexto, la inte-

gración de experiencias internacionales en la educación superior se volvió relevante para la formación integral de los estudiantes y el aprendizaje colaborativo internacional en Línea (COIL) se convirtió en una alternativa metodológica.

Luego de una revisión de artículos en Internet sobre experiencias COIL en América Latina, hemos identificado que este modelo ha sido implementado en una variedad de disciplinas, como ciencias sociales, humanidades, administración y negocios y ciencias de la salud. Sin embargo, no se han encontrado referencias a cursos relacionados a ingeniería dirigidos a estudiantes de primer año. Tampoco se han encontrado experiencias específicas en la disciplina de la matemática vinculada con ingeniería. Esto pone de manifiesto la singularidad de esta propuesta, ya que aborda un vacío significativo en el campo de la enseñanza colaborativa internacional en línea aplicada a las primeras etapas de la formación en ingeniería y al aprendizaje de conceptos matemáticos fundamentales.

Esto resalta la oportunidad de posicionar a COIL como una metodología transformadora en la enseñanza de ingeniería, especialmente en áreas como las matemáticas, donde la colaboración internacional puede potenciar el aprendizaje y la innovación desde las etapas iniciales de la formación profesional.

3. Historia previa de trabajo conjunto

Desde el año 2021, se han venido desarrollando actividades conjuntas de investigación con docentes e investigadores de la Pontificia Universidade Católica de São Paulo (Brasil), del Instituto Mauá de Tecnologia (São Paulo, Brasil), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (Argentina).

El objeto de este trabajo conjunto considera que en la formación de los futuros ingenieros se tiene la oportunidad de incluir actividades de internacionalización online en las unidades curriculares de Ciencias Básicas y Matemáticas, algo relevante ya que cada vez es más importante formar ingenieros con un perfil internacional que se comuniquen bien, dominen diferentes idiomas, sean resilientes, creativos, críticos, colaboradores, con una aguda conciencia global, capaces de moverse en entornos multiculturales, actuar en escenarios inciertos, resolver problemas, trabajar en red, utilizar las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TIC) y participar en trabajos colaborativos en entornos remotos.

Actualmente, la formación de los ingenieros se basa en el eje de la profesión y en el desarrollo de competencias profesionales que les permitan actuar eficazmen-

te en un futuro incierto. En este contexto, el desarrollo de estas competencias no se limita al final del curso, sino que se extiende desde el principio y a lo largo de toda la carrera. Por ello, asignaturas como las matemáticas deben alinearse con esta tendencia, lo que implica cambios profundos en la forma de enseñarlas, tanto desde el punto de vista curricular como epistemológico y didáctico, con el fin de incidir en la estructura de pensamiento del futuro profesional. (LIMA *et al.*, 2023)

Según Lima, Bianchini y Gomes (2021), para que las asignaturas de Matemáticas en los cursos de Ingeniería sean más atractivas para los estudiantes y eficaces en la formación de los futuros ingenieros, es esencial que, desde el principio, promuevan actividades de grupo que integren las ciencias básicas y las Matemáticas, de modo que los estudiantes puedan reconocer estos contenidos como los fundamentos de su formación, y no como asignaturas aisladas. La motivación de los estudiantes de Ingeniería para estudiar Matemáticas puede intensificarse si se demuestra claramente cómo se aplican los conceptos de esta ciencia en la industria, la sociedad y, sobre todo, en la futura práctica profesional. Asimismo, la inclusión de problemas cercanos a la realidad potencia el desarrollo de las competencias necesarias para su campo laboral

En el marco de ese trabajo conjunto entre docentes e investigadores de las cuatro instituciones antes mencionadas, se ha realizado el diseño y elaboración de problemas, uno de ellos, referido a la modelización de una situación vinculada a la propagación de un virus, dado que en el momento que se aplicó, se estaba atravesando la pandemia de COVID-19, y otro que abordaba el estudio y caracterización de la función que describe el movimiento de un pórtico. Ambas actividades fueron implementadas con estudiantes de primer año de ingeniería, organizados en equipos mixtos de Argentina y Brasil. Los problemas se resolvieron en modalidad mixta (virtual y sincrónica), con la participación de profesores que facilitaron el proceso, ayudaron con cuestiones de idioma y realizaron intervenciones puntuales si era necesario. Esta dinámica buscó favorecer el desarrollo de competencias como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la comunicación efectiva. Esta propuesta se enmarca en la línea de investigación “Teoría de la Matemática en Contexto de las Ciencias” referida por Patricia Camarena (2021). Este enfoque considera a la matemática como una herramienta formativa clave en profesiones en donde no se van a formar matemáticos, ya que permite pronosticar comportamientos, desarrollar un orden lógico mental para la profesión y la vida cotidiana, desarrollar habilidades de pensamiento, de argumentación, adquirir espíritu crítico, analítico y creativo. Mayores detalles de esta teoría pueden ser encontrados en Camarena (2021).

Resultados de estas experiencias han sido publicadas en el artículo “Percepción de profesores y alumnos de una actividad de internacionalización en casa que reunió a profesores de matemática y estudiantes de ingeniería de Argentina y Brasil”, Lima *et al.*, 2023, en el cual se refleja el compromiso con la innovación educativa y el fortalecimiento de la colaboración interinstitucional en el campo de la ingeniería.

Paralelamente, y con la perspectiva de un trabajo a largo plazo se gestionó la institucionalización de los mismos lo que finalmente, en el año 2022, se cristaliza en la firma de un convenio marco de colaboración entre la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y el Instituto Mauá de Tecnología, incluyendo entre sus actividades de cooperación estudios conjuntos de investigación, programas y planes de estudio, la realización de seminarios, coloquios y simposios, visitas de corta duración, intercambio estudiantil de grado y de posgrado, el intercambio de información y publicación y cualquier otra actividad de cooperación acordadas entre ambas partes en los campos académico, científico, social y cultural.

En 2023, se presentó la propuesta “Fronteras Compartidas: Colaboración Argentina-Brasil en la exploración de conceptos matemáticos en la resolución de problemas de ingeniería y en la Identificación de Funciones y Disfunciones Cognitivas”, en el marco de la convocatoria denominada Proyectos de Actividades Especiales (PAE) del IMT. En esta oportunidad, destinada a estudiantes del IMT y de la FIO UNICEN. Al ser realizado en el marco de una actividad curricular institucional, para los estudiantes del IMT significaba un reconocimiento dentro de su plan de estudios.

El proyecto se centró en la resolución de problemas en contextos extramatemáticos tal como el cálculo de la velocidad límite en una ruta, permitiendo a los estudiantes aplicar conceptos fundamentales de matemáticas a situaciones prácticas. Se trabajó con dos problemas diseñados específicamente para fomentar el análisis crítico y la modelización matemática. Los participantes se organizaron en grupos formados por estudiantes de Argentina y Brasil con la guía de un profesor responsable que facilitó las actividades y promovió el trabajo colaborativo. Al igual que en las actividades que se habían realizado anteriormente, esta dinámica buscaba favorecer el desarrollo de competencias profesionales esenciales, como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la comunicación efectiva. Además, se aprovechó la experiencia para que una de las docentes recopilara información para su investigación sobre funciones y disfunciones cognitivas en el aprendizaje matemático, siguiendo las propuestas de Feurestein, Feurestein y Falik (2014).

Estas experiencias no solo han permitido consolidar vínculos entre las instituciones participantes, sino que también sentó las bases para proyectos educativos

innovadores, como la implementación de un COIL en el marco curricular de ambas universidades. Estos proyectos representan un avance significativo en la integración de enfoques colaborativos e internacionales en la enseñanza de las matemáticas y su relación con problemáticas reales.

4. Narrativa argumentativa

Antes de detallar la experiencia del COIL entre el IMT y la FIO UNICEN, objetivo principal de este capítulo, se presentará el concepto de “narrativa argumentativa” como herramienta tanto de aprendizaje como de evaluación.

La narrativa argumentativa se justifica principalmente por su capacidad para fomentar la metacognición, promover la reflexión crítica y evaluar no solo los resultados finales, sino también los procesos cognitivos involucrados en la resolución de problemas. En el contexto del COIL, esta estrategia se convierte en un medio efectivo para que los estudiantes reflexionen sobre sus decisiones y justifiquen las elecciones realizadas a lo largo de la actividad, lo cual es fundamental en entornos colaborativos y multiculturales.

Al solicitar a los alumnos que redacten una narrativa argumentativa, no solo se evalúa la solución final al problema planteado, sino también el razonamiento detrás de cada decisión tomada, lo que brinda una visión más completa y enriquecedora del proceso de aprendizaje. Según Rivas (2019), esta práctica no solo permite que los estudiantes se apropien de su propio proceso de resolución, sino que también les brinda la oportunidad de reflexionar sobre las estrategias empleadas y las dificultades enfrentadas, promoviendo así un aprendizaje autónomo y más consciente.

La narrativa argumentativa, además, favorece el desarrollo de habilidades clave para los futuros profesionales, como la capacidad de comunicar de manera clara y justificada las decisiones tomadas. En un contexto como el del COIL, donde los estudiantes interactúan en un entorno de aprendizaje global y diverso, expresar sus razonamientos de forma estructurada y persuasiva cobra aún mayor relevancia. Según Soler y Gómez (2020), argumentar de manera fundamentada es crucial no solo para resolver problemas académicos, sino también en el ámbito profesional, donde los ingenieros deben ser capaces de comunicar soluciones complejas a diferentes públicos y en distintos contextos.

El componente reflexivo que caracteriza a la narrativa argumentativa también contribuye al desarrollo del pensamiento crítico y la toma de decisiones fundamentadas, competencias esenciales en la formación de ingenieros. Al describir detallada-

mente cada etapa del proceso, los estudiantes se ven impulsados a cuestionar sus propias decisiones, lo que les permite identificar posibles fallos en su razonamiento y mejorar sus soluciones. Según García y Martín (2021), esta reflexión no solo permite aprender de los éxitos, sino también de los errores, favoreciendo una mentalidad de mejora continua.

Una ventaja adicional de esta metodología es que, al incorporar elementos visuales y gráficos dentro de la narrativa, se facilita el uso de diferentes lenguajes matemáticos y tecnológicos, lo que mejora la comprensión por parte de los evaluadores y la capacidad del estudiante para presentar soluciones de manera integral. Pérez y Rodríguez (2022) destacan que el uso de representaciones gráficas dentro de la argumentación permite una mejor comprensión de los conceptos matemáticos, particularmente en problemas complejos y multidisciplinarios, donde se requieren diversas formas de representación.

En resumen, solicitar a los estudiantes que redacten una narrativa argumentativa en el marco del COIL no solo permite evaluar el conocimiento matemático de manera integral, sino que también fomenta habilidades críticas como la reflexión, la toma de decisiones fundamentadas y la comunicación efectiva. Este enfoque no solo responde a las necesidades del entorno académico, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos de su futura profesión, donde la capacidad de articular soluciones y razonamientos de manera clara y coherente es esencial para su éxito profesional.

4.1 Características clave de la narrativa argumentativa en el COIL

En el marco del COIL, la narrativa argumentativa se implementó como un componente esencial para la evaluación de los problemas propuestos. Los estudiantes no solo debían resolver el problema matemático, sino también estructurar un informe narrativo que incluyera:

- a. *La descripción del problema y su contexto*: Detallando las condiciones iniciales y el objetivo de la tarea.
- b. *El razonamiento detrás de las estrategias adoptadas*: Explicando por qué ciertas aproximaciones o métodos fueron seleccionados.
- c. *Las dificultades encontradas y cómo las resolvieron*: Incluyendo barreras de idioma, diferencias culturales o desafíos conceptuales.
- d. *Reflexiones personales*: Sobre lo que aprendieron, lo que encontraron más desafiante y qué aspectos les generaron mayor satisfacción.

Además, se pedía a los estudiantes que integraran elementos visuales, como gráficos y tablas, dentro de la narrativa para reforzar su explicación. Esto no solo facilitaba la comprensión de los evaluadores, sino que también promovía el uso eficaz de herramientas tecnológicas y lenguajes matemáticos, visuales y gráficos.

Es importante destacar que la narrativa argumentativa no sigue una estructura rígida, ya que la resolución de problemas es un proceso dinámico e iterativo. Los estudiantes pueden regresar a etapas previas, ajustar sus estrategias y reflexionar sobre sus decisiones a medida que avanzan en la tarea. Esto refleja cómo se enfrentan a problemas en el mundo real, donde la solución no siempre es lineal y requiere flexibilidad y adaptabilidad.

En resumen, la narrativa argumentativa se consolidó como una herramienta clave en el marco del COIL, ya que no solo permitió evaluar de manera integral las competencias matemáticas y comunicativas de los estudiantes, sino que también fomentó un aprendizaje profundo y significativo. Este enfoque les dio la oportunidad de reflexionar críticamente sobre su desempeño, conectando la teoría con la práctica y preparándolos para enfrentar los desafíos de su futura profesión.

4.2 Impacto en el aprendizaje y evaluación

El uso de la narrativa argumentativa en el COIL permitió no solo evaluar el nivel de comprensión matemática de los estudiantes, sino también otros aspectos esenciales de su formación, como:

- a. La capacidad de integrar conocimientos teóricos con aplicaciones prácticas.
- b. La habilidad para trabajar en equipo en entornos multiculturales y superar barreras lingüísticas o culturales.
- c. El desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, al analizar su propio proceso de aprendizaje y las estrategias utilizadas.
- d. La mejora de la comunicación escrita, especialmente en un contexto donde los estudiantes debían explicar conceptos matemáticos complejos a audiencias diversas.

5. Nuestra experiencia de COIL

En el contexto de la promoción de la inclusión de la internacionalización en el currículum y en base a la experiencia previa de trabajo colaborativo en línea entre la

FIO UNICEN y el IMT se avanzó en una nueva propuesta de trabajo conjunto. Para llevar adelante esta experiencia se optó por la metodología COIL la cual se desarrolló entre octubre y noviembre de 2023, con estudiantes de Matemática II de la FIO UNICEN y de Cálculo Diferencial e Integral II del IMT. Para esto, se seleccionó un contenido común a ambas asignaturas: Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de primer orden (EDO) entre otras razones por su importancia para modelar una amplia variedad de fenómenos dinámicos en ingeniería, fomentar el desarrollo de habilidades analíticas y de pensamiento crítico, y sentar las bases para el estudio de las ecuaciones diferenciales de orden superior y los sistemas de ecuaciones diferenciales en asignaturas posteriores de los planes de estudios.

Además de la construcción de conocimientos asociados a las EDO se trabajó sobre el desarrollo de competencias vinculadas con la resolución de problemas, el desarrollo del trabajo en equipo, la comunicación efectiva, el aprendizaje autónomo y las habilidades digitales de los participantes (CONFEDI, 2018).

Para implementar esta estrategia, los profesores y auxiliares de docencia de ambas instituciones participamos en el diseño de la experiencia y los estudiantes en la ejecución de las actividades diseñadas, haciendo que el COIL se vuelva parte de la clase dentro de la cursada de las respectivas asignaturas. El trabajo previo a la implementación se realizó de manera conjunta durante siete meses mediante reuniones por videoconferencia, incluyendo una estancia de diez días de las profesoras brasileñas en la FIO UNICEN. Durante la misma, se finalizaron y acordaron las acciones a desarrollar, que incluyeron el diseño del material teórico-práctico a utilizar para ambos grupos de estudiantes, la selección y elaboración de ejercicios y problemas, la planificación de la evaluación, la organización de encuentros en modalidad híbrida y el uso de un espacio virtual institucional para la comunicación, la entrega de actividades y como repositorio de material didáctico.

Además de los ejercicios y problemas incluidos en el trabajo práctico, se prepararon dos problemas de aplicación de las EDO que formaron parte de las entregas. El objetivo principal de estos problemas fue proporcionar a los estudiantes un contexto real y aplicado en el cual pudieran utilizar los conceptos y principios teóricos estudiados. Respecto a éstos, la resolución debía estar acompañada de una narrativa argumentativa, en la que se evidenciara cómo pensaron el problema, su interpretación, los caminos de resolución considerados, la adopción de un camino sobre los demás para dar respuesta al problema y la argumentación de cada paso. Si realizaban gráficas y tablas debían estar distribuidas a lo largo de la narrativa de tal forma que facilitara la lectura e interpretación de lo redactado. Además, debían incluir reflexiones

y comentarios, entre otras sobre lo que no les gustó, lo que les resultó difícil y lo que más les agradó de la resolución del problema; lo que aprendieron matemáticamente con la resolución y lo que consideraron que “no tenían del todo claro aún”, explicando qué preguntas les fueron surgiendo y pudieron responder y qué cuestiones les quedaron confusas, como así también, algo que dijeron los profesores, compañeros, o que vieron en un libro o internet y que eso hizo que de golpe se “hiciera la luz” ante una dificultad, y les ayudó a comprender mejor una idea.

Esta metodología se pensó como una herramienta significativa para fomentar el desarrollo de una comunicación escrita efectiva, como una estrategia de enseñanza centrada en el estudiante como así también un instrumento que favorece el aprendizaje autónomo, elementos que resultaron atractivos para transformar la práctica pedagógica diaria desde la base de un conocimiento y una reflexión crítica.

5.1 Implementación

El grupo de estudiantes estuvo constituido por 67 argentinos integrantes de la cursada 2023 segundo semestre de Matemática II y 35 brasileños que cursaban en distintas comisiones, anualmente, Cálculo Diferencial e Integral II.

Durante el desarrollo de la experiencia, se llevaron a cabo diversas actividades diseñadas para promover la interacción entre los estudiantes y el intercambio de conocimientos. En primer lugar, se realizaron encuentros sincrónicos entre docentes y estudiantes de ambas instituciones para establecer los objetivos y las expectativas de la experiencia. Estos encuentros proporcionaron un momento propicio para el conocimiento mutuo y el establecimiento de una base para la colaboración futura.

Posteriormente, se impartió una clase híbrida teórico-práctica a través de la plataforma Zoom, sobre el tema Ecuaciones Diferenciales a cargo de las profesoras responsables de ambas cátedras, brindando a los estudiantes los conocimientos necesarios para abordar los problemas matemáticos propuestos. Se les otorgó acceso a un aula virtual institucional donde se compartieron materiales teóricos y prácticos, lo que permitió a los estudiantes familiarizarse con los conceptos y técnicas relevantes para la resolución de problemas.

Luego, se formaron grupos compuestos por estudiantes de ambos países, y se les asignaron en distintos momentos dos problemas para resolver de manera colaborativa, los cuales requerían un sólido entendimiento de los conceptos matemáticos y su aplicación en situaciones prácticas de Ingeniería. Los estudiantes trabajaron en

equipos para analizar, comprender y resolver, aplicando estrategias de resolución de problemas y comunicación efectiva. La entrega de las producciones, que consistía en la resolución de una problemática y en la elaboración de una narrativa argumentativa sobre las resoluciones, fueron realizadas a través de la plataforma institucional. Las instrucciones para la realización de las actividades inicial y final fueron indicadas en la plataforma en los dos idiomas, Figuras 1 y 2.

Figura 1 - Indicaciones en plataforma virtual para la realización del Problema Inicial

✓ Trabajo en grupos - Trabalho em grupos

Deberán resolver el problema asignado al grupo y acompañarlo de una narrativa conjunta (revisar el texto explicativo que tienen en el aula virtual).

En la narrativa describir cómo pensaron el problema, su interpretación, los caminos de resolución considerados, la adopción de un camino sobre los demás para dar respuesta al problema y la argumentación de cada paso. Si realizan gráficas y tablas deben ser claras y distribuidas a lo largo de la narrativa de tal forma que facilite la lectura e interpretación de lo redactado. Además, deberán incluir reflexiones y comentarios.

Por dudas o consultas, preguntar a los equipos docentes.

Fecha de entrega de la 1ª actividad: 27/10/23 - 12 horas

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 - Indicaciones en plataforma virtual para la realización del problema final

✓ Problema final / Finales. Trabajo en grupos - Trabalho em grupos

Deberán resolver el problema asignado, entregando una única resolución acordada por el grupo y acompañarla de una narrativa conjunta (revisar el texto explicativo que tienen en el aula virtual).

En la narrativa describir cómo pensaron el problema, su interpretación, los caminos de resolución considerados, la adopción de un camino sobre los demás para dar respuesta al problema y la argumentación de cada paso. Si realizan gráficas y tablas deben ser claras y distribuidas a lo largo de la narrativa de tal forma que facilite la lectura e interpretación de lo redactado. Además, deberán incluir en el documento, una carátula indicando número de grupo y nombrando a los miembros del grupo, reflexiones y comentarios.

El documento deberá tener una carátula indicando número de grupo y nombre y apellido de los integrantes.

El nombre del archivo deberá tener el siguiente formato: GRUPO X_Problema final_Apellidos de los integrantes del grupo

Por dudas o consultas, preguntar a los equipos docentes.

Fecha límite de entrega de la narrativa del problema final en el recurso tarea de la plataforma FIO Virtual: 07/11/23 - 15 horas.

Fuente: Elaboración propia.

El equipo docente realizó una devolución individual de cada entrega a modo retroalimentación a través de la plataforma y luego una devolución grupal en modalidad híbrida, destacando los aspectos positivos y negativos desde su perspectiva. Posteriormente, se dio espacio para que los estudiantes también pudieran compartir sus observaciones desde su punto de vista.

Figura 3 - Ejemplo de una retroalimentación

Comentarios de retroalimentación

Editar Ver Insertar Formato Herramientas Tabla Ayuda

↶ ↷ **B** *I* A ▼ ▼ **H-P**

No hay que perder de vista que la intención de la narrativa es ponerse en el lugar del lector quien debe entender la secuencia y razonamiento que les permitió arribar a la conclusión del problema. Para esto también es imprescindible que argumenten cada paso que realizan y cada estrategia que ponen en juego.

La narrativa consiste en contar qué pensaron, qué cosas sucedieron en el desarrollo de esta experiencia y cómo resolvieron el ejercicio, de manera que pueda ser leído por un lector aún con poco conocimiento del tema y que pueda comprender lo realizado por ustedes.

La presentación de ustedes no cumple con la consigna solo encontramos la secuenciación de pasos de la resolución. Es por ello, que les solicitamos revisen el documento y lo adecuen para que resulte una narrativa.

Tiempo límite para esta presentación: 13/11/23

Fuente: Elaboración propia.

La primera actividad fue una prueba piloto (problema inicial) para observar cómo los estudiantes se organizaban para resolver la tarea y cómo se sentían trabajando en cada grupo, dado que debían superar la barrera del idioma y trabajar de manera virtual, entre otras, debido a ser una de las primeras actividades de estas características que realizaban en la universidad y muy probablemente en todo su trayecto educativo hasta ese momento.

Dentro de las condiciones de evaluación en el marco de COIL debía ser una actividad común a las asignaturas Matemática II y Cálculo Diferencial e Integral II, la cual consistió en la entrega de un informe escrito a través de la plataforma virtual.

En el caso de los estudiantes de la FIO UNICEN se les solicitó, además, que defendieran y narraran su experiencia, a través de una presentación oral, en el marco de la evaluación final de la asignatura Matemática II. Para los estudiantes del IMT la segunda actividad (problema final) formó parte de la calificación de la cursada de Cálculo Diferencial e Integral II.

La experiencia culminó con la realización de una encuesta a los estudiantes, la cual proporcionó información sobre percepciones positivas y negativas, así como sugerencias de mejora para futuras propuestas de este tipo.

5.2 Tarea docente

En cuanto a la tarea de los docentes, se trabajó en equipo para diversificar estrategias pedagógicas, didácticas y tecnológicas, y unificar criterios en la selección de problemas, metodología de trabajo implementada y evaluación. Esta colaboración entre argentinos y brasileños ha permitido enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la comparación de programas analíticos, activando redes de cooperación académica. Además, se ha fortalecido el uso adecuado de las TIC por parte de los profesores, fomentando la interacción entre grupos y el trabajo colaborativo, incluso en entornos interculturales y a distancia.

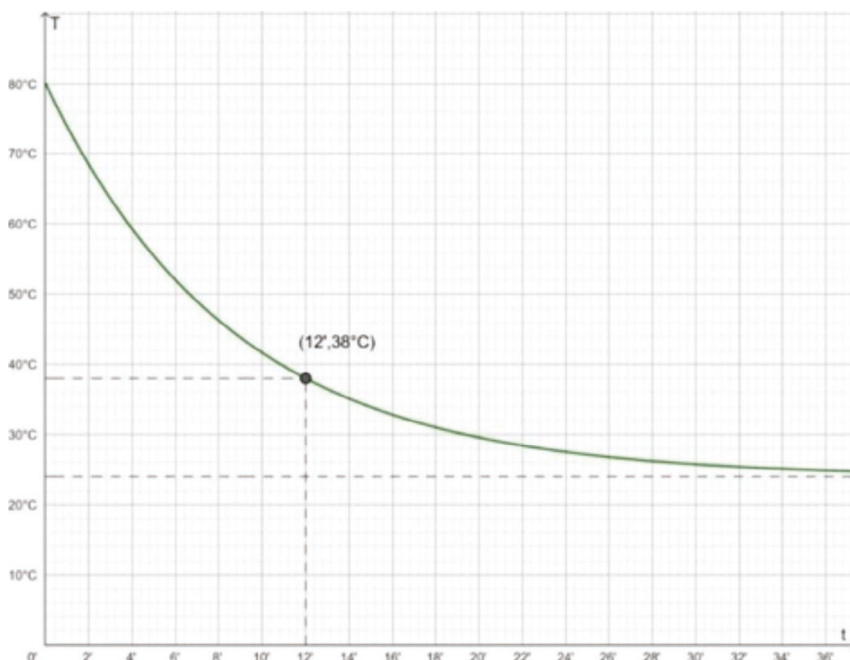
5.3 Los problemas

Como se mencionara en el ítem 6.1 los estudiantes realizaron dos entregas denominadas “Problema inicial” y “Problema final”.

Los problemas iniciales fueron diseñados, rediseñados y/o seleccionados según la demanda cognitiva y formaron parte de un trabajo práctico, administrado luego del abordaje teórico. Estaban referidos o vinculados a la ley de Malthus sobre poblaciones y a la Ley de enfriamiento de Newton, similares a ejemplos dados de las EDO. El objetivo más allá de la resolución de dichos problemas era el encuentro de los integrantes del grupo, promoviendo la interacción entre ellos y el intercambio de conocimientos, además de ensayar la redacción de una narrativa argumentativa.

A modo de ejemplo, se transcribe uno de ellos:

Una taza de café se enfría en una habitación donde la temperatura (T_m) es de 24°C de acuerdo a la ley de enfriamiento de Newton. Utilizar los datos de la gráfica de la temperatura para estimar las constantes T_0 (Temperatura Inicial) y k (constante de proporcionalidad). ¿Cuánto tiempo deberá transcurrir para que el café alcance la temperatura ambiente?



Por otra parte, para la actividad final se les propuso a los estudiantes resolver un problema vinculado a la segunda ley de Newton. A modo de ejemplo, el texto de uno de ellos es el siguiente:

Una grúa colocada en la parte superior de un edificio en construcción levanta un tanque de agua vacío que se colocará en la parte superior del edificio. Por un fallo en la fijación de los cables que la sujetaban, la caja se desprende y cae desde una altura de 60 m. Se sabe que la caja tiene una masa de 50 kg y su coeficiente de resistencia al aire es

$$10 \frac{\text{kg}}{\text{s}}.$$

¿Cuál es la velocidad final?

Observación: la resistencia es proporcional a la velocidad.

Considerar la aceleración debida a la gravedad:

$$10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

5.4 Desarrollo de habilidades asociadas al desarrollo de competencias profesionales

En el marco del COIL implementado entre el IMT y la FIO UNICEN, se trabajó específicamente en el desarrollo de tres competencias clave para la formación de ingenieros: *Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería, Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo y Comunicarse con efectividad*. Estas competencias fueron seleccionadas por su impacto directo tanto en el ámbito académico como profesional, dado que representan habilidades fundamentales para enfrentar problemas reales y colaborar en entornos multiculturales.

Para el análisis se tomaron como base las competencias ya enunciadas en el cuadro 1 comparativa de los documentos oficiales de Brasil y Argentina y el desagregado de las 10 Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano adoptadas por ASIBEI dado que actúan como orientador para las instituciones educativas de ambos países y definen el alcance en lo que hace a su contribución a la caracterización del Ingeniero Iberoamericano en términos de sus dimensiones.

En el cuadro 3 se enumeran las competencias desagregadas en capacidades, cuya implicancia se indica en la primera columna, mientras que en la segunda columna se describen las acciones llevadas a cabo en el marco del COIL para desarrollar la misma.

Cuadro 3 - Competencias desagregadas en capacidades

COMPETENCIA PARA IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS DE INGENIERÍA	
Capacidad para identificar y formular problemas	
Ser capaz de planificar la resolución	Los estudiantes debían analizar las situaciones planteadas en los problemas inicial y final, identificando las variables relevantes, las condiciones iniciales y los parámetros a resolver, fomentando la discusión de estrategias en equipo para plantear el problema final y explorar técnicas adecuadas para la resolución de ecuaciones diferenciales.

Ser capaz de elaborar informes	Se solicitó la entrega de un informe en español o portugués, siguiendo pautas predefinidas y con referencias a figuras y ejemplos (Figuras 1 y 2).
Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas:	
Ser capaz de controlar el propio desempeño y saber cómo encontrar los recursos necesarios para superar dificultades	Además de trabajar en la resolución matemática, los grupos debían enfrentar y superar desafíos relacionados con el idioma y la colaboración intercultural.
Ser capaz de monitorear, evaluar y ajustar el proceso de resolución del problema	Tanto en problema inicial como en el problema final, los estudiantes podían poner en juego diferentes estrategias de resolución, en algún caso la posible ventaja de presentar un esquema de la situación, ajustando este proceso a la presentación más conveniente.
Ser capaz de usar lo que ya se conoce; identificar lo que es relevante conocer, y disponer de estrategias para adquirir los conocimientos necesarios	Los estudiantes disponían de un apunte elaborado por el equipo docente que fue entregado al iniciar el COIL que podían complementar con bibliografía sugerida o bien a través de investigaciones propias.
COMPETENCIA PARA DESEMPEÑARSE DE MANERA EFECTIVA EN EQUIPOS DE TRABAJO.	
Capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos.	
Ser capaz de asumir como propios los objetivos del grupo y actuar para alcanzarlos.	Se promovieron acuerdos sobre la narrativa argumentativa, la asignación de tareas (como la confección del informe y la entrega en plataforma) y el cumplimiento de plazos.
Ser capaz de escuchar y aceptar la existencia y validez de distintos puntos de vista.	Se propició la interacción en equipo para permitir desarrollar habilidades de escucha activa y valorar opiniones diferentes.
Ser capaz de expresarse con claridad y de socializar las ideas dentro de un equipo de trabajo.	Se incentivó a los estudiantes a que compartir y discutir ideas de forma colaborativa, promoviendo una comunicación efectiva en un entorno multicultural
Ser capaz de interactuar en grupos heterogéneos, apreciando y respetando la diversidad de valores, creencias y culturas de todos sus integrantes.	Al integrar equipos mixtos con estudiantes de Argentina y Brasil, los participantes se enfrentaban y debían superar barreras lingüísticas y culturales, de modo de promover la diversidad como un valor.

COMPETENCIA PARA COMUNICARSE CON EFECTIVIDAD	
Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita.	La resolución de problemas incluía la elaboración de informes detallados con esquemas, gráficos, ecuaciones y la narrativa argumentativa, presentados en formato PDF mediante la plataforma.
Ser capaz de utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural).	En los informes debían combinar lenguaje matemático simbólico, representaciones gráficas y explicaciones narrativas para garantizar una comunicación efectiva.
Ser capaz de manejar las herramientas informáticas apropiadas para la elaboración de informes y presentaciones.	Se promovió el uso de herramientas digitales, como procesadores de texto, software gráfico y plataformas virtuales, para la entrega y presentación de los trabajos grupales.

Fuente: elaboración propia.

5.5 Resultados

A través de las entregas, los estudiantes mostraron buena comprensión de los conceptos matemáticos aplicados a situaciones físicas, como así también habilidad para aplicar estos conceptos en la resolución de problemas prácticos con alguna dificultad para la escritura de la narrativa argumentativa. Este buen desempeño académico evidencia la eficacia del enfoque colaborativo y la relevancia de la experiencia en el desarrollo de habilidades cognitivas. Aunque algunos estudiantes enfrentaron dificultades con el idioma, la comunicación constante a través de la plataforma virtual institucional y de videoconferencia facilitó la coordinación de actividades y la gestión de recursos compartidos. Esta colaboración efectiva subraya la importancia del trabajo en equipo y la capacidad de adaptación intercultural en entornos académicos y profesionales globales.

Al finalizar el COIL se administró una encuesta a los estudiantes mediante un formulario de Google con la finalidad de evaluar el impacto de esta experiencia. Los resultados reflejaron una valoración general positiva. Los estudiantes destacaron la interacción con compañeros de otro país, la posibilidad de aprender nuevas estrategias para resolver problemas y el uso de herramientas tecnológicas como GeoGebra y Excel. También señalaron que la experiencia les permitió interpretar problemas complejos, integrar diferentes perspectivas culturales y utilizar modelos matemáticos para abordar situaciones reales. Un aspecto particularmente significativo fue la

oportunidad de mejorar sus habilidades de comunicación, superando barreras idiomáticas y resaltando el rol del lenguaje matemático como un medio universal.

No obstante, se identificaron algunos desafíos. Varios estudiantes mencionaron que el tiempo asignado para resolver los problemas y entregar los informes fue insuficiente en alguno de los casos. Asimismo, algunos grupos enfrentaron dificultades en la integración de todos sus miembros, lo que afectó la colaboración plena. A pesar de estas limitaciones, la experiencia fue considerada enriquecedora tanto por los aprendizajes académicos como por el fortalecimiento de competencias transversales.

Algunas respuestas se transcriben a continuación:

1. ¿La experiencia del COIL cumplió con tus expectativas? Detalla cuáles sí y cuáles no.

“Sí, mis expectativas eran poder interactuar y conocer gente de otros países, también poder llevar a cabo las actividades y entenderlas. Creo que se cumplió casi todo.”

“Atendeu muito as expectativas! Creio que foi uma experiência única na qual eu e meus colegas pudemos ter contato com alunos estrangeiros que aprendem a mesma coisa que nós, porém de uma forma diferente. Esse contato agregou muito, pois fomos capazes de enxergar diferentes pontos de vista para resolver o mesmo problema.”

2. ¿Qué aprendizajes te llevas de esta experiencia?

“En esta experiencia aprendí a esforzarme por entender y escuchar al otro, y sobre todo a organizar mis tiempos para coordinar los horarios para hacer la actividad con los chicos de Brasil y de aquí.”

“Distintas formas de poder plantear la misma información o conocimiento al respecto de algo, para poder llegar al mismo resultado.”

“Aprendemos trabalhar em grupo e ver que matemática tem sua linguagem.”

3. ¿Qué aspectos favorables podrías compartírnos de esta experiencia?

“Interação internacional. Sem dúvidas, essa interação abriu muitas portas e trouxe uma perspectiva muito interessante sobre trabalhar com colegas de outras culturas e com hábitos de trabalho diferentes dos nossos. Acredito que foi um ótimo preparativo para o mercado de trabalho.”

“o pouco que teve de conversa foi bem legal e conseguimos inclusive falar sobre outras coisas além da matéria.”

4. ¿Qué aspectos desfavorables notaste en el desarrollo de la propuesta?

“El tiempo, creo que la propuesta se realizó en unas semanas en las que quizás es complicado tener un poco de orden debido a que hay parciales, finales o en-

trega de actividades. Si la actividad se realizara más cerca del primer parcial sería más favorable.”

“Exercícios para a entrega muito simples e, alguns deles, com método de resolução muito mais simples do que por EDO, resolve-os por EDO, não seria um trabalho eficiente para a engenharia, seria realizar uma solução complexa para um problema simples.”

5. ¿Qué sugerencias nos harías para próximas implementaciones?

“Elaborar algum método para uma interação mais dinâmica e constante entre os alunos da Argentina e do Brasil”

“Uma conexão melhor no zoom, planejamentos mais bem definidos e maior frequência nos encontros.”

“Creo que debería implementarse algún sistema para que sea obligatorio tener al menos una videollamada. Podría ser que los profesores realicen varias sesiones de Meet distintas y que los alumnos de cada grupo se conecten a cada enlace a una hora definida, y luego intercambien entre ellos sus números y organicen otra llamada. Aunque siento que es difícil para el profesor y depende de cada persona decidir unirse o participar.

Consideraciones finales

La elección de problemas en contexto físico también fue fundamental para fomentar la colaboración y el trabajo en equipo entre los estudiantes de Argentina y Brasil. Al enfrentarse a problemas complejos y multidisciplinarios tuvieron la oportunidad de trabajar juntos, compartir ideas y experiencias y desarrollar soluciones creativas y efectivas en un entorno colaborativo.

El objetivo ha sido garantizar que los problemas presentados sean verdaderamente abordados como tales, es decir, como situaciones abiertas que desafíen a los estudiantes a explorar, analizar y modelizar, en lugar de reducirse a ejercicios con un contexto ingenieril agregado de manera forzada, considerando que esta aproximación contribuye a que los estudiantes desarrollen no sólo habilidades matemáticas, sino también competencias fundamentales como el pensamiento crítico, el análisis de datos y la interpretación contextual. Así, la elección de los problemas se basa tanto en su relevancia como en su potencial para fomentar un aprendizaje significativo y auténtico.

Esta estrategia de aprendizaje estuvo, por tanto, centrada en el estudiante y en su aprendizaje autónomo y colaborativo, elementos que resultaron atractivos para

transformar la práctica pedagógica diaria desde la base de un conocimiento y una reflexión crítica.

Con propuestas de trabajo colaborativo como la desarrollada en el marco de este COIL se han incluido actividades de internacionalización online desde los primeros años de la carrera.

Como docentes nos interpela a adoptar, crear o recrear metodologías de enseñanza y aprendizaje que traspasen nuestras aulas compartiendo espacios de trabajo colaborativo con colegas de otros países.

En el marco de este nuevo paradigma es necesario establecer acuerdos que nos permitan generar redes con otras universidades, al menos, en nuestro continente para hacer de la ingeniería el eje transformador de la región.

En cuanto a los aspectos a tener en cuenta para una próxima experiencia se deberá revisar el espacio temporal en que se propone realizar esta actividad, dar mayor definición a los métodos de interacción en el trabajo por grupos para la elaboración de las entregas y fomentar el compromiso de trabajo por parte de los estudiantes.

En conclusión, la experiencia COIL en la cátedra de Matemática II de la FIO – UNICEN y de Cálculo Diferencial e Integral II del IMT resultó ser una iniciativa exitosa y enriquecedora, promovió la colaboración internacional, el aprendizaje colaborativo y el desarrollo de habilidades clave en los estudiantes, preparándolos para enfrentar los desafíos del mundo globalizado actual.

La experiencia de colaboración internacional entre la FIO UNICEN y el IMT demostró el valor de la educación superior colaborativa en el desarrollo de habilidades interculturales, trabajo en equipo y aplicación práctica de conocimientos matemáticos en contextos de Ingeniería. Este enfoque innovador en la enseñanza y el aprendizaje no sólo enriqueció la experiencia educativa de los estudiantes y los preparó para enfrentar desafíos globales con confianza y creatividad, sino que también fortaleció los lazos entre ambas instituciones y abre la posibilidad de incluir a instituciones de otros países en nuevos emprendimientos de estas características.

Agradecimientos

Agradecemos a los estudiantes de ambas instituciones, cuya participación activa y compromiso hicieron posible la implementación exitosa de esta propuesta colaborativa. Su entusiasmo, dedicación y trabajo en equipo fueron fundamentales para el desarrollo y el éxito de este proyecto. Agradecemos sinceramente su valiosa contribución y esfuerzo en esta experiencia de aprendizaje e internacionalización en casa.

Referências

ABENGE. **Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Engenharia**. 2018. Disponível em: http://www.abenge.org.br/documentos/PropostaDC-NABENGEMEI_CNI.pdf. Acesso em: 20 novembro 2024.

CAMARENA, P. **Teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias**. 1. ed. Santiago del Estero: EDUNSE, 2021.

CONFEDI, Consejo Federal de Decanos de. Ingeniería. **Competencias y perfil del ingeniero iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación (documentos plan estratégico ASIBEI)**, 2016.

CONFEDI, Libro Rojo. Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina. **Aprobado por la Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina, Rosario**, v. 1, 2018. Recuperado de <https://confedi.org.ar/librorojo/>. Accedido el 15 de mayo de 2022.

CONFEDI. **Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería**. Disponible en: <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2021/07/MARCO1.pdf>. Accedido el 13 de enero de 2025.

FEUERSTEIN, R.; FEUERSTEIN R. S.; FALIK, L. H. **Além da inteligência. Aprendizagem mediada e a capacidade de mudança do cérebro**. 4t. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

GARCÍA, J., MARTÍN, A. **Reflexión crítica y toma de decisiones en la formación profesional de ingenieros**. Editorial Universidad de Educación, 2021.

GIORDANO LERENA, Roberto; PÁEZ PINO, Adriana; Comp. **Reflexiones sobre las nuevas demandas para la ingeniería latinoamericana** GEDCLatam-IFEES-CONFEDI-ACOFI-LACCEI. Bogotá, Colombia. LACCEI Ediciones, 2021.

LIMA, Gabriel L.; BIANCHINI, Barbara L.; GOMES, Eloiza. (2021). Estudando a Curva Característica de um Diodo Semicondutor na disciplina inicial de Cálculo Differen-

cial e Integral: oportunidade para o desenvolvimento de competências matemáticas e gerais na Engenharia. In: XXII Encuentro Nacional y XIV Internacional de Educación Matemática en Carreras de Ingeniería (pp. 178-189), 2021. **Anales**. Paraná, Entre Ríos, Argentina.

LIMA, Gabriel L.; NOBRE, Ana M.V.; BIANCHINI, Barbara L.; GOMES, Eloiza; BOUCIGUEZ, María B.; FERREYRO, Mariano; ARLETTAZ, Marys M.; SEDOFF, Sergio I. Percepción de profesores y alumnos de una actividad de internacionalización en casa que reunió a profesores de matemáticas y estudiantes de ingeniería de Argentina y Brasil. 2023. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**. v. 15 n. 12, p. 16148-16186.

MEZA MORÓN, Olga P. El Modelo COIL, una experiencia intercultural transformadora. En J. Barajas (Coord.), **Memoria del XX Encuentro de Formación Docente**. Verano de 2020. pp. 401-428. Con-textos.

PÉREZ, L., RODRÍGUEZ, M. Representaciones gráficas y su impacto en la comprensión matemática en educación superior. **Revista Latinoamericana de Educación Matemática**. 2022, pp. 45-62.

RIVAS, P. **Metacognición y aprendizaje autónomo: El rol de la narrativa argumentativa en la resolución de problemas matemáticos**. Editorial Académica, 2019.

RUBIN, Jon. Embedding collaborative online international learning (COIL) at higher education institutions. **Internationalization of Higher Education**, v. 2, p. 27-44, 2017.

SOLER, E., GÓMEZ, A. (2020). Argumentación en la educación superior: La importancia de la justificación lógica en la formación profesional. **Revista de Didáctica en Ingeniería**, 2022, pp. 73-89.

PERSPECTIVA METODOLÓGICA FORMATIVA E A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: PERCEPÇÃO DOS EGRESSOS

Louise Miron Roloff¹

Graziela Fátima Giacomazzo²

Maria do Carmo Duarte Freitas³

Introdução

Os indicativos das mudanças estruturais globais exigirão infraestruturas e processos formativos inovadores, destacando o papel fundamental dos engenheiros como agentes de transformação, especialmente em países em desenvolvimento. Até 2030, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) orientam para garantir habitação acessível, transporte seguro e sustentável, e a urbanização das favelas. A ONU enfatiza que o desenvolvimento sustentável será impossível sem a plena participação dos engenheiros (Quadrado, 2013, p. 19), que precisarão adotar atitudes inovadoras e integrativas em relação aos sistemas naturais e culturais.

A Agenda 2030, composta pelos 17 objetivos dos ODS, propõe ações globais em diferentes áreas do conhecimento fundamentais para o futuro do planeta. Entre as áreas abrangidas estão a erradicação da pobreza, segurança alimentar, agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução das desigualdades, energia, água e saneamento, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura, industrialização, entre outros (Estratégia ODS, 2020).

¹ Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC.

² Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC.

³ Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC.

Dos 17 ODS, destaca-se o ODS 11, que é relevante para a formação de futuros engenheiros civis, que tem como meta tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Visa formar engenheiros capazes de enfrentar os desafios urbanos na busca da promoção da sustentabilidade nas cidades.

Com base em uma revisão de literatura, os autores Carvalho (2011); Cavalcante (2014); Lopes (2016); Monticelli (2016); Oliveira (2017); Paula (2017); Pavanelo (2017) e Borges (2018), verificaram mudanças no processo de ensino e aprendizagem em todas as áreas de formação, incluindo as engenharias, principalmente no que diz respeito à busca pelas metodologias efetivas de aprendizagem, que favorecem e incentivam a participação do acadêmico na construção do conhecimento, ampliando sua formação acadêmica, qualificando também sua formação profissional.

Aliada às transformações e exigências nos contextos mundial e local anunciadas pelos objetivos de futuro preconizados pelas agências e instituições, especialmente a Organização das Nações Unidas (ONU), esta investigação busca compreender quais são as perspectivas metodológicas formativas desenvolvidas no ensino de Engenharia, a partir da percepção dos egressos de um Curso de Engenharia Civil, de uma universidade do sul do Brasil, colocadas em relação ao que preconizam as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (2019) e o Projeto Político-Pedagógico do Curso de Engenharia Civil, objeto de análise.

A partir desta introdução, na sequência, abordam-se as perspectivas metodológicas formativas e os modelos pedagógicos nos processos de ensino e aprendizagem, que são discutidos a partir da caracterização de Becker (1994), fazendo uma interlocução com os autores Anastasiou (2001, 2002, 2017), Libâneo (1992), Magalhães (2019), Moreira e Schlemmer (2020) e Paro (2007), que discorrem acerca de metodologias, epistemologia da práxis, didática e estratégias metodológicas.

A estrutura deste relato de pesquisa começa com os conceitos, seguidos da metodologia e os resultados da pesquisa em três categorias, que são: Elementos formativos do currículo; Práxis na experiência formativa; e Processo avaliativo formativo. Finaliza-se com as considerações e as referências.

1. Metodologias de ensino e aprendizagem e as abordagens pedagógicas

Há milênios, o homem se dedica ao estudo da aprendizagem, buscando compreender como se aprende e, conseqüentemente, como se ensina. O termo “metodologia” refere-se ao caminho buscado para se chegar a um determinado objetivo, oferecendo uma explicação detalhada das ações a serem desenvolvidas (Anastasiou,

2017). Difere-se de “estratégias”, que são escolhas no contexto metodológico para alcançar os objetivos da ação docente.

Anastasiou (2001), em suas pesquisas, levanta elementos da trajetória metodológica efetivada nos processos de ensino que vêm ocorrendo ao longo da existência da universidade no Brasil. A autora destaca aqueles que direta ou indiretamente se constituíram como determinantes da relação professor, aluno e conhecimento nos espaços da sala de aula, mostrando que as ações docentes se manifestam ainda hoje, tal qual foram desenhadas historicamente, desde os jesuítas, em diferentes situações didáticas.

Outros pesquisadores também têm sistematizado modelos pedagógicos que buscam explicar as ações docentes cuja gênese está nas concepções de ensino e aprendizagem oriundas dessas teorias. Becker (1994) as organizou em três categorias. São elas: Pedagogia Diretiva, Pedagogia não Diretiva, e Pedagogia Relacional.

Na Pedagogia Diretiva, o professor é o centro do conhecimento, transmitindo conteúdo de forma unilateral. Esse modelo é tradicional e o aluno é visto como receptor passivo do conhecimento. Paro (2007) enfatiza que essa abordagem reduz a educação a uma simples transmissão de informações. Becker (1994) critica essa pedagogia por promover o autoritarismo e a falta de criatividade e enfatiza que, o conhecimento, nessa pedagogia, é visto como um produto que pertence ao professor, sendo esse modelo um exemplo da educação vigente.

Becker (1994) ressalta ainda que a pedagogia diretiva, validada pela epistemologia empirista, configura a reprodução do autoritarismo, do silêncio, da extinção da crítica, da criatividade, da curiosidade, de modo que a certeza do futuro está na reprodução pura e simples do passado. O professor conduz a disciplina, de forma rigorosa em que o aluno não tem vez e voz. O ensino, nesse modelo, torna-se restrito a uma mera exibição de conhecimentos e informações, sem levar em consideração as percepções, sentimentos e opiniões próprias dos sujeitos da aprendizagem, professor e aluno. Prevalece nesse método de ensino, simplesmente, o contexto da explicação, em que o docente não passa de um reprodutor de conteúdo. Anastasiou (2001) enfatiza que os currículos são organizados por justaposição de disciplinas, muitas vezes fragmentados, desarticulados, não significativos para o aluno, sem relação com o contexto e com os problemas reais, além de serem tomados como verdadeiros e inquestionáveis.

Já na Pedagogia não Diretiva, oposta à anterior, o professor age apenas como um auxiliar do seu aluno, partindo do princípio de que o aluno é provido de um saber, precisando apenas organizar, retomar ou aprofundar. Nesse modelo pedagógico, a intervenção por parte do professor deve ocorrer minimamente.

O professor não diretivo acredita que o aluno é um ser autodidata, isto é, que aprende por si mesmo e, dessa forma, deverá auxiliar na aprendizagem, somente despertando o conhecimento “já existente” no aluno. A epistemologia fundamentada nesse modelo pedagógico é a postura pedagógica denominada de apriorista (proveniente de *a priori*, que independe da experiência ou da prática), oposta ao empirismo, pois avalia que o indivíduo, ao nascer, traz consigo as condições do conhecimento e da aprendizagem que se manifestarão ou imediatamente (*inatismo*) ou progressivamente pelo processo geral de maturidade, de modo que toda a atividade de conhecimento é exclusiva do sujeito.

Nessa pedagogia, o que é posto antes é a bagagem hereditária. Portanto, o professor, nesse modelo, abdica, em nossa percepção, de seu papel fundamental, o de intervir no processo de aprendizagem do aluno. Libâneo (1992), ao conceituar o modelo pedagógico não diretivo, denominou de tendência liberal renovada progressivista. Esta tem como objetivo adequar as necessidades individuais ao meio social e, para isso, ela deve se organizar de forma a retratar, o quanto possível, a vida, de modo que todo ser dispõe dentro de si mesmo de mecanismos de adaptação progressiva ao meio e de uma consequente integração dessas formas de adaptação no comportamento. Tal integração se dá por meio de experiências que devem satisfazer, ao mesmo tempo, os interesses do aluno e as exigências sociais. Cabe à escola suprir as experiências que permitam ao aluno educar-se, num processo ativo de construção e reconstrução do objeto, numa interação entre estruturas cognitivas do indivíduo e estruturas do ambiente.

O terceiro modelo pedagógico denomina-se Pedagogia Relacional, centrada na relação professor-aluno. Nesse modelo, o professor tem consciência de que o aprendizado precisa fazer sentido para o aluno, propõe aulas em que o aluno tenha a oportunidade de interagir com os objetos, isto é, explorar o material apresentado. Além de ensinar, o professor necessita conhecer o que seu aluno já construiu até o momento e o aluno precisa aprender o que o professor tem a ensinar. O sujeito constrói seu conhecimento em duas dimensões complementares: a qualidade prévia de todo o aprender, que indica a capacidade lógica do aluno, e o conteúdo.

Na Pedagogia Relacional buscam-se configurações que possibilitem a substituição da prática de ensino conteudista. Piaget (1978), nobre educador, adepto da epistemologia relacional, considerado construtivista, aponta que não se pode exagerar a importância da bagagem hereditária e do meio social. O autor rejeita que a bagagem hereditária seria suficiente para o processo de amadurecimento e ampliação do conhecimento. Rejeita também que a simples pressão do meio social

sobre o sujeito determinaria nele, de forma mecânica, as estruturas do conhecer (empirismo).

Para Freire (1979), o professor, além de ensinar, passa a aprender, e o aluno, além de aprender, passa a ensinar. Os processos de ensino e aprendizagem se integram. Nessa relação, professor e aluno avançam sempre, de modo que o professor construirá, a cada dia, a sua docência dinamizando seu processo de ensinar, enquanto o aluno construirá, dia a dia, a sua discência, aprendendo novos conhecimentos.

O ensino não ocorre meramente pela transmissão e detenção de conhecimentos, mas pela organização de metodologias que promovam a vivência de situações reais, que façam sentido no processo de ensino e aprendizagem, por meio de formas que levem o aluno a querer aprender, possibilitando a prática democrática, em que todos participem nas tomadas de decisão. Para Becker (1994), uma proposta pedagógica, dimensionada pelo tamanho do futuro que vislumbramos, deve ser construída sobre o poder constitutivo e criador da ação humana e é a ação que dá significado às coisas”, isto é, a ação que concretiza os desejos humanos, suas necessidades e apreende simbolicamente o que concretizou, na prática e na teoria.

Vigotski (1998), do ponto de vista histórico-cultural, afirma que a criatividade depende prioritariamente da variedade e da riqueza das experiências, e que o que influencia o ato criativo são as pessoas, os grupos, o ambiente social, os fatores culturais, mas também as características pessoais, como as atitudes e as motivações. O processo criativo deve ser intencional e objetivamente desenvolvido. Quanto mais ricas forem as experiências no processo educacional, maior será a possibilidade de desenvolver a autonomia, autodeterminação, imaginação e a criatividade dos estudantes nas suas ações e interações com a realidade.

Tais concepções vão ao encontro do modelo pedagógico conceituado por Becker (1994) como modelo pedagógico relacional, centrado na relação professor-aluno, que busca configurações que possibilitem a substituição da prática de ensino apenas conteudista, comum na Pedagogia Diretiva.

Pensar o processo de ensino e aprendizagem implica compreender as perspectivas metodológicas formativas, seu contexto histórico, sua gênese conceitual, as teorias de aprendizagem e seu desenvolvimento de forma contextualizada, ou seja, situadas culturalmente, compreendendo como as relações entre professor, aluno e conhecimento se estabelecem no espaço da aula, seja ela presencial e/ou na contemporaneidade virtual. Esse movimento nos obriga a pensar como as interações e a mediação docente são alteradas nos diferentes contextos culturais em que a ação docente ocorre.

Essas mudanças da cultura digital, segundo Anastasiou (2017), foram constituindo esse movimento de estar revendo as metodologias de ensino e suscitou o movimento das metodologias efetivas. Esse movimento, complementa Anastasiou (2017), promove a aquisição dos conhecimentos que ocorrerá pela ação do estudante sobre o objeto da aprendizagem, o que será mais facilmente efetivado se partirmos do nível de compreensão do estudante, mediada pela ação docente competente.

De acordo com Giacomazzo (2009), em suas pesquisas, Piaget sempre se preocupou em tratar do sujeito ativo, ou seja, do sujeito que aprende na interação, iniciando pelas trocas interindividuais. Significa possibilitar ao estudante experimentar suas hipóteses e conceitos, pois é com eles que irá compreender o mundo. A atividade, segundo Piaget, é lógica, operatória, construtiva do pensamento e responde a uma necessidade do sujeito; aqui, do aluno. Sujeitos mais autônomos resolvem e buscam melhor as soluções para seus problemas, conforme os exemplos citados anteriormente.

No entendimento de Silva, Freitas e Gontijo (1999), a educação em Engenharia deve estar vinculada aos avanços e inovações no processo de produção, assim como às novas formas de organização do trabalho. Nesse sentido, é fundamental que as formas de ensinar permitam maior aproximação com a práxis pedagógica, de modo que o futuro engenheiro tenha habilidades para aplicar as técnicas apreendidas durante sua formação acadêmica, no campo profissional com criticidade e responsabilidade social.

Corroborando com as autoras, as Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia (2019) orientam para que os docentes estimulem atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação, necessárias para o desenvolvimento das competências, estabelecidas no perfil do egresso, incluindo as ações de extensão e a integração empresa-escola.

Contudo, é notória a importância de promover ao futuro engenheiro, desde o início da formação, a integração entre teoria e prática e a interdisciplinaridade, de modo a integrar as dimensões técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas, de modo coerente, formando um profissional capacitado para utilizar recursos de diferentes áreas científicas.

2. Procedimentos metodológicos

A investigação busca a compreensão sobre qual perspectiva metodológica formativa a educação em Engenharia Civil propicia e, para tanto, a análise dos dados

deu-se pela triangulação entre os documentos analisados, os discursos dos egressos participantes e o referencial teórico adotado.

Os documentos em questão são as DCNs dos cursos de Graduação em Engenharia (2019), e o PPC do Curso de Engenharia Civil de uma universidade localizada em Santa Catarina. Os sujeitos da pesquisa foram 12 egressos, identificados de forma aleatória, escolhidos a partir de uma planilha disponibilizada pelo curso, contendo os dados dos egressos de 2015 até 2020/1. Foram escolhidos dois egressos de cada um dos semestres a seguir: 2015/2, 2016/2, 2017/2, 2018/2, 2019/2 e 2020/1.

Cabe destacar que a escolha por esses anos ocorreu para que tivéssemos uma visão acerca das perspectivas metodológicas nos últimos cinco anos. No intuito de capturar a opinião perceptiva dos egressos, foram desenvolvidas duas sessões de grupo focal, todas no formato *on-line*, em função da pandemia da Covid-19, por meio da plataforma do Google Meet. O registro das informações se deu por meio de gravação das sessões e sua respectiva transcrição. Cada sessão foi composta de seis egressos, cada um representando um ano letivo. A análise de conteúdo (Bardin, 2016) foi a opção metodológica para interpretação dos dados, representados em três categorias, que são: Elementos formativos do currículo; Práxis na experiência formativa; e Processo avaliativo formativo.

A seguir faz-se o relato dos resultados obtidos na pesquisa.

3. Cenários interpretativos sobre as perspectivas metodológicas formativas

As análises, no que diz respeito às categorias estabelecidas, buscaram a triangulação entre os dados provenientes da percepção dos egressos e dos documentos PPC e DCNs. Sem fazer generalizações, os relatos a seguir tratam dos cenários interpretativos sobre as perspectivas metodológicas formativas identificadas no estudo. Destacam-se três categorias/elementos da análise que foram resultantes da triangulação: os currículos/os processos formativos e avaliativos.

Em relação à categoria **Elementos formativos do currículo**, que são as atividades extracurriculares, os estágios obrigatórios, a carga horária das disciplinas e as tecnologias, compreende-se que, embora, os documentos preconizem estimular e articular simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação, contemplando atividades práticas laboratoriais e reais, há descompassos na efetivação dos currículos. Os egressos enfatizaram que as atividades extracurriculares, como visitas a empresas, promoveram muito aprendizado, mas sugeriram que poderiam ocorrer com maior frequência. Com relação à metodologia do estágio, relataram que deveria

ser estabelecida uma relação mais próxima entre teoria e prática ao longo do processo formativo até o estágio, pois sentiram-se inseguros para fazer a interlocução com o campo de estágio.

Os egressos da pesquisa também relataram que a carga horária é extensa, que o horário noturno é um fator a ser repensado (retrato do perfil do estudante na atualidade, jovem trabalhador), tendo em vista que muitos alunos não residem na cidade na qual está localizada a instituição de ensino, dependem de ônibus e o transporte muitas vezes não permitia acompanhar a aula até a sua finalização. Além disso, apontaram, quando indagados sobre o ensino remoto, que algumas disciplinas poderiam ser a distância, em especial as teóricas, por exemplo, Sociologia e, de preferência, aos sábados. Por fim, indicaram que as aulas poderiam ser mais contextualizadas e inovadoras, com uso de tecnologias, tendo em vista que a universidade disponibiliza certos recursos tecnológicos.

Constatou-se, então, por meio dessa categoria de análise, que os documentos e a percepção dos egressos se encontram desalinhados. É preciso utilizar estratégias, de modo que as orientações dos documentos sejam de fato efetivadas no âmbito da formação acadêmica. Há necessidade de ampliar e implementar metodologias que trabalhem por projetos, incluindo atividades de extensão e pesquisa, acionando os recursos cognitivos dos acadêmicos para a resolução de problemas, com métodos e tecnologias atualizadas.

A Práxis na experiência formativa, segunda categoria de análise desenvolvida, teve como objetivo avaliar as metodologias de ensino utilizadas pelos docentes (métodos de ensino: aula expositiva, seminários, gamificação), se estas promoveram conexões entre teoria e prática (práxis) e o nível de integração de conteúdo entre as disciplinas cursadas, na experiência formativa dos egressos. Os documentos preconizam que deve ser desenvolvido, ao longo do curso, o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação relacional, com atividades que favoreçam a aprendizagem ativa, promovendo uma relação entre teoria e prática que aproxime os estudantes do ambiente profissional, articulando as disciplinas de modo que sejam conectadas, adotando perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática. Entretanto, na percepção dos participantes da pesquisa, o método tradicional de ensino promovido nas disciplinas é preponderante, visto que há uma postura de centralidade do professor e de transmissão do conhecimento para reprodução de conteúdo pelo aluno.

Nesse sentido, os egressos apontaram que, pelo fato de o curso ser tecnológico, várias metodologias de ensino poderiam ser aplicadas. Citaram poucas discipli-

nas em que os professores desenvolveram em forma de seminários, apontando como positivo esse processo de ensino e aprendizagem, pois promoveu maior nível de conhecimento e proporcionou maior interação e apreensão do conteúdo ao longo das aulas. Relataram a superficialidade na conexão entre as disciplinas, que não “conversam” entre si, e que as disciplinas precisam interagir mais, que os professores precisam planejar as disciplinas afins de forma conjunta, favorecendo uma sequência mais linear e coerente ao longo do curso.

Ainda, assinalaram como interessante trazer a experiência para a sala, por exemplo, trazer a vivência da obra, pois acreditam que, por meio da prática, a teoria é mais bem compreendida. Dessa forma, constatamos que as orientações apresentadas nas DCNs e no PPC estão em consonância no que diz respeito à práxis pedagógica, porém, o que os documentos sugerem não é o que de fato ocorre, considerando os relatos dos egressos.

O curso apresenta sinais de que a perspectiva metodológica formativa se aproxima mais da Pedagogia Diretiva do que da Pedagogia Relacional. Fato que conduz a sugerir uma reestruturação na grade curricular, promovendo maior conexão entre as disciplinas, como possibilidade de superar a fragmentação relatada pelos egressos.

A terceira categoria de análise, denominada **Processos Avaliativos Formativos**, objetivou avaliar os formatos de avaliações das disciplinas (oral, escrita, prática, seminários), aplicados ao longo do curso e os conhecimentos exigidos ao engenheiro civil no mercado de trabalho. Tanto as DCNs quanto o PPC do curso preconizam que o processo avaliativo deve ser diversificado e adequado às etapas e às atividades do curso, por meio de exercícios ou provas dissertativas, apresentação de seminários e trabalhos orais, estudos dirigidos, análise escrita de vídeos, relatórios, projetos e atividades práticas, entre outros, que demonstrem o aprendizado e estimulem a produção intelectual dos estudantes, de forma individual ou em equipe.

Na percepção dos egressos, as avaliações poderiam ocorrer de forma mais diversificada, não prevalecendo a avaliação individual e escrita, como ocorreu na maioria das disciplinas. Os egressos relataram que as avaliações eram mecânicas, extensas e, por vezes, sem sentido. Enfatizaram também que as avaliações ocorridas por meio de seminários favoreceram maior apropriação dos conhecimentos, além de promoverem o espírito de equipe. Contudo, fazendo a triangulação nessa terceira categoria de análise com os documentos e a percepção dos egressos, é notório que o sistema de avaliação precisa ser repensado, de modo que o acadêmico veja significado naquilo em que está sendo avaliado e não apenas decore, visualizando o conteúdo de forma isolada.

Nessa perspectiva, em todos os relatos das três categorias de análise, percebe-se que há distanciamento entre o que preconizam e direcionam os documentos estudados e a percepção dos egressos.

Considerações finais

Conclui-se, portanto, que os documentos orientam para uma formação acadêmica científica e tecnológica, que promova a conexão entre teoria e prática. Ainda, que a educação deve instigar a adaptação e utilização de novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora, por meio de aplicativos e softwares que esbocem e simulem a atuação do engenheiro no mercado de trabalho. Isso indica a sintonia dos documentos com o contexto e as exigências do mundo do trabalho deste século XXI.

Ao analisar se há consonância entre as DCNs e o PPC do curso de Engenharia Civil do estudo, em relação à perspectiva metodológica formativa, verifica-se, a partir dos documentos, que existe alinhamento entre eles.

Dessa forma, ambos orientam para a adoção de perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares ao longo do curso com inserção de metodologias que favoreçam a aprendizagem ativa, conectando as disciplinas, de modo que façam sentido e tenham significado para o acadêmico, ou seja, que as disciplinas não tenham um fim em si mesmas. Além disso, os documentos norteadores estão baseados numa formação científica e tecnológica, conectando teoria e prática, metodologias de ensino que promovam aprendizagem ativa, desde o início da formação, assim como a conexão entre as disciplinas e o mercado de trabalho. Essa perspectiva metodológica formativa anunciada nos documentos orientadores dos cursos de Engenharia, conduzem a percepção de demanda num Modelo Pedagógico Relacional.

Os documentos enfatizam também a necessidade de uma formação não somente de domínio técnico, mas que reconsidere as interações entre as disciplinas, dando ênfase às questões sociais, ambientais, culturais e humanísticas, de modo que o egresso consiga atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, os documentos (DCNs e PPC) orientam para uma práxis pedagógica inovadora, por meio de métodos que desenvolvam o aprendizado de maneira mais participativa. Sugerem a adoção pelo professor das metodologias e práticas pedagógicas que estimulem a crítica e a reflexão. Preconizam que, na condução da aula, o aluno seja o centro desse processo, de fato, que relacione teoria e prática ao longo da sua formação acadêmica. Ou seja, as orientações institucionais indicam a

plena participação dos profissionais de engenharia, na sociedade global, cuja trajetória se inicia na formação acadêmica.

Em relação às metodologias que promovem aprendizagem, observa-se que os aspectos metodológicos formativos devem ser repensados e atualizados constantemente em todas as esferas do currículo de Engenharia. A tônica das informações, fornecidas pelos participantes, por meio dos grupos focais, indica que as metodologias utilizadas no decorrer da formação acadêmica devem ser inovadoras, de modo a facilitar a construção do conhecimento, por meio de aprendizagem participativa e que tenha significado para os acadêmicos, otimizando o tempo em sala e ressignificando as aulas expositivas. Entretanto, isso parece não estar ocorrendo habitualmente.

Especialmente no que se refere ao tempo-espço, na pandemia da Covid-19, em 2020, observou-se como os usos das tecnologias digitais promoveram espaços de conhecimento, contribuindo no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que o aluno tem outras formas de acessar o conteúdo, seja on-line, por meio de aulas síncronas e assíncronas, participando de comunidades de aprendizagem, sem que fique limitado à sala de aula, o que torna os processos de informação e comunicação dinâmicos e em tempo real, não só nos mais variados âmbitos ou setores da sociedade, mas também nos processos educativos.

Ao finalizar a análise, constata-se que este tema de estudo motiva a continuidade e aprofundamento investigativo. Ainda, que os cursos de Engenharia precisem permanentemente serem revistos e atualizados em todas as dimensões do currículo, evidenciando-se aqui os aspectos metodológicos formativos na percepção dos egressos.

Referências

ANASTASIOU, L. G. C. Metodologia de Ensino na Universidade Brasileira: elementos de uma trajetória. In: CASTANHO, M. E.; CASTANHO, S. **Temas e Textos da Educação Superior**. Campinas: Papirus Editora, 2001.

ANASTASIOU, L. G. C. A ensinagem como desafio à ação docente. **Rev. Pedagógica: Programa de Pós-Graduação em Educação da UNOCHAPECÓ**, Chapecó, ano 4, n. 8, p. 65-77, jan./jun. 2002.

ANASTASIOU, L. G. C. Importância do ser professor: inclusão de novas metodologias para a melhoria da qualidade de ensino. In: TANAKA, E. E. *et al.* (org.). **Experi-**

ências inovadoras de metodologias ativas: PASEM/MERCOSUL (org.). Londrina: UEL, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANTENEDORAS DE ENSINO SUPERIOR (ABMES). Conselho Nacional de Educação (CNE). Câmara de Educação Superior (CES). **Resolução CNE/CES nº 2, de 18 de junho de 2007.** Dispõe sobre carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial. Brasília, DF: ABMES/CNE/CNE, 2007. Disponível em: <https://abmes.org.br/legislacoes/detalhe/96>. Acesso em: 22 jan. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANTENEDORAS DE ENSINO SUPERIOR (ABMES). 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. Brasília, DF: ABMES/CNE/CES, 2019. Disponível em: <https://abmes.org.br/arquivos/legislacoes/Resolucao-CNE-CES-002-2019-04-24.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2019.

BECKER, F. Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v. 18, jan./jun. 1994.

BORGES, T. S.; ALENCAR G. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**, Salvador, ano 3, n. 4, p. 119-143, jul./ago. 2014.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 27 nov. 2019.

BRASIL. Resolução n. 510, de 7 de abril de 2016. O Plenário do Conselho Nacional de Saúde [...] realizada nos dias 6 e 7 de abril de 2016, no uso de suas competências regimentais e atribuições conferidas pela Lei n. 8.080, de 19 de setembro de 1990, pela Lei n. 8.142, de 28 de dezembro de 1990, pelo Decreto n. 5.839, de 11 de julho de 2006, e [...] **Diário Oficial da União**: sessão 1, Brasília, DF, ed. 98, p. 44, 24 maio 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia//asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22917581. Acesso em: 11 ago. 2020.

CARVALHO, A. C. B. D. de; PORTO, A. J. V. BELHOT, R. V. Aprendizagem Significativa no Ensino de Engenharia. **Rev. Produção**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 1-10, nov. 2011.

CAVALCANTE, F. P. L. **Aprendizado com Base em Problemas**: motivando e qualificando alunos e professores nos cursos de Engenharia. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014. 175 f.

ESTRATÉGIA ODS. **O que são os ODS**. [2020?]. Disponível em: <http://estrategiaods.org.br/o-que-sao-os-ods/>. Acesso em: 11 ago. 2020.

FREITAS, E. C.; PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

GIACOMAZZO, G. F. Pedagogia da Cooperação na Perspectiva da Epistemologia Genética em Educação a Distância. **Schème-Revista Elet. Psic. Epistem. Genét.**, [s.l.], v. 2, n. 4, p. 143-167, ago./dez. 2009.

LIBÂNEO, J. C. Tendências pedagógicas na prática escolar. In: LIBÂNEO, J. C. **Democratização da Escola Pública**: a pedagogia crítico-social dos conteúdos. São Paulo: Loyola, 1992. Cap. 1.

LOPES, C. S. G. **Aprendizagem ativa na formação do engenheiro**: a influência do uso de estratégias de aprendizagem para aquisição de competências baseada em uma visão sistêmica. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. 190 f.

MAGALHÃES, S. M. O. A epistemologia da práxis como base do ensino criativo, colaborativo e inovador. **Tecnia**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 1-26, 2019.

MONTICELLI, M. A. C. G. **Ferramenta para concepção, projeto e operação de espaços para ensino de Engenharia que incentivem a criatividade e a inovação**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Inovação na Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016. 226 f.

MOREIRA, J. A.; SCHLEMMER, E. Por um novo conceito e paradigma de educação digital online. **Rev. UFG**, Goiás, v. 20, p. 1-35, 2020.

OLIVEIRA, N. de. **Um estudo exploratório do impacto do desempenho de alunos em disciplinas básicas no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. 157 f.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 11 ago. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Primary and Secondary Education: age-specific enrolment ratios by gender, 1960/61-1995/96**. Paris: UNESCO, Oct. 1997. Disponível em: <http://doccentre.dlis.gov.dm/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=14099>. Acesso em: 21 jan. 2021.

PARO, V. H. **Educação como exercício do poder: crítica ao senso comum em educação**. São Paulo: Cortez, 2008.

PAULA, V. R. de. **Aprendizagem baseada em projetos: estudo de caso em um curso de Engenharia de Produção**. 2017. (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, 2017. 172 f.

PAVANELO, E.; LIMA, R. Sala de Aula Invertida: a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. **Bolema**, Rio Claro, v. 31, n. 58, p. 739-759, ago. 2017.

PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

QUADRADO, J. C. Organizações de Engenharia no mundo. **Rev. Ens. Eng.**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 19-24, 2013. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/233/159>. Acesso em: 2 jun. 2017.

SILVA, C. R. de O. e; FREITAS, M. do C. D.; GONTIJO, L. A. **A ergonomia nos currículos de engenharia**. [1999?]. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/20/st/s/s031.PDF>. Acesso em: 11 ago. 2020.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

FORMAÇÃO E ATUAÇÃO PROFISSIONAL DO ENGENHEIRO: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA INDÚSTRIA 4.0

Edson Pedro Ferlin¹

Introdução

A formação do engenheiro é um tema que desperta interesse não apenas no meio acadêmico, mas também na sociedade em geral, dado o papel central que esse profissional desempenha no desenvolvimento econômico, social e tecnológico. Historicamente, a educação em engenharia passou por diversas transformações, refletindo as demandas de cada época e os avanços científicos e tecnológicos correspondentes (Bazzo; Pereira, 2010; Couto, 2008).

Nos últimos séculos, os engenheiros assumiram funções cruciais na infraestrutura, na indústria e, mais recentemente, no desenvolvimento de tecnologias digitais. Contudo, com o advento da Quarta Revolução Industrial, surgem novos desafios e exigências para a formação desses profissionais. Conforme aponta Schwab (2016), o cenário atual requer competências que vão além do domínio técnico, incluindo habilidades socioemocionais, criatividade e capacidade de adaptação a contextos complexos e interdisciplinares.

Este trabalho busca analisar o desenvolvimento histórico da formação em engenharia, discutir as competências esperadas dos profissionais contemporâneos e explorar os principais desafios e tendências na educação em engenharia. A pesquisa fundamenta-se em literatura relevante sobre o tema, incluindo estudos nacionais e internacionais que abordam desde as origens da educação em engenharia até as demandas emergentes do século XXI.

¹ Centro Universitário Dom Bosco - UniDomBosco.

1. Formação profissional do engenheiro

A formação profissional do engenheiro é um processo complexo e dinâmico que busca preparar indivíduos para atuar em diversas áreas da indústria, ciência e tecnologia. Historicamente, os cursos de engenharia foram estruturados com foco em uma sólida base técnica, visando proporcionar aos estudantes os conhecimentos científicos e matemáticos necessários para a resolução de problemas complexos.

Com o avanço das Revoluções Industriais e, mais recentemente, com o surgimento da Indústria 4.0, as demandas impostas ao engenheiro têm se tornado cada vez mais diversificadas e exigentes. Além das competências técnicas, há uma crescente valorização de habilidades socioemocionais, como comunicação, trabalho em equipe e adaptabilidade, que são fundamentais para enfrentar os desafios do mercado contemporâneo (Schwab, 2016).

É importante destacar que a formação do engenheiro deve ser orientada para o desenvolvimento de competências que possibilitem não apenas o domínio técnico, mas também a capacidade de inovar e adaptar-se a um cenário em constante transformação. Nesse sentido, torna-se essencial que as instituições de ensino promovam abordagens pedagógicas que incentivem o aprendizado colaborativo, interdisciplinar e contínuo.

Conforme observado por Guerra *et al.* (2017), o desenvolvimento de novas metodologias de ensino e a integração de tecnologias digitais são aspectos fundamentais para aprimorar o processo de formação dos engenheiros. A adoção de práticas pedagógicas inovadoras, como a aprendizagem baseada em projetos e problemas, contribui para a formação de profissionais mais bem preparados para os desafios contemporâneos.

1.1 Histórico da formação em Engenharia

A formação em engenharia possui uma trajetória histórica marcada por transformações significativas que acompanham o desenvolvimento tecnológico e econômico das sociedades. Desde os primórdios, a prática da engenharia esteve associada a necessidades práticas de construção e desenvolvimento de infraestruturas. Contudo, a formalização do ensino de engenharia como um campo acadêmico distinto ocorre especialmente a partir do século XVIII, com o surgimento das primeiras escolas técnicas na Europa.

Segundo Bazzo e Pereira (2010), o ensino de engenharia passou por diferentes fases de desenvolvimento, cada uma fortemente influenciada pelas revoluções industriais. A Primeira Revolução Industrial, ocorrida no final do século XVIII e início do XIX, impulsionou a criação de instituições voltadas à formação técnica aplicada, como a École Polytechnique, fundada em 1794 na França, que serviu como modelo para diversas escolas de engenharia ao redor do mundo. Na Figura 1 tem-se a ilustração das quatro fases da Revolução Industrial com as características principais.

Figura 1 - As quatro fases da Revolução Industrial



Fonte: www.c2ti.com.br

Durante a Segunda Revolução Industrial, na segunda metade do século XIX, a crescente industrialização e a demanda por infraestrutura intensificaram a necessidade de engenheiros qualificados. Nesse período, os currículos começaram a se expandir, incorporando disciplinas científicas mais avançadas, como física e química, além de uma maior padronização de métodos de ensino (Couto, 2008).

Já no século XX, especialmente após a Terceira Revolução Industrial, que trouxe consigo a automação e a informática, novos desafios surgiram para a educação em engenharia. De acordo com Morin (2000), a complexidade dos problemas enfrentados pela sociedade moderna exigiu uma formação mais interdisciplinar e integrativa, levando à revisão de currículos e metodologias de ensino.

Atualmente, diante da Quarta Revolução Industrial, denominada de Indústria 4.0, caracterizada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas, o ensino da engenharia enfrenta o desafio de preparar profissionais aptos a atuar em um cenário de constante transformação tecnológica.

Exige-se que, na Quarta Revolução Industrial, os profissionais demonstrem elevada destreza social, criatividade e habilidade para a tomada de decisões em contextos de incerteza. O trabalhador contemporâneo deve adotar postura propositiva em vez de reativa, sendo imprescindível sua capacidade de lidar com ideias inéditas, desprovidas de fundamentos ou precedentes consolidados (Madeira, 2022). A respeito do assunto, afirma Rodrigues (2016):

O maior desafio a ser vencido na quarta revolução industrial será a transformação das mentes dos que, tendo responsabilidade nos vários setores que atuam na educação brasileira, deverão perceber que o mundo mudou e que terão um papel de suma importância, para atender às novas realidades das instituições.

1.2 Pilares da Educação

A educação é um processo fundamental na formação dos indivíduos e na construção de uma sociedade mais justa e próspera. A compreensão dos princípios que sustentam a educação é essencial para direcionar os esforços na busca por uma educação de qualidade. Nesse contexto, os Quatro Pilares da Educação, propostos pela Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI da Unesco (Delors *et al.*, 1998) surgem como uma referência fundamental.

- **Aprender a conhecer:** O primeiro pilar é o aprendizado voltado para a aquisição de conhecimento. É preciso desenvolver competências que possibilitem aos indivíduos explorarem o mundo à sua volta, compreender os fundamentos das diferentes áreas do conhecimento, desenvolver o pensamento crítico e a capacidade de pesquisa. Aprender a conhecer é um processo contínuo, que incentiva a curiosidade, o questionamento e a busca por respostas.

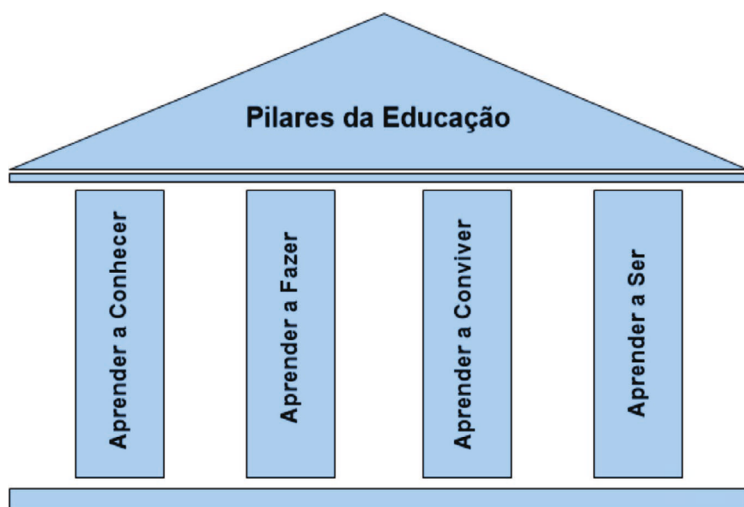
- **Aprender a fazer:** O segundo pilar destaca a importância de adquirir habilidades práticas e de desenvolver competências técnicas. A educação não deve se limitar apenas à teoria, mas também deve fornecer oportunidades para que os indivíduos apliquem o conhecimento adquirido na resolução de problemas e situações reais. Aprender a fazer envolve o desenvolvimento de habilidades práticas, empreendedorismo, pensamento criativo e a capacidade de trabalhar em equipe.

- **Aprender a conviver:** Este terceiro pilar ressalta a importância da formação de valores e atitudes que promovam a convivência harmoniosa e a solidariedade entre os indivíduos. Aprender a viver juntos implica o respeito mútuo, a compreensão das diferenças culturais, a valorização da diversidade e a construção de uma cultura de boa convivência. Essa dimensão da educação visa desenvolver cidadãos responsáveis, capazes de contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e harmônica.

- **Aprender a ser:** O último pilar enfatiza o desenvolvimento integral dos indivíduos, buscando promover a autoformação e a autorrealização. Aprender a ser envolve o desenvolvimento da identidade pessoal, a consciência de si mesmo, a capacidade de tomar decisões e a autonomia. Além disso, busca-se cultivar competências emocionais e éticas, incentivando a reflexão sobre o propósito de vida e o sentido da existência.

Vale salientar que esses Quatro Pilares da Educação, como ilustrado na Figura 2, não devem ser vistos de maneira isolada, mas sim como elementos interdependentes e complementares, isso porque eles constituem uma base sólida para uma educação de qualidade, capaz de formar indivíduos críticos, conscientes, criativos e comprometidos com o bem comum.

Figura 2 - Os quatro pilares da educação da Unesco



Fonte: Elaborado pelo.

Os pilares da educação são construídos por meio do fomento de competências ao longo da jornada educacional. É um processo contínuo que visa formar indivíduos capacitados, adaptáveis e comprometidos com o aprendizado ao longo da vida, preparados para enfrentar os desafios e contribuir de maneira significativa para a sociedade em que estão inseridos.

1.3 Competências

O conceito de competência tem se tornado central nas discussões sobre educação, trabalho e desenvolvimento humano nas últimas décadas. Mais do que a simples acumulação de conhecimentos, competências referem-se à capacidade de mobilizar, articular e aplicar saberes, habilidades, atitudes e valores para enfrentar situações concretas com eficácia. Em um mundo cada vez mais dinâmico, complexo e interconectado, o desenvolvimento de competências tornou-se essencial para a formação de indivíduos autônomos, críticos e socialmente responsáveis.

Como destacado em Ferlin (2023a, p. 44):

As competências que um indivíduo adquire ao longo de sua vida possibilita que ele atue de maneira eficaz e produtiva em diferentes áreas. Elas são essenciais para o desenvolvimento pessoal e profissional, capacitando os indivíduos a enfrentar os desafios do cotidiano.

Uma competência abrange três elementos essenciais, conforme ilustrado na Figura 3, que se combinam formando o acrônimo CHA (Conhecimento, Habilidade e Atitude):

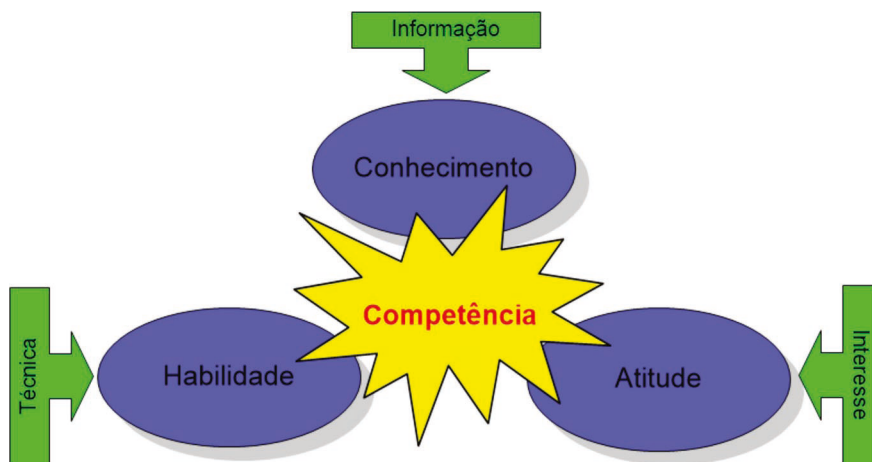
- a) **Conhecimento**, derivado da informação adquirida sobre o que e por que fazer;
- b) **Habilidade**, resultante da técnica do saber fazer; e
- c) **Atitude**, refletindo o interesse e a disposição para agir.

Conhecimento, habilidade e atitude são componentes fundamentais e interligados no processo de aprendizagem e no crescimento pessoal. Cada um exerce um papel crucial na formação de indivíduos plenos e bem-sucedidos em diferentes aspectos da vida.

O conhecimento é a base fundamental para adquirir uma compreensão sólida de um assunto. É o acúmulo de informações, conceitos, teorias e princípios que são adquiridos por meio do estudo, da experiência e da observação. O conhecimento

fornece a base teórica e conceitual necessária para compreender um campo específico e é fundamental para a construção do pensamento crítico e da tomada de decisões informadas. Dessa maneira, pode-se entender como sendo a compreensão das técnicas necessárias para atingir um objetivo.

Figura 3 - Acrônimo CHA (Conhecimento, Habilidade e Atitude)



Fonte: elaborada pelo autor.

No entanto, o conhecimento por si só não é suficiente. As habilidades entram em cena quando se trata de aplicar o conhecimento de maneira prática. As habilidades são a capacidade de utilizar o conhecimento de maneira eficaz para realizar tarefas específicas. Elas envolvem a aplicação prática do conhecimento teórico em situações reais, utilizando técnicas, métodos e procedimentos adequados. Nesse sentido, é a qualidade da execução, quando se consegue alinhar as bases teóricas em uma solução aplicada ao dia a dia.

As habilidades podem ser técnicas, como a capacidade de manusear um instrumento, programar um computador ou realizar um experimento. Elas também podem ser habilidades cognitivas, como o pensamento crítico, a resolução de problemas, a comunicação eficaz ou a capacidade de trabalhar em equipe. As habilidades são adquiridas e aprimoradas por meio da prática, do treinamento e da experiência.

Além do conhecimento e das habilidades, a atitude desempenha um papel fundamental no desenvolvimento pessoal e profissional. Ela refere-se às disposições

mentais, aos valores, às crenças e às emoções que influenciam o comportamento de um indivíduo. Envolve a postura, a motivação e a mentalidade com as quais um indivíduo enfrenta os desafios e as oportunidades da vida.

Uma atitude positiva e proativa pode impulsionar o aprendizado, a superação de obstáculos e a busca contínua por melhorias. A atitude também está relacionada à ética, à responsabilidade, à perseverança e à capacidade de lidar com a adversidade. É a atitude que determina a disposição para enfrentar desafios, aprender com os erros, buscar soluções inovadoras e adaptar-se às mudanças. Logo, é o querer fazer, resultado de uma decisão consciente de colocar em ação os conhecimentos utilizando habilidades em um objetivo comum.

Existem diversas categorias de competências, que abrangem desde técnicas específicas até socioemocionais mais amplas, e destacam-se algumas:

- **Competências técnicas:** São as relacionadas a uma área de conhecimento ou profissão. Podem incluir conhecimentos técnicos, habilidades práticas e domínio de ferramentas e tecnologias. Exemplos incluem competências em programação, design gráfico, engenharia, contabilidade, entre outras.
- **Competências cognitivas:** São as mentais, que envolvem o pensamento crítico, a resolução de problemas, a criatividade, a tomada de decisões e a capacidade de aprender e se adaptar. Essas competências são fundamentais para lidar com a complexidade e a incerteza do mundo atual.
- **Competências socioemocionais:** São as relacionadas ao bem-estar emocional, às relações interpessoais, à comunicação eficaz e à colaboração. Isso inclui empatia, inteligência emocional, liderança, trabalho em equipe e resolução de conflitos. Essas competências são importantes para o desenvolvimento de relacionamentos saudáveis e para o sucesso na vida pessoal e profissional.
- **Competências digitais:** Com o avanço da tecnologia, as competências digitais são cada vez mais relevantes. Elas envolvem a capacidade de utilizar efetivamente as ferramentas e recursos digitais, bem como compreender os princípios da cultura digital, a segurança cibernética e a ética na internet.
- **Competências linguísticas:** A habilidade de se comunicar efetivamente em diferentes idiomas é cada vez mais valorizada no mundo globalizado. Além disso, competências linguísticas envolvem a capacidade de ler, escrever e interpretar informações de maneira clara e precisa.

É importante destacar que as competências não são estáticas, e podem ser desenvolvidas e aprimoradas ao longo do tempo. A educação desempenha um papel

fundamental no desenvolvimento de competências, fornecendo oportunidades de aprendizado e práticas que promovem o desenvolvimento integral dos indivíduos.

Além disso, as competências não se limitam ao ambiente educacional, pois elas são aplicáveis em diversos contextos, incluindo o ambiente de trabalho, o engajamento social e a vida pessoal. Ter competências relevantes e atualizadas é essencial para se adaptar às demandas em constante mudança da sociedade e para buscar o sucesso e a realização pessoal.

1.4 Hard e soft skills

No cenário atual, marcado por rápidas transformações tecnológicas, mudanças nas formas de trabalho e exigências crescentes por inovação, o desenvolvimento de competências tornou-se um diferencial essencial. Nesse contexto, é comum serem utilizados dois termos em inglês para se referir às competências (*skills*): as *hard skills* e as *soft skills*.

As *hard skills* e *soft skills* são duas categorias de competências que exercem papéis complementares no desenvolvimento pessoal e profissional de um indivíduo, ilustrado na Figura 4. Embora sejam distintas, ambas são essenciais para o sucesso em diferentes áreas da vida.

Figura 4 - *Soft skills versus hard skills*



Fonte: golin.com.br

As *hard skills*, também conhecidas como competências técnicas, referem-se a competências específicas e mensuráveis, adquiridas por meio de treinamento, educação formal ou prática direta em um campo específico. Elas são geralmente tangíveis e podem ser facilmente definidas e avaliadas. Exemplos de *hard skills* incluem conhecimentos em programação de computadores, fluência em um idioma estrangeiro, habilidades em matemática, aptidões em design gráfico, conhecimentos em contabilidade, entre outras. Essas competências são adquiridas por meio de cursos, certificações ou experiências de trabalho específicas.

Por outro lado, as *soft skills* são características não técnicas relacionadas às interações sociais, comportamentos e traços de personalidade. Elas são mais difíceis de quantificar e medir, pois são competências subjetivas que envolvem inteligência emocional, comunicação eficaz, liderança, trabalho em equipe, resolução de conflitos, empatia e pensamento crítico. As *soft skills* são transferíveis entre diferentes áreas e contextos, desempenhando um papel fundamental nas relações interpessoais, na colaboração e na capacidade de adaptar-se a diferentes situações.

As *soft skills* podem ser categorizadas em:

- **Cognitivas:** aquelas que estão relacionadas basicamente com o aprendizado.
- **Interpessoais:** referem-se à capacidade de interagir e se relacionar com outros indivíduos.
- **Intrapessoais:** estão relacionadas com a capacidade de lidar com emoções e adaptar os comportamentos em função do contexto.

Na Figura 5 têm-se algumas *soft skills* classificando-as em Cognitivas, Interpessoais e Intrapessoais.

Em linhas gerais tanto as *hard skills* quanto as *soft skills* são importantes e complementares para a formação do profissional-cidadão. Enquanto as *hard skills* fornecem a base técnica necessária para realizar tarefas específicas, as *soft skills* influenciam a maneira como os indivíduos aplicam e utilizam suas habilidades técnicas. Por exemplo, um programador habilidoso (*hard skill*) pode ser ainda mais eficaz se possuir habilidades de comunicação e colaboração (*soft skills*) para trabalhar em equipe e entender as necessidades dos clientes.

No ambiente profissional, muitas vezes, as *hard skills* são os requisitos mínimos para determinadas funções, enquanto as *soft skills* podem ser os diferenciais que levam ao sucesso e ao avanço na carreira. O mundo do trabalho valoriza profissionais que possuem uma combinação equilibrada de ambas as habilidades, reconhecendo que as *soft skills* são fundamentais para a produtividade, a eficácia e a liderança efetiva.

Figura 5 - Exemplos de *soft skills*

Cognitivas	Interpessoais	Intrapessoais
• Leitura • Escrita • Aprendizado • Memorização • Estudo • Oratória • Comunicação • Criatividade • Pensamento crítico • Raciocínio lógico • Argumentação	• Relações interpessoais • Liderança • Trabalho em equipe • Negociação • Mediação • Autoapresentação • Confiança • Resolução de conflitos • Responsabilidade • Empatia • Cooperação • Adaptação	• Organização • Autodisciplina • Produtividade • Foco • Inteligência emocional • Mentalidade de crescimento • Curiosidade • Autodidatismo • Resiliência • Saúde e bem-estar • Interesse Intelectual

Fonte: <http://apetrecho.digital>

É importante destacar que tanto as *hard skills* quanto as *soft skills* podem ser desenvolvidas e aprimoradas durante toda a vida. Por meio de treinamento, experiências práticas, *feedback* e autorreflexão, é possível melhorar e fortalecer essas competências, tornando-se um profissional mais completo e preparado para os desafios do mundo atual.

1.5 Currículo dos cursos e competências esperadas

O currículo dos cursos de engenharia passou por diversas modificações ao longo dos anos, refletindo tanto as demandas industriais quanto os avanços científicos. Atualmente, espera-se que o engenheiro desenvolva não apenas competências técnicas, mas também habilidades socioemocionais, como comunicação, liderança e trabalho em equipe (Morin, 2000).

Segundo Crawley *et al.* (2007), o modelo CDIO (*Conceive-Design-Implement-Operate*) propõe uma abordagem prática e integrada para o ensino de engenharia, enfatizando a aplicação dos conhecimentos em situações reais. Esse modelo se tornou uma referência internacional para a formação de engenheiros que precisam estar preparados para enfrentar problemas complexos e interdisciplinares. A proposta CDIO sugere que os currículos sejam organizados de modo a promover não ape-

nas conhecimentos técnicos, mas também habilidades de comunicação, trabalho em equipe, pensamento crítico e inovação. Em Veraldo *et al.* (2020) tem-se uma discussão sobre um *framework* para os cursos de engenharia no Brasil com base na nova Diretriz Curricular Nacional (DCN) para os Cursos de Engenharia de 2019 (CNE, 2019) ante a iniciativa CDIO, em que as metodologias ativas têm um papel de grande relevância.

Além disso, a interdisciplinaridade e a inovação são fundamentais na formação atual, considerando os desafios impostos pela Indústria 4.0. De acordo com Schwab (2016), a Quarta Revolução Industrial está transformando a maneira como os produtos e serviços são projetados, fabricados e distribuídos. Nesse contexto, o engenheiro precisa ser capaz de integrar conhecimentos de diferentes áreas, como inteligência artificial, automação, biotecnologia e sustentabilidade, para desenvolver soluções inovadoras e sustentáveis.

Outro aspecto relevante é a necessidade de desenvolver habilidades socioemocionais e comportamentais, que incluem criatividade, resiliência, ética profissional e pensamento sistêmico (Morin, 2000). Conforme apontado por Borrego e Henderson (2014), o uso de metodologias ativas de ensino, como aprendizagem baseada em projetos e resolução de problemas, tem se mostrado eficiente para o desenvolvimento dessas competências.

Ferlin (2023a) destaca que a formação do engenheiro deve considerar a articulação entre teoria e prática, por meio de projetos integradores que possibilitam ao estudante aplicar conceitos técnicos em situações reais. A abordagem interdisciplinar proposta por Ferlin também enfatiza a importância de desenvolver a autonomia e a capacidade crítica dos estudantes, preparando-os para enfrentar desafios complexos e dinâmicos do mercado de trabalho.

Guerra *et al.* (2017) ressaltam que, para atender às demandas contemporâneas, as instituições de ensino superior precisam repensar seus currículos e adotar abordagens mais flexíveis e dinâmicas. A introdução de disciplinas voltadas para o desenvolvimento de habilidades digitais, gestão de projetos e sustentabilidade é essencial para preparar os futuros engenheiros para os desafios do século XXI.

A integração de tecnologias digitais no ensino de engenharia, como ambientes virtuais de aprendizagem, simulações computacionais e laboratórios remotos, contribui para tornar o ensino mais acessível e dinâmico. Essa transformação exige não apenas a adaptação dos currículos, mas também a capacitação dos docentes e o desenvolvimento de novos métodos de avaliação que considerem as competências técnicas e socioemocionais dos estudantes.

1.6 Desafios e tendências na educação em engenharia

A educação em engenharia enfrenta desafios significativos para acompanhar as rápidas transformações tecnológicas e sociais da contemporaneidade. Entre os principais desafios, destaca-se a necessidade de adaptar os currículos e métodos de ensino às demandas impostas pela Indústria 4.0 e pela crescente digitalização dos processos produtivos (Schwab, 2016). Em Bazzo e Costa (2019) tem-se uma reflexão sobre a Revolução 4.0 e os impactos na formação do professor em engenharia que consequentemente impacta diretamente na educação em engenharia.

O uso de metodologias ativas de ensino, como aprendizagem baseada em problemas (*Problem-Based Learning* - PBL) e aprendizagem baseada em projetos (*Project-Based Learning* - PjBL), tem se mostrado eficiente na formação de engenheiros capazes de atuar em ambientes complexos e dinâmicos. Alguns autores, como Ferlin (2020, 2021), trazem exemplos dessas metodologias ativas aplicadas na educação em engenharia, com ênfase nas técnicas de PBL e PjBL. Contudo, há outras que também podem ser utilizadas na educação em engenharia, como os mapas mentais, descrito em Ferlin e Shmeil (2020). Segundo Borrego e Henderson (2014), essas metodologias promovem o desenvolvimento de habilidades críticas, como resolução de problemas, comunicação, colaboração e pensamento crítico.

Além disso, a educação híbrida, que combina o ensino presencial com modalidades remotas, tem ganhado destaque no ensino de engenharia, principalmente após o impacto da pandemia do Coronavírus – Covid-19. Como destacado em Ferlin (2022), a adoção das aulas remotas nesse período trouxe uma série de desafios para todos os envolvidos, tanto professores quanto estudantes.

Em Ferlin (2023b), foi apresentado um estudo comparativo do desempenho discente no ensino presencial e no ensino remoto, e tomou-se por base um curso presencial de Engenharia da Produção, em que se constata que nesse caso “os desempenhos não foram discrepantes, apesar de apresentarem algumas particularidades decorrentes das características das turmas consideradas”.

De acordo com Guerra *et al.* (2017), a adoção de tecnologias digitais, como plataformas de aprendizado online, simulações computacionais e laboratórios virtuais, possibilita um ensino mais flexível e acessível, que atende às demandas de um público cada vez mais diverso.

Um dos grandes desafios na educação em engenharia é conciliar a formação técnica sólida com o desenvolvimento de competências socioemocionais e comportamentais, essenciais para o desempenho profissional na atualidade. A abordagem

multidisciplinar proposta por Ferlin e Oliani (2015) e Ferlin e Sales (2015) enfatiza que a inovação e a criatividade devem ser estimuladas desde os primeiros anos da formação acadêmica. Como destacado em Ferlin e Tozzi (2005), é necessário que todos os envolvidos com o curso estejam alinhados com os pilares educacionais da Unesco para se conseguir a tão esperada competência.

Nas palavras de Ferlin (2023a, p. 70):

A abordagem baseada em competências, utilizando a aprendizagem ativa, contribui significativamente para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, uma vez que os estudantes desempenham um papel ativo em todas as etapas das atividades.

Destaca-se ainda que as tendências emergentes apontam para a necessidade de uma formação continuada ao longo da vida, visando à atualização constante das competências técnicas e socioemocionais dos profissionais (Morin, 2000). Essa perspectiva implica repensar os currículos e modelos de ensino, a fim de garantir uma formação que atenda às demandas do mercado de trabalho e contribua para o desenvolvimento sustentável e inclusivo da sociedade.

2. Atuação profissional do engenheiro

A atuação profissional do engenheiro é vasta e diversificada, abrangendo setores tradicionais, como construção civil, mecânica, elétrica e química, bem como áreas emergentes que vêm ganhando relevância com o avanço da tecnologia e as demandas da sociedade contemporânea (Crawley *et al.*, 2007).

A profissão de engenheiro vai além do conhecimento e reprodução de técnicas, modelos e ferramentas. Ele deve ser preparado para busca de solução de problemas, para as quais necessitará da incessante procura por saberes e da colaboração entre profissionais das diversas áreas de conhecimento.

Historicamente, a engenharia esteve fortemente ligada aos processos industriais clássicos, como manufatura e infraestrutura, especialmente durante o período das revoluções industriais. Contudo, com o advento da Indústria 4.0, novos setores passaram a demandar conhecimentos específicos, como inteligência artificial, biotecnologia, sustentabilidade, energias renováveis e cibersegurança (Schwab, 2016).

Para atender a essas demandas emergentes, é essencial que a formação do engenheiro inclua conteúdos que possibilitam uma visão holística e interdisciplinar,

preparando-o para atuar em setores complexos e dinâmicos. Além disso, o profissional precisa estar apto a trabalhar em ambientes altamente digitalizados e integrados por tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e Big Data.

Guerra *et al.* (2017) ressaltam que, em setores como inteligência artificial e sustentabilidade, é fundamental que o engenheiro desenvolva não apenas competências técnicas, mas também socioemocionais, como criatividade, adaptabilidade e colaboração. A formação continuada e a educação ao longo da vida tornam-se, portanto, fundamentais para a atuação em áreas que estão em constante evolução.

Nesse sentido, a flexibilidade e a capacidade de aprendizagem autônoma são características essenciais para o engenheiro do século XXI. Conforme mencionado por Morin (2000), é necessário estimular uma educação que promova a reflexão crítica e a compreensão da complexidade, possibilitando ao profissional adaptar-se a diferentes contextos e desafios ao longo de sua carreira.

2.1 Competências necessárias para o mercado de trabalho atual

No atual cenário globalizado e tecnologicamente avançado, as competências exigidas dos engenheiros vão muito além do domínio técnico específico de cada área. Adaptabilidade, criatividade, comunicação e trabalho em equipe são características cada vez mais valorizadas pelas indústrias e setores emergentes (Guerra *et al.*, 2017).

Borrego e Henderson (2014) asseveram que o desenvolvimento de competências técnicas deve ser acompanhado por habilidades socioemocionais que possibilitem ao engenheiro enfrentar desafios complexos e interdisciplinares. Nesse sentido, a capacidade de aprender de maneira autônoma e contínua é essencial, considerando o ritmo acelerado das inovações tecnológicas.

A digitalização e o uso intensivo de tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial e Big Data, requerem que o engenheiro desenvolva habilidades específicas relacionadas ao uso de ferramentas digitais e à análise de dados. Conforme Schwab (2016), a Indústria 4.0 impõe uma demanda crescente por profissionais capazes de compreender e integrar sistemas ciberfísicos, promovendo a eficiência e a inovação.

A formação do engenheiro deve ser orientada para o desenvolvimento dessas competências, integrando práticas pedagógicas que estimulem o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de solucionar problemas complexos de maneira colaborativa.

Como destacado em Silva e Tonini (2023, p. 33):

Hoje, mais do que nunca, considera-se que o trabalho deva ser o princípio norteador dos processos formativos educacionais e a maioria das instituições de ensino tem notoriamente formar profissionais com perfil reflexivo que contemple habilidade e competências, agregando valor tanto ao próprio processo educacional e à formação pessoal do indivíduo, quanto aos processos de desenvolvimento tecnológico demandador pelo setor produtivo.

2.2 Desafios profissionais e expectativas futuras

Os desafios enfrentados pelos engenheiros no mercado de trabalho atual são diversos e frequentemente relacionados à rápida evolução tecnológica e às exigências de sustentabilidade e inovação. Conforme apontado por Schwab (2016), a transformação digital e a Indústria 4.0 exigem uma atualização constante dos conhecimentos e habilidades do profissional, para que este possa acompanhar as mudanças impostas pelo avanço tecnológico.

A competitividade do mercado de trabalho requer que o engenheiro seja capaz de adaptar-se a diferentes contextos e realidades, integrando conhecimentos técnicos e socioemocionais para a resolução de problemas complexos. Guerra *et al.* (2017) salientam que o desenvolvimento de competências como criatividade, liderança e comunicação é essencial para que o profissional se destaque em um cenário cada vez mais dinâmico e interdisciplinar.

Além disso, as expectativas futuras para a profissão incluem a necessidade de uma formação continuada, capaz de acompanhar as tendências tecnológicas e sociais emergentes. A aprendizagem ao longo da vida é vista como um requisito essencial para que o engenheiro se mantenha relevante e competitivo em um mercado em constante transformação.

Nesse contexto, é fundamental que os cursos de engenharia adaptem seus currículos para incluir metodologias de ensino que promovam o desenvolvimento dessas competências, bem como a capacidade de inovar e se adaptar às novas demandas do mercado (Crawley *et al.*, 2007).

3. Discussões

A formação oferecida nos cursos de engenharia enfrenta o desafio de acompanhar as rápidas transformações tecnológicas e sociais impostas pelo mercado de

trabalho atual. Enquanto a educação tradicional se concentra principalmente em aspectos técnicos e científicos, o mercado exige cada vez mais profissionais com competências socioemocionais e digitais avançadas (Schwab, 2016). A comparação entre a formação oferecida e as demandas do mercado evidencia a existência de lacunas significativas, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de habilidades interpessoais e multidisciplinares.

Um dos pontos fortes da formação em engenharia é a sólida base técnica que os estudantes adquirem ao longo de sua trajetória acadêmica. Conforme observado por Crawley *et al.* (2007), a abordagem clássica dos cursos de engenharia fornece os fundamentos necessários para a resolução de problemas complexos e o desenvolvimento de projetos tecnológicos. Entretanto, essa abordagem tradicional tende a negligenciar aspectos como criatividade, adaptabilidade e competências relacionadas ao uso de tecnologias digitais emergentes.

Além disso, Guerra *et al.* (2017) apontam que o modelo educacional vigente ainda apresenta dificuldades para integrar metodologias ativas de ensino e promover a interdisciplinaridade necessária para atender às demandas atuais. A educação híbrida e o uso de plataformas digitais são exemplos de iniciativas que buscam preencher essa lacuna, mas que ainda enfrentam resistência e desafios estruturais em muitas instituições de ensino.

Algumas sugestões para aprimoramento incluem a reformulação dos currículos de engenharia, de modo a incorporar disciplinas que estimulem o desenvolvimento de competências socioemocionais e digitais, além da promoção de metodologias de ensino que incentivem o aprendizado colaborativo e interdisciplinar. Borrego e Henderson (2014) destacam que a adoção de práticas pedagógicas inovadoras, como o *Problem-Based Learning* (PBL) e o *Project-Based Learning* (PjBL), pode contribuir significativamente para a formação de profissionais mais bem preparados para os desafios contemporâneos.

Ainda, Morin (2000) ressalta a importância de uma educação que estimule a reflexão crítica e a compreensão da complexidade, aspectos essenciais para que o engenheiro possa adaptar-se às demandas futuras e promover inovações que atendam às necessidades da sociedade.

Considerações finais

A formação em engenharia evoluiu de um modelo essencialmente técnico para um paradigma mais abrangente, que inclui competências interdisciplinares e habili-

dades socioemocionais. Esse processo é impulsionado pelas transformações tecnológicas, econômicas e sociais que caracterizam o mundo contemporâneo. Conforme demonstrado, o desenvolvimento curricular precisa ser constantemente atualizado para atender às demandas da Quarta Revolução Industrial, que inclui aspectos como digitalização, sustentabilidade e ética.

Além disso, as metodologias de ensino precisam evoluir para promover um aprendizado mais ativo e centrado no estudante, preparando-o para enfrentar problemas complexos e interconectados. Iniciativas como o uso de metodologias ativas, a aprendizagem baseada em projetos e a integração de disciplinas emergentes, como inteligência artificial e análise de dados, mostram-se promissoras nesse sentido.

Concluindo, a formação do engenheiro contemporâneo exige não apenas o domínio técnico, mas também o desenvolvimento de habilidades cognitivas, sociais e éticas que possibilitem uma atuação responsável e inovadora na sociedade.

Referências

BAZZO, W. A.; COSTA, L. A. C. Revolução 4.0 e seus impactos na formação do professor em engenharia. **Revista Brasileira de Educação em Engenharia**, v. 38, n. 3, p. 28-39, 2019.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à engenharia**: conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis: Editora da UFSC, 2010.

BORREGO, M.; HENDERSON, C. Increasing the use of evidence-based teaching in STEM higher education: a comparison of eight change strategies. **Journal of Engineering Education**, v. 103, n. 2, p. 220-252, 2014.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE). **Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de graduação em engenharia**. Brasília, DF: CNE, 2019.

COUTO, H. H. **Educação em engenharia**: conceitos e práticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CRAWLEY, E. F. *et al.* **Rethinking engineering education**: the CDIO approach. 1. ed. New York: Springer, 2007.

DELORS, J. *et al.* Educação: um tesouro a descobrir. **Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI**. Brasília: UNESCO; MEC: Editora Cortez, 1998.

FERLIN, E. P. A aprendizagem ativa aplicada no currículo por competência nas engenharias. In: TONINI, A. M. (org.). **Educação em engenharia: as competências na formação do engenheiro**. 1. ed. Goiânia, GO: Alta Performance, 2023a.

FERLIN, E. P. Comparativo do desempenho discente no ensino presencial e no ensino remoto: estudo de caso no curso de engenharia da produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE), 51., 2023. **Anais [...]**. Rio de Janeiro-RJ-Brasil, 2023b.

FERLIN, E. P. Aprendizagem ativa nas disciplinas de formação básica de um curso de engenharia: aplicação do estudo de caso na disciplina de probabilidade e estatística. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE), 48., 2020. **Anais [...]**. Online, 2020.

FERLIN, E. P. Aplicação das técnicas de aprendizagem ativa em cursos de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE), 49., 2021. **Anais [...]**. Online, 2021.

FERLIN, E. P.; OLIANI, D. Multidisciplinary in the computer engineering program with an integrated project course. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY BASED HIGHER EDUCATION AN TRAINING (ITHET), 14., 2015. **Anais [...]**. Lisboa-Portugal, 2015.

FERLIN, E. P.; SALES, J.M. The multidisciplinary Project as an integrator element in the teaching-learning process. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY BASED HIGHER EDUCATION AN TRAINING (ITHET), 14., 2015. **Anais [...]**. Lisboa-Portugal, 2015.

FERLIN, E. P.; SHMEIL, M. A. H. Utilização das técnicas de aprendizagem ativa na educação em engenharia: estudo de caso dos mapas mentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE), 48., 2020. **Anais [...]**. Online, 2020.

GUERRA, A.; MORELLI, E.; JORGE, C. Engineering education for the 21st century: challenges and opportunities. **European Journal of Engineering Education**, v. 42, n. 1, p. 120-133, 2017.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

RODRIGUES, G. M. A quarta revolução industrial. **ABMS Blog**. 15 mar. 2016. Disponível em: <https://abmes.org.br/blog/detalhe/10784/a-quarta-revolucao-industrial>. Acesso em: 20 abr. 2025.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVA, J.C.; TONINI, A.M. Formação em engenharia entre a prescrição das diretrizes curriculares nacionais e o entendimento de competências como consequência de um processo de aprendizagem ativa. In: TONINI, A. M. (org.). **Educação em engenharia: as competências na formação do engenheiro**. 1. ed. Goiânia, GO: Alta Performance, 2023.

VERALDO Junior, L.G. *et al.* Novas DCN's e a iniciativa CDIO: o novo frameowrk para os cursos de engenharia no brasil. In: TONINI, A. M.; PEREIRA, T.R.D.S. (org.). **Os desafios para formar hoje o engenheiro do amanhã: aprendizagem ativa, jogos e gamificação, novas DCN's e CDIO, ensino remoto**. Brasília, DF: Abenge, 2020.

COMPETÊNCIAS NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA PROPOSTA ALINHADA ÀS DCNS E PERCEPÇÕES DE EGRESSOS

Fernanda Barreto de Almeida Rocha Mariz¹

Ariadny de Sousa Pereira²

Sandra Rufino³

Ciliana Regina Colombo⁴

Werner Kleyson da Silva Soares⁵

Fernanda Heloab dos Santos Silva⁶

Introdução

A necessidade de reformular a formação em engenharia, com foco em competências, surge no final do século XX em resposta às rápidas transformações tecnológicas, globalização e demandas por profissionais mais flexíveis. Organismos internacionais como a Unesco, OCDE e o Conselho Internacional para Engenharia (IEA) passaram a defender essa mudança, influenciando diversos países, incluindo o Brasil.

A partir da década de 1990, o Brasil presencia um movimento crescente em prol da qualificação do ensino superior, buscando aproximá-lo das necessidades do mercado e das demandas da sociedade contemporânea. Esse movimento se intensifica com a criação do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni) em 2001, o qual incentiva a revisão curricular com foco em competências e habilidades.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

⁶ Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

Um marco fundamental para a incorporação do enfoque em competências na engenharia brasileira se dá com a publicação das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de engenharia em 2019 (Brasil, 2019). As DCNs definem competências e habilidades como eixos norteadores da formação, estabelecendo um conjunto de características desejáveis para o perfil do egresso, dentre as quais se destacam: competências gerais – capacidade de comunicação, trabalho em equipe, liderança, ética profissional, compromisso com a sustentabilidade, etc.; competências específicas – relacionadas à aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos na resolução de problemas de engenharia.

Cabe destacar que a literatura acadêmica tem enfatizado a importância de uma formação integral que abranja diversas competências. Conforme Scallon (2015), a competência é entendida como um “saber-agir”, que combina conhecimentos, habilidades práticas e atitudes, sendo essencial para que o profissional enfrente as complexidades do ambiente de trabalho e esteja preparado para os problemas e demandas globais da sociedade.

Além disso, a pesquisa de Silva, Rafaski e Silva (2023) destaca que a falta de competências não técnicas, como humildade e proatividade, é frequentemente apontada como uma deficiência em egressos de cursos de Engenharia de Produção, o que reforça a necessidade de uma formação mais holística. Portanto, a formação do engenheiro deve ser orientada para o desenvolvimento de competências que não apenas atendam às exigências do mercado, mas que também promovam uma atuação responsável e inovadora.

Um curso de Engenharia de Produção em uma instituição de ensino no nordeste brasileiro, em seu processo de elaboração de novo projeto pedagógico (2021-2023), dialogou com docentes, estudantes, egressos e empresas locais, analisou estruturas curriculares de outros cursos e avaliou as tendências internacionais na formação dos engenheiros de produção. Atualmente com conceito 5 no Enade, tem buscado renovar e inovar em suas práticas pedagógicas.

O objetivo deste capítulo é apresentar competências de referência para a Engenharia de Produção com base em estudo feito por docentes da área, após a avaliação da percepção de 158 egressos de um curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) campus Natal (formados entre 2005 e 2022).

1. Competências nas engenharias

O conceito de competências na engenharia tem evoluído ao longo do tempo, refletindo as demandas do mercado de trabalho e as necessidades sociais. O conceito é multifacetado e envolve a transformação de conhecimentos, habilidades e atitudes em resultados práticos, que permitem a um indivíduo desempenhar suas funções de maneira eficaz, contribuindo para o sucesso em suas atividades profissionais (Resende, 2000; Zabala; Arnau, 2014; Scallon, 2015; Rocha, 2022).

Para Perrenoud (2000), competência é a aplicação de conhecimentos cognitivos em ações práticas, ressaltando que a engenharia deve ser vista como uma profissão de competências. Fleury e Fleury (2001) destacam a importância de um aprendizado que vá além da mera acumulação de informações, enfatizando a necessidade de desenvolvimento contínuo e adaptativo das competências.

Colenci (2000) apresenta a definição de engenharia do *Engineers Council for Professional Development of USA*, que diz ser uma profissão que envolve a aplicação e desenvolvimento de habilidades fundamentadas em um corpo de conhecimento distintivo em matemática, ciência e tecnologia, integrado com negócios e administração. Essa definição destaca a multidisciplinaridade necessária para o engenheiro contemporâneo, que deve ter a capacidade de interagir com diferentes áreas do conhecimento.

Historicamente, a engenharia é uma atividade que remonta ao início da civilização, evoluindo com o desejo humano de desenvolver novas técnicas e ferramentas. Segundo Bazzo e Pereira (2006), as primeiras técnicas surgiram com a descoberta e utilização de ferramentas simples, como alavancas e utensílios de pedra. Ao longo dos séculos, a engenharia passou por várias fases, refletindo as transformações culturais e tecnológicas da sociedade.

A formação em engenharia a partir das DCNs de 2019 precisa incluir uma abordagem baseada em competências, que enfatize habilidades comportamentais e interpessoais, como liderança, trabalho em equipe e resolução de problemas. Segundo o Parecer CNE/CES 1/2019, o perfil do engenheiro deve incluir a capacidade de formular soluções desejáveis, compreender fenômenos físicos e químicos, conceber e analisar sistemas, além de trabalhar em equipes multidisciplinares e se atualizar continuamente (Brasil, 2019).

O panorama brasileiro da educação, especialmente em engenharia, foi impactado pela implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que estabelece diretrizes para o desenvolvimento de competências desde a educação básica

(Silva, 2021). O Ministério da Educação e a Confederação da Indústria incentivaram essa mudança ao reconhecer que os engenheiros precisam de um conjunto diversificado de competências para lidar com a complexidade e a dinâmica do ambiente profissional.

A Associação Brasileira de Engenharia de Produção (Abepro) contribuiu para a definição das competências do engenheiro de produção, destacando a importância de uma formação que aborda tanto aspectos técnicos quanto gerenciais. As competências esperadas dos egressos incluem conhecimentos em matemática e ciências, bem como a habilidade de integrar recursos físicos, humanos e financeiros para alcançar eficiência produtiva (Abepro, 2002; Confea, 2016; Confea, 2020).

Moraes (1999) já apontava há 25 anos que o conhecimento especializado tem uma duração média cada vez menor, exigindo que os engenheiros se atualizem constantemente e adquiram novas qualificações. O estudo de Silva (2021), que pesquisa teses e dissertações de 2015 a 2019 sobre ensino de competências no Brasil, revela que muitos alunos abandonam os cursos de engenharia devido à falta de identificação com o curso e à ausência de uma formação que contemple as competências exigidas pelo mercado. Assim, uma abordagem que enfatize o desenvolvimento de habilidades, como pensamento crítico e criatividade, pode contribuir para uma escolha mais assertiva do curso superior, reduzindo as taxas de evasão.

Verticchio (2006) define que as competências técnicas incluem o conhecimento em ciência e engenharia, probabilidade, estatística e prática de engenharia. Por outro lado, as competências não técnicas englobam habilidades como a capacidade de trabalhar em equipe, flexibilidade, responsabilidade social e ética profissional. A pesquisa de Silva (2021) identifica que muitos dos autores analisados se alinham a uma visão crítica, argumentando que a educação por competências pode não suprir as necessidades de uma formação integral e é um risco estruturar currículos apenas servindo a interesses mercadológicos em detrimento da formação humanística e crítica dos estudantes. O desafio, conforme Colenci (2000), é garantir que a formação acadêmica não apenas atenda às exigências do mercado, mas também às expectativas da sociedade.

A adoção do conceito de competências nas engenharias não deve apenas focar nas habilidades práticas, mas sim promover uma educação que integre teoria e prática. A formação deve incluir uma abordagem crítica e reflexiva que prepare os estudantes para enfrentar os desafios éticos e sociais da profissão (Silva, 2021). O fortalecimento do conceito de competências nas engenharias precisa ser uma resposta às exigências do mercado e às transformações sociais e tecnológicas.

Assim, a evolução do conceito de competências nas engenharias reflete uma necessidade de alinhamento entre a formação acadêmica, as demandas do mercado de trabalho e demandas socioambientais, promovendo um profissional que não apenas possua conhecimentos técnicos, mas também habilidades interpessoais e uma visão crítica sobre seu papel na sociedade.

2. Método

Diante do objetivo de identificar e propor as competências a serem desenvolvidas por alunos de Engenharia de Produção, realizou-se uma pesquisa de natureza aplicada com base na problemática vivenciada por um curso dessa especialidade.

A pesquisa teve como método *survey* (levantamento) exploratório e uma abordagem predominantemente qualitativa. A pesquisa foi composta por quatro etapas inspiradas no processo indicado por Forza (2002), sendo: (1) fundamentação e delinearmento da pesquisa; (2) teste piloto; (3) coleta de dados; (4) análise e discussão dos resultados.

Inicialmente, houve a formação de um grupo de docentes para atualização do projeto pedagógico do curso. O grupo buscou a compreensão dos conceitos de competências e habilidades, assim como investigou e discutiu documentos sobre a temática.

Com base no estudo das DCNs, das competências apresentadas pela Abepro, do PPC do curso e dados de pesquisa de mercado realizada em período anterior, formou-se o arcabouço teórico necessário para delinear as fronteiras da pesquisa e permitir um esboço de nove competências requeridas aos alunos de Engenharia de Produção, as quais foram avaliadas por docentes e alunos do curso e egressos (Quadro 1). Nesse quadro, foram também definidos apelidos, ou nomes curtos, para cada competência, que serão utilizados ao longo deste capítulo para facilitar a identificação.

Este capítulo detalha o levantamento feito com egressos. Com a definição do grupo foco da análise (egressos), foram estabelecidas as variáveis de análise e a estrutura do instrumento de coleta de dados. O questionário foi disponibilizado para quatro egressos, a fim de que indicassem necessidades de correção e oportunidades de melhoria (etapa do teste piloto).

Quadro 1 - Competências para a Engenharia de Produção (versão inicial)

Competência	Descrição apresentada no questionário para avaliação	Nome síntese para discussões
C1	Analisar e compreender necessidades dos usuários e de seus contextos (sociais, culturais, legais, ambientais, econômicos e políticos) para formular, de maneira ampla, sistêmica e criativa soluções de engenharia adequadas, viáveis, sustentáveis e desejáveis.	Análise das necessidades para formulação de soluções sistêmicas e sustentáveis
C2	Utilizar ferramental matemático, estatístico, computacional e de simulação para conceber, conduzir, verificar e validar experimentos e modelagem de sistemas de produção, fenômenos físicos e químicos para auxiliar em tomadas de decisões.	Modelagem matemática e computacional para análise e decisão
C3	Conceber, projetar, analisar e aperfeiçoar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes e processos , por meio de soluções criativas, desejáveis, viáveis e sustentáveis (técnica, econômica, ambiental e social) integrando diversos conhecimentos e áreas para os contextos em que serão aplicadas.	Projeto e aperfeiçoamento de sistemas (produtos e processos)
C4	Implementar e gerir (planejar, implementar, coordenar e monitorar) projetos de soluções de engenharia que: otimizem equipe de trabalho e recursos (financeiro, material, estrutura e informação); promovam o desenvolvimento de estruturas empreendedoras, inovadoras, flexíveis e ágeis; sejam crítico-reflexivas com visão e pensamento holístico na identificação dos impactos dessas soluções nos contextos social, legal, econômico e ambiental.	Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia
C5	Expressar-se adequadamente nas formas escrita, oral e gráfica , seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) , mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis para gerenciar e otimizar o fluxo de informação e gestão do conhecimento nas empresas.	Expressão escrita, oral e tecnológica
C6	Participar, gerenciar projetos e liderar , de forma proativa, colaborativa e ética, em trabalho presencial ou a distância, as equipes multidisciplinares, multiculturais, multicontextuais (local/global), definindo estratégias em construção participativa, coletiva e consensual.	Liderança colaborativa de equipes

Competência	Descrição apresentada no questionário para avaliação	Nome síntese para discussões
C7	Conhecer, compreender e aplicar no exercício da profissão a legislação, a ética e a responsabilidade profissional de modo a zelar para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando.	Prática profissional ética e legal
C8	Assumir atitude investigativa e autônoma de aprendizagem contínua na formação do empreendedorismo pessoal e profissional , para lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação, organizando-os e colocando-os à serviço da demanda das organizações (privadas ou públicas) empresas e/ou da sociedade, com a produção e desenvolvimento de novos conhecimentos e tecnologias.	Aprendizado contínuo e empreendedorismo
C9	Avaliar os impactos das atividades de Engenharia de Produção na sociedade e no meio ambiente .	Análise de impactos socioambientais

Fonte: Adaptado do acervo Comissão PPC (2023).

Depois dos ajustes do teste piloto, a aplicação do instrumento final ocorreu de forma online entre março/2022 e abril/2022. Foram coletadas respostas de 158 egressos formados entre 2005 e 2022. O questionário foi estruturado em três seções, sendo: (1) caracterização dos respondentes; (2) atuação profissional atual para os que estavam empregados ou empreendendo no momento da aplicação; (3) avaliação das competências. O Quadro 2 apresenta as seções e variáveis de resposta analisadas na pesquisa.

Quadro 2 - Seções do questionário e variáveis de resposta da pesquisa

Seção (S)	Variáveis resposta (V)
(S1) Caracterização do respondente	(V1) ano de conclusão do curso; (V2) atividades realizadas durante a graduação; (V3) outros cursos de graduação ou pós-graduação realizados; (V4) situação atual no mundo do trabalho;
(S2) Atuação profissional atual	(V5) porte da instituição; (V6) setor de atuação da instituição; (V7) área da engenharia de produção em que atua; (V8) localização da instituição; (V9) identificação da instituição (resposta opcional);
(S3) Avaliação das competências	(V10) importância das competências; (V11) autoavaliação do desempenho nas competências; (V12) contribuição do curso de EP para a formação das competências;

Fonte: Acervo Comissão PPC (2023).

As duas primeiras seções do questionário apresentaram em sua maioria questões de múltipla escolha com questões abertas para as variáveis 3 e 9. A terceira seção foi composta por questões objetivas com uma escala de 1 a 5 para níveis de importância, autoavaliação do desempenho e contribuição do curso para a formação da competência em análise. Em todas as perspectivas, a pontuação 5 indicava maior (melhor) resultado. Além disso, o questionário ofereceu algumas questões abertas para que os respondentes tivessem a oportunidade de discorrer sobre as competências de forma livre.

Por meio da análise dos dados coletados sobre a percepção de egressos do curso e da discussão dos resultados com o corpo docente, foram elaboradas as compe-

tências para o projeto pedagógico. Tais competências são, então, apresentadas nesta pesquisa como proposta de referência para outros cursos de Engenharia de Produção no país.

3. Caracterização do campo de estudo

A presente pesquisa traz a percepção da importância, autoavaliação e contribuição das competências por egressos do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O curso teve início em 1998 com a oferta anual de 45 vagas. No segundo semestre de 2002, houve a primeira conclusão do curso com a formatura de 15 alunos.

No segundo semestre de 2008, foi implementado um novo Projeto Pedagógico do Curso (PPC) com o objetivo de se adequar às mudanças do mercado e buscar a excelência do ensino. Foi um período de muitas mudanças na estrutura curricular com reformulação de componentes curriculares de todas as áreas. Em especial, houve a inserção de componentes de engenharia de sustentabilidade, que ainda não era contemplada com disciplinas obrigatórias, adição de componentes sobre engenharia do trabalho, qualidade, pesquisa operacional, além de empreendedorismo e marketing para Engenharia de Produção. A estrutura também passou a prever o trabalho de monografia para a conclusão do curso e uma carga horária obrigatória de atividades complementares pelo discente.

Nesse período, houve a adesão ao Reuni. Isso possibilitou a ampliação do número de vagas para duas entradas de 45 alunos por ano, bem como, permitiu o curso contratar novos docentes e desenvolver uma infraestrutura mais adequada para as atividades.

Em 2018, houve a segunda atualização do projeto pedagógico. As principais mudanças foram novas estratégias pedagógicas para a melhoria da qualidade do ensino: 1) a redução da carga horária total de atividades acadêmicas, e a ampliação da carga de disciplinas optativas em detrimento de obrigatórias visando a uma maior flexibilidade na formação; 2) o incentivo do uso de metodologias ativas; 3) a inserção curricular da extensão, estimulando a criação de novos projetos de extensão e criando disciplinas 100% extensionistas.

Com a atualização das DCNs em 2019, o curso trabalhou na reformulação do projeto pedagógico no período entre 2021 e 2023. A prioridade dessa última mudança foi a construção e inserção das competências e habilidades requeridas aos engenheiros de produção no projeto, discutidas e apresentadas nesta pesquisa. Nesse

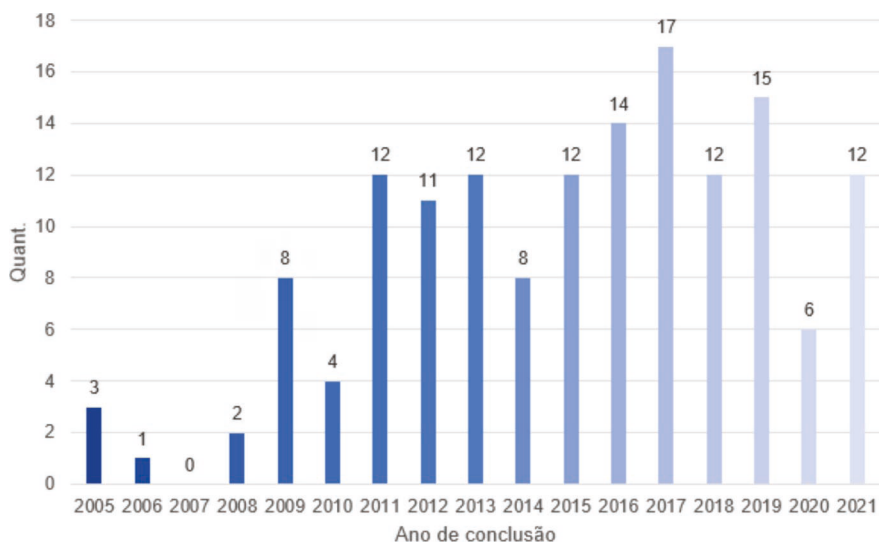
processo de construção, também foram elaboradas componentes curriculares integradoras, priorizando o “aprender fazendo” e a interdisciplinaridade, bem como a reformulação e criação de disciplinas obrigatórias e optativas para atender às competências definidas.

4. Resultados

4.1 Caracterização do perfil do egresso

A pesquisa contou com 158 respondentes, abrangendo egressos de diferentes períodos. Destacam-se os principais anos de conclusão, como pode-se observar no Gráfico 1, com maior número de respondentes em 2017 (10,76%), seguido por 2019 (9,49%), 2016 (8,86%) e 2021 (7,59%). Esses números refletem uma maior participação de egressos mais recentes, sugerindo um vínculo mais ativo com a instituição, possivelmente, pelos dados cadastrais recentes e atualizados.

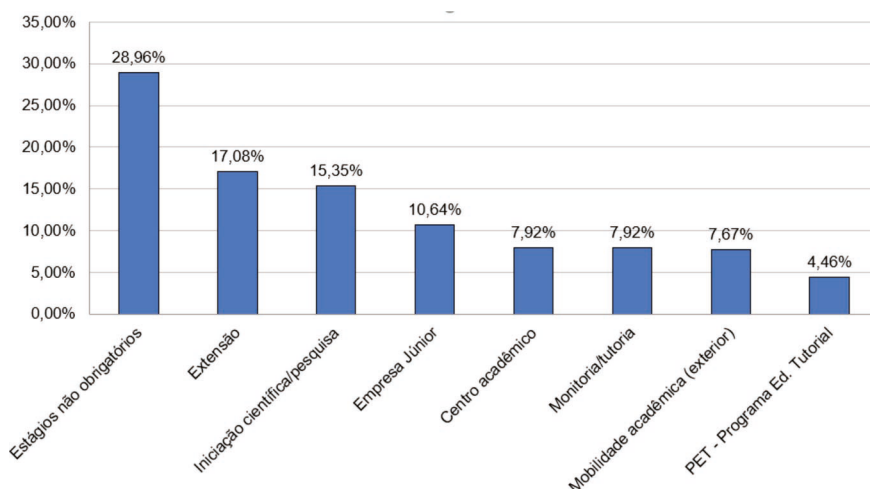
Gráfico 1 - Ano de conclusão do curso



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No Gráfico 2, de atividades extracurriculares, observa-se uma predominância de estágios não obrigatórios (28,96%), evidenciando a busca por experiências práticas durante o curso. Atividades como extensão (17,08%) e iniciação científica (15,35%) indicam o interesse dos alunos em expandir seus conhecimentos técnicos e sociais. Já a participação em empresas juniores (10,64%) reforça a tendência empreendedora no perfil dos egressos, ainda que essa modalidade tenha se consolidado mais recentemente com a fundação da empresa júnior do curso em 2010. Essas atividades estão previstas no PPC como parte da formação, reforçando seu papel essencial no desenvolvimento acadêmico e profissional dos graduandos.

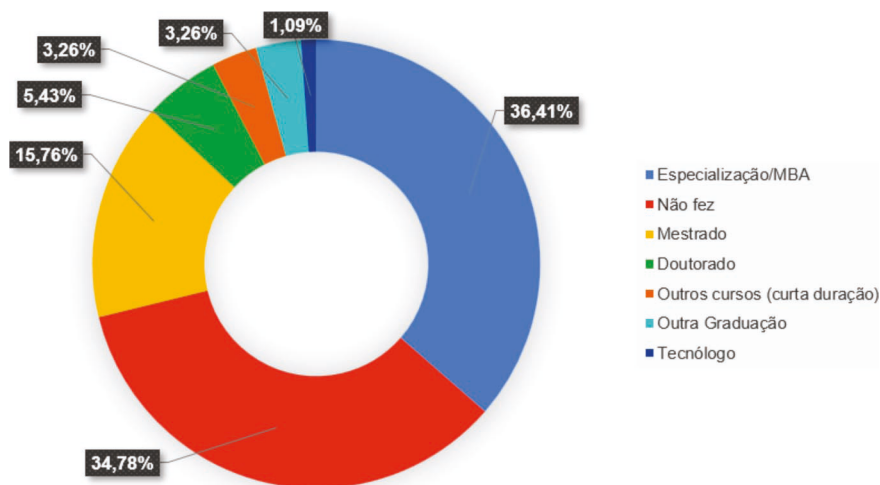
Gráfico 2 - Atividades extracurriculares



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No quesito capacitação após a graduação, como exibe o Gráfico 3, destaca-se que 36,41% dos respondentes realizaram Especialização/MBA, seguido por 14,67% que cursaram mestrado e 5,43% que concluíram o doutorado. Os que afirmaram não ter realizado nenhuma pós-graduação ou outras graduações são 34,78%.

Gráfico 3 - Cursos realizados após a graduação

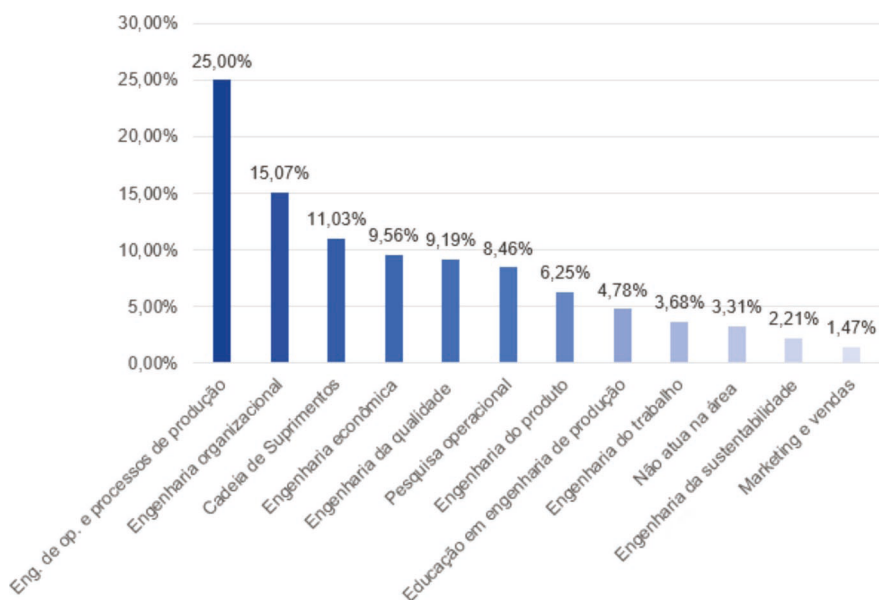


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Sobre as áreas de atuação profissional, observa-se no Gráfico 4 que Engenharia de Operações e Processos de Produção é a mais citada (25%), seguida por Engenharia Organizacional (15,07%) e Cadeia de Suprimentos (11,03%). Essas áreas são fortemente ligadas às competências centrais do curso. A área com menor participação foi Engenharia da Sustentabilidade (2,21%). É interessante notar que uma pequena parcela mencionou atuar em Marketing e Vendas (1,47%), um campo ligeiramente fora das áreas tradicionais da Engenharia de Produção, mas contemplado em disciplinas do curso. Uma parcela relatou estar fora do mercado de trabalho no momento (3,85%), o que pode refletir desafios temporários ou mudanças de carreira, enquanto 3,31% afirmaram não atuar nas áreas do curso. Vale frisar que o questionário permitia indicar mais de uma área de atuação por respondente.

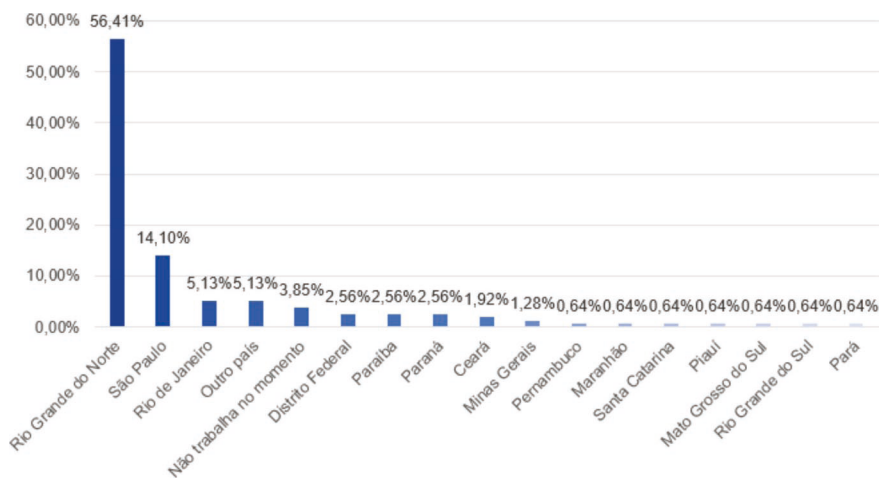
A composição do mercado de trabalho revela que a maior parte dos egressos atua no estado do Rio Grande do Norte (56,41%), com representações significativas em São Paulo (14,10%) e Rio de Janeiro (5,13%). Destaca-se também que 5,13% dos respondentes atuam em outro país, demonstrando a internacionalização de alguns profissionais.

Gráfico 4 - Área da Engenharia de Produção em atuação



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Gráfico 5 - Estados onde atuam profissionalmente



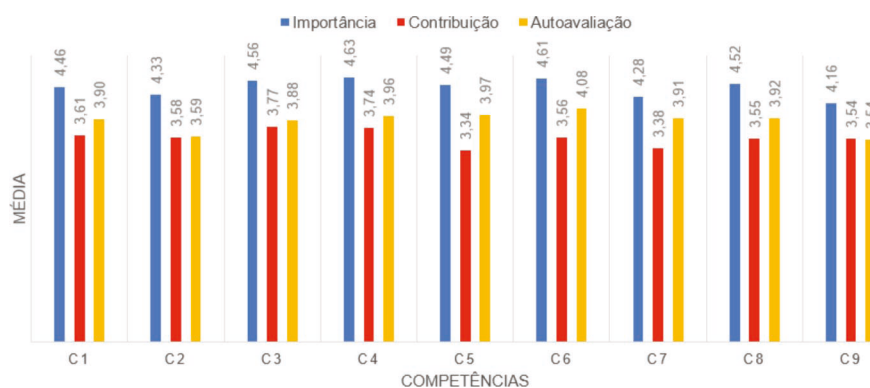
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise do perfil dos egressos possibilita uma compreensão sobre os impactos da formação acadêmica na trajetória profissional, bem como sobre a relação contínua entre os ex-alunos e a instituição. A predominância de determinadas áreas de atuação, a busca por qualificação adicional e a inserção no mercado de trabalho em diferentes regiões do país demonstram a versatilidade do curso e sua aderência às demandas do setor produtivo. Além disso, a participação significativa em atividades extracurriculares reforça a importância dessas iniciativas no desenvolvimento profissional. Essas informações são importantes para avaliar a efetividade do curso e direcionar atualizações curriculares, garantindo que a formação oferecida esteja alinhada às exigências do mercado e às demandas da sociedade.

4.2 Competências essenciais percebidas pelos egressos

Os resultados da pesquisa destacam como os egressos percebem as competências essenciais para a formação em Engenharia de Produção, avaliando três perspectivas: (1) importância para o mercado de trabalho; (2) contribuição do curso para o desenvolvimento das competências; (3) autoavaliação do próprio desempenho. As análises do Gráfico 6 baseiam-se na pontuação média obtida.

Gráfico 6 - Notas médias de avaliação das competências



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As competências C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia) e C6 (Liderança colaborativa e multicultural) foram as mais valorizadas, com médias de importância superiores a 4,6, porém sua contribuição percebida pelo curso foi menor, indicando que os egressos consideram essas áreas fundamentais, mas poderiam ser mais exploradas na graduação. Esse padrão se repete para C3 (Projeto e aperfeiçoamento de sistemas (produtos e processos) e outras competências técnicas e investigativas.

Na autoavaliação, os egressos se consideram mais preparados em C6 (Liderança colaborativa e multicultural), C5 (Expressão escrita, oral e tecnológica) e C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia) com médias de importância superiores a 3,96, enquanto C9 (Análise de impactos socioambientais) e C2 (Modelagem matemática e computacional para análise e decisão) tiveram as menores médias de autoavaliação. No entanto, as menores médias na percepção da contribuição do curso são de C5 (Expressão escrita, oral e tecnológica) e C7 (Prática profissional ética e legal).

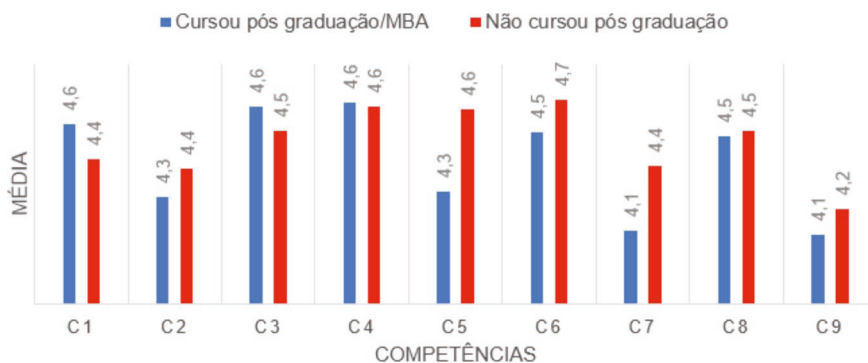
Apesar do equilíbrio geral entre importância para o mercado, autoavaliação e contribuição do curso, os resultados apontam oportunidades de melhoria, principalmente no fortalecimento de competências com avaliações mais baixas, garantindo uma formação mais alinhada às exigências do mercado.

No que tange à perspectiva da importância, observa-se que, ainda que haja diferenças entre as competências, essas não são significativas. Isso pode indicar que as competências propostas estão alinhadas com as expectativas do mercado na visão dos egressos.

4.3 Experiência pós-graduação e influência na percepção quanto às competências

A realização de uma pós-graduação ou MBA pode impactar a percepção dos egressos sobre a importância das competências adquiridas durante a graduação. A análise das médias obtidas nos dois grupos de respondentes – (1) aqueles que cursaram uma pós-graduação e (2) aqueles que não cursaram – permite identificar possíveis correlações entre a formação complementar e a valorização das habilidades desenvolvidas ao longo do curso. As análises do Gráfico 7 baseiam-se na pontuação média de importância percebida.

Gráfico 7 - Percepção de importância dos egressos que cursaram pós-graduação/MBA e dos que não cursaram



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

De maneira geral, as médias de importância atribuídas às competências apresentaram variações sutis entre os dois grupos, com pequenas diferenças que podem indicar mudanças na percepção em função da formação continuada. Entre aqueles que cursaram uma pós-graduação ou MBA, as competências com as menores médias foram C7 (Prática profissional ética e legal), 4,1, e C9 (Análise de impactos socioambientais), 4,1. Já no grupo que não cursou uma pós-graduação, essas mesmas competências apresentaram médias ligeiramente superiores, sendo 4,4 e 4,2, respectivamente, para C7 e C9.

Além dos dados quantitativos, a análise qualitativa das respostas permite aprofundar a compreensão das percepções dos egressos. Algumas das observações feitas pelos participantes reforçam os achados da pesquisa:

Sobre a C7, creio que boa parte da legislação foi tratada de forma superficial. A construção de um conhecimento sólido sobre ética e responsabilidade social também me pareceu insuficiente ao longo da graduação (relato de Egresso 1, sem pós-graduação - 2020).

Por outro lado, a competência C5 (Expressão escrita, oral e tecnológica) demonstrou uma diferença mais acentuada entre os grupos. Enquanto aqueles que realizaram pós-graduação atribuíram a essa competência uma média de 4,3, os que não cursaram uma pós-graduação indicaram uma média maior (4,6). Outro aspecto relevante a ser destacado é a competência C6 (Liderança colaborativa de equipes), que obteve uma média de 4,5 entre os egressos com pós-graduação e 4,7 entre aqueles que não cursaram.

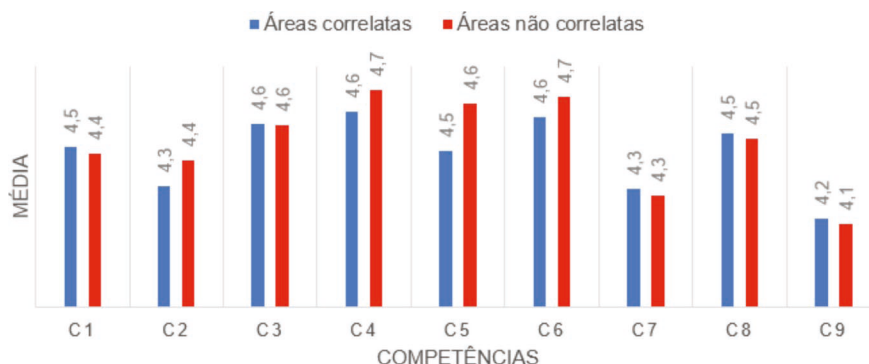
No que se refere às competências técnicas, como C2 (Modelagem matemática e computacional para análise e decisão), observa-se uma média de 4,3 entre aqueles que cursaram uma pós-graduação, enquanto o grupo sem pós-graduação atribuiu uma importância ligeiramente superior, com média de 4,4. Esse comportamento sugere que os profissionais que seguiram diferentes trajetórias após a graduação podem ter experiências semelhantes que influenciam a percepção sobre a relevância dessa competência.

De forma geral, as médias de importância atribuídas às competências não apresentam discrepâncias significativas entre os grupos, o que pode indicar que as habilidades desenvolvidas durante a graduação são amplamente valorizadas por todos os egressos, independentemente da continuidade da formação acadêmica. No entanto, a variação sutil em algumas competências pode sugerir que a experiência profissional direta influencia a percepção sobre determinadas habilidades citadas.

4.4 Situação de trabalho e influência na percepção quanto às competências

Para avaliar a relação entre a atuação profissional e a percepção sobre as competências adquiridas na graduação, os egressos foram divididos em dois grupos: (1) aqueles que atuam em áreas correlatas à Engenharia de Produção, incluindo a docência e o empreendedorismo, e (2) aqueles que não atuam em áreas correlatas ou estão fora do mercado de trabalho. O Gráfico 8 apresenta as médias atribuídas à importância de cada competência por esses grupos, permitindo avaliar como a experiência profissional influencia essa percepção.

Gráfico 8 - Percepção de importância dos egressos que atuam em áreas correlatas e não atuam em áreas correlatas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os resultados indicam que, de modo geral, a percepção da importância das competências é semelhante entre os dois grupos, com pequenas variações nas médias. No entanto, os profissionais que não atuam em áreas correlatas atribuíram notas ligeiramente mais altas a algumas competências, como C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia), 4,7, C5 (Expressão escrita, oral e tecnológica), 4,6, e C6 (Liderança colaborativa e multicultural), 4,7. Esse dado sugere que essas competências são percebidas como mais fundamentais para adaptação a diferentes setores e desafios, também fora do campo tradicional da Engenharia de Produção.

Por outro lado, a menor média de importância foi atribuída à C9 (Análise de impactos socioambientais), 4,1 para profissionais de áreas não correlatas e 4,2 para aqueles em áreas correlatas. Além disso, C7 (Prática profissional ética e legal) também apresentou médias relativamente menores, sendo 4,3 para ambos os grupos, o que pode indicar uma percepção menos central dessa competência no cotidiano profissional dos egressos.

Essa conclusão é corroborada pelos depoimentos de dois egressos, que apontam a desvalorização do mercado quanto à competência C9 (Análise de impactos socioambientais):

Infelizmente o mercado não se importa muito com isso (relato de Egresso 2 - atuação em área correlata - 2013).

O aspecto social na época não tinha muita evidência. Não havia projetos de extensão, por exemplo (relato de Egresso 3 - atuação em área correlata - 2011).

No geral, os achados sugerem que, independentemente da área de atuação, as competências adquiridas na graduação são amplamente valorizadas. No entanto, algumas habilidades específicas, como C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia) e C6 (Liderança colaborativa de equipes), parecem ser mais cruciais para aqueles que atuam em setores diversos e precisam de maior flexibilidade para se adaptar a diferentes contextos profissionais.

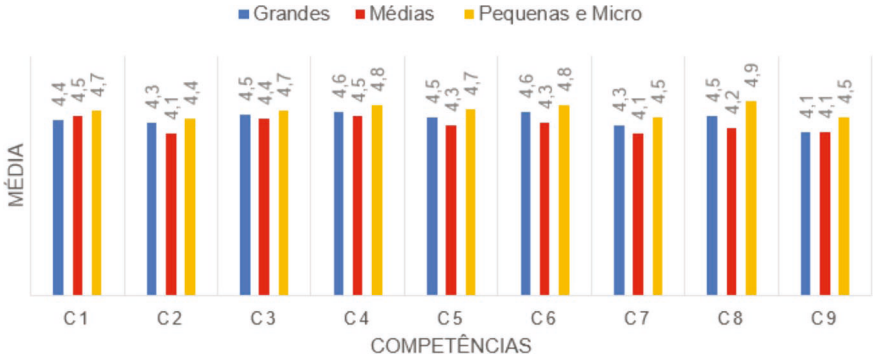
4.5 Porte da instituição e influência na percepção quanto às competências

A percepção sobre as competências adquiridas na graduação pode variar de acordo com o porte da instituição onde os egressos trabalham atualmente. Para analisar essa relação, os respondentes foram divididos em três grupos: Microempresas (até 9 empregados; indústria - até 19 empregados), e Pequenas (Comércio e serviços

com até 49 empregados; indústria com até 99 empregados), com 15,13% dos respondentes; Médias Empresas (Comércio e serviços com 50 a 99 empregados; indústria com 100 a 499 empregados), com 11,84% dos respondentes; Grandes Empresas (Comércio e serviços com 100 ou mais empregados; indústria com 500 ou mais empregados), com 73,03% dos respondentes.

De acordo com o Gráfico 9, observa-se que os egressos que atuam em micro e pequenas empresas atribuíram notas mais altas às competências quando comparados aos demais grupos, o que pode indicar uma maior valorização da organização, ou necessidade de uso pelo egresso das habilidades desenvolvidas na graduação nesse contexto profissional. Destacam-se as notas atribuídas à C8 (Aprendizado contínuo e empreendedorismo), 4,9, C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia), 4,8, e C6 (Liderança colaborativa de equipes), 4,8, que refletem a necessidade de autonomia e flexibilidade inerente a essas organizações menores.

Gráfico 9 - Percepção de importância dos egressos por porte de empresa em atuação



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Por outro lado, os egressos que trabalham em médias empresas atribuíram menores médias às competências, sugerindo uma percepção mais baixa da relevância das habilidades adquiridas na graduação para esse ambiente organizacional. As menores notas foram observadas para C7 (Prática profissional ética e legal), 4,1, C9 (Análise de impactos socioambientais), 4,1, e C2 (Modelagem matemática e computacional para análise e decisão), 4,1.

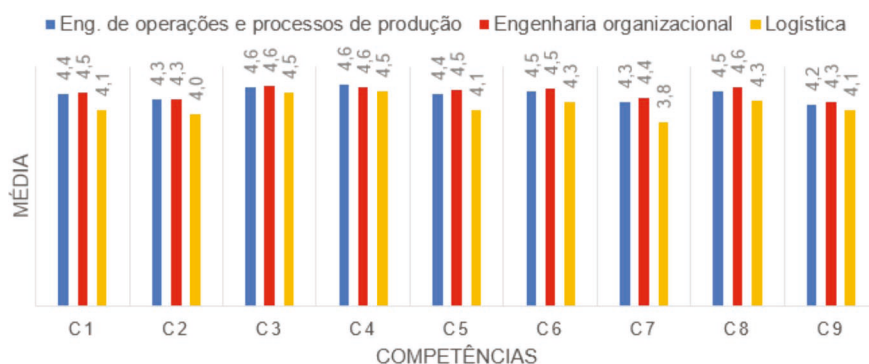
Nos respondentes que atuam em grandes empresas, notam-se percepções semelhantes entre as competências. Entre as mais bem avaliadas estão C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia), 4,6, e C6: Liderança colaborativa de equipes, 4,6, sugerindo que o ambiente corporativo de grande porte valoriza essas capacidades. No entanto, C9 (Análise de impactos socioambientais), 4,1, apresentou a menor nota, alinhando-se à percepção observada nos egressos das médias empresas.

Com isso, é destacado que o porte da empresa pouco influenciou a percepção da importância das competências adquiridas na graduação, mesmo diante das elevadas médias atribuídas à maioria delas, as semelhanças entre as percepções das competências são significativas.

4.6 Área de atuação e influência na percepção quanto às competências

Neste tópico, analisa-se a influência da área de atuação profissional na percepção da importância das competências adquiridas durante a graduação. Para tanto, foram comparadas as médias atribuídas pelos egressos que atuam em três principais áreas: Engenharia de Operações e Processos de Produção (68 respondentes, 25,00%), Engenharia Organizacional (41 respondentes, 15,07%) e Cadeia de Suprimentos (30 respondentes, 11,03%). A análise permite identificar padrões de valorização das competências em diferentes contextos profissionais e destacar eventuais lacunas percebidas, no Gráfico 10.

Gráfico 10 - Percepção de importância dos egressos por área de atuação



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os egressos que atuam na área de Engenharia de Operações e Processos de Produção apresentaram médias elevadas para quase todas as competências, com destaque para C3 (Projeto e aperfeiçoamento de sistemas (produtos e processos), 4,6, e C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia), 4,6. Esses resultados refletem a necessidade de habilidades de planejamento e gestão dentro dos processos produtivos. Entretanto, a menor média foi observada em C9 (Análise de impactos socioambientais), 4,2, sugerindo que essa competência é percebida como menos central na rotina desses profissionais.

Na Engenharia Organizacional, as médias foram ligeiramente superiores às da área de Engenharia de Operações e Processos de Produção, especialmente em C8 (Aprendizado contínuo e empreendedorismo) 4,6, e C1 (Análise das necessidades para formulação de soluções sistêmicas e sustentáveis) 4,5. Isso indica uma valorização do pensamento estratégico e da busca constante por inovação organizacional. A menor média, 4,4, foi atribuída à C7 (Prática profissional ética e legal), sugerindo que, apesar da boa avaliação, essa competência pode demandar um reforço maior no contexto organizacional.

A área de Cadeia de Suprimentos apresentou as médias mais baixas entre os grupos analisados, com destaque negativo para C7 (Prática profissional ética e legal), 3,8. Essa pontuação, inferior às demais, pode indicar uma lacuna na formação voltada para a ética e regulamentações no setor logístico. As maiores médias, competências mais importantes, foram: C3 (Projeto e aperfeiçoamento de sistemas – produtos e processos) 4,5, e C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia) 4,5.

Contudo, as áreas de atuação influenciam diretamente a percepção sobre a importância das competências adquiridas na graduação. Enquanto a Engenharia Organizacional valoriza mais o aprendizado contínuo e a capacidade de planejamento estratégico, a Engenharia de Operações e Processos de Produção e a Cadeia de Suprimentos focam na gestão de projetos e implementação de soluções sustentáveis.

Essas diferenças sugerem a importância de um currículo acadêmico que combine uma base teórica sólida com experiências práticas adaptáveis a diferentes contextos organizacionais e áreas de atuação de maneira equilibrada. Esse é um constante desafio para os cursos de Engenharia de Produção, devido às várias possibilidades de atuação nos âmbitos local, regional ou até mesmo mundial.

4.7 Influência das versões de PPC percebida pelos egressos

Neste tópico, analisou-se a percepção dos egressos em relação à contribuição na formação das diferentes versões do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) ao longo dos anos. Consideraram-se três principais versões: PPC 1 (conclusão até 2009); PPC 2 (conclusão entre 2010 e 2020); PPC 3 (conclusão após 2020). Como os egressos não foram questionados quanto à estrutura curricular que estavam vinculados, essa é uma estimativa diante das migrações de currículo e dos períodos mais prováveis de conclusão do curso pelos alunos regulares. O objetivo da análise é identificar variações nas percepções de contribuição do curso dos egressos conforme os PPCs sob os quais foram formados.

A avaliação da contribuição do curso nas diferentes versões do PPC apresentou variações, conforme o Gráfico 11.

Gráfico 11 - Percepção de contribuição dos egressos por PPC



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os dados revelam que, ao longo das versões do PPC, houve um leve aumento na percepção de contribuição do curso para C4 (Implantação e gestão de projetos de soluções de engenharia), que atingiu sua melhor avaliação (4,0) no PPC 3. Isso pode indicar um benefício das mudanças realizadas nos projetos, em especial, uma busca pela aplicação de metodologias ativas de ensino e a inserção de ações extensionistas.

Um egresso que concluiu o curso em 2011 destacou a importância de metodologias ágeis e ferramentas estratégicas para a gestão de projetos, apontando oportunidades de melhoria e uma constante atualização dos currículos:

Necessário haver abordagens ágeis e canvas na graduação, bem como EAPs (estruturas analíticas dos projetos) na parte de projetos. A manutenção de trabalhos coletivos ajuda a preparar os alunos para os relacionamentos interpessoais (relato de Egresso 4 - 2011).

Já um egresso de 2022 apontou que algumas disciplinas ainda carecem de maior estímulo ao desenvolvimento da competência C4, apesar de avanços. O relato do aluno reforça a importância de mudar o ensino de uma perspectiva conteudista para o foco no desenvolvimento de competências:

Algumas disciplinas não estimularam essa competência [...], apesar de muito bem ministrada, foca muito no conteúdo puro e pouco na aplicação para resolução de problemas reais (relato de Egresso 5 - 2022).

Esse comentário sugere que, embora a percepção sobre a contribuição do curso para C4 tenha aumentado, ainda há espaço para melhorias, especialmente no sentido de aproximar o ensino teórico da prática profissional.

A competência C9 (Análise de impactos socioambientais) também apresentou melhoria nas médias de contribuições do curso com valor mais recente, 3,7. Tal aumento pode indicar os impactos positivos da inclusão das componentes curriculares sobre a área de Engenharia da Sustentabilidade no segundo PPC (início em 2008), assim como os constantes esforços em atualização das metodologias de ensino, ressaltados nas atualizações dos PPCs.

Por outro lado, a competência C5 (Expressão escrita, oral e tecnológica) manteve-se como a competência com menor percepção de contribuição em todas as versões do PPC, atingindo seu menor valor na versão mais recente (3,2). Esse decréscimo da percepção da contribuição do curso pode sugerir a necessidade do curso de atualização das práticas de ensino, em especial, em relação às mudanças tecnológicas.

A competência C7 (Prática profissional ética e legal) também decaiu no decorrer dos PPCs, o que sugere um desafio persistente na integração da formação acadêmica com práticas éticas e legais no mercado de trabalho. Já a C6 (Liderança colaborativa de equipes) registrou uma melhora na versão mais recente do PPC, passando a possuir maior valor médio entre as contribuições (4,0), o que indica possível maior ênfase em atividades que incentivam o desenvolvimento de liderança e trabalho em equipe. Quanto às demais competências, C1, C2, C3 e C8, não foram observadas tendências ou variações significativas entre os valores médios.

Esses resultados são fundamentais para compreender o impacto das atualizações curriculares na formação dos profissionais e podem contribuir para o aprimoramento contínuo do PPC, buscando reforçar áreas que ainda apresentam menor percepção de efetividade por parte dos egressos.

4.8 Discussões finais da pesquisa

Ao longo do questionário, os egressos puderam fazer comentários sobre competências específicas, reflexões mais abrangentes sobre o processo de formação e sugestões para mudanças na estrutura curricular e no PPC.

Diversos egressos destacaram a importância de maior carga prática no curso, a necessidade de atualização do currículo com base nas demandas do mercado, assim como integração dos conteúdos e disciplinas tanto específicas como as básicas da engenharia. Alguns egressos ressaltaram que em sua época de formação havia poucos projetos interdisciplinares, o que evidencia a importância de uma atualização constante dos currículos e das metodologias de ensino. Os comentários de egressos (formados em 2011 e 2014, respectivamente) fortalecem tal percepção:

Uma competência, C1, muito importante na formação do engenheiro de produção, mas que à minha época só conseguimos colocar em prática após formados, já que não existiam projetos integradores interdisciplinares ou transdisciplinares (relato de Egresso 4 - 2011).

Gostaria de indicar a integração de conhecimentos e a preparação para problemas reais presentes no mercado. Além disso, uma reflexão crítica destes problemas para seleção das melhores soluções. Façam muitas parcerias com inclusão dos alunos em projetos reais, isto fará com que desenvolvam soft skills e habilidades que não são possíveis de adquirir lendo um livro (relato de Egresso 6 - 2014).

Nesse sentido, os respondentes também destacam a importância da participação em projetos que compõem a tríade durante a graduação para o desenvolvimento de competências, como a C1 (Análise das necessidades para formulação de soluções sistêmicas e sustentáveis), para suprir eventuais lacunas das disciplinas tradicionais. O comentário de um egresso (2022) explicita essa oportunidade:

Os projetos de pesquisa, ensino e extensão contribuem bastante para o desenvolvimento dessa competência [C1], acredito que possui uma contribuição muito superior à sala de aula (relato de Egresso 7 - 2022).

As atividades de extensão universitária também foram apontadas como relevantes para o desenvolvimento de competências como a C9 (análise de impactos socioambientais), que foi identificada com um desempenho inferior na pesquisa. Outros ex-alunos destacaram a dificuldade de o mercado tratar os impactos ambientais e sociais com a devida relevância de forma proativa e responsável, o que corrobora com o papel formador do curso em busca do perfil desejável de profissional.

A oportunidade de ganhos na formação dos alunos por meio de uma maior aproximação com os ex-alunos também foi indicada, como mostram as sugestões de um egresso de 2021:

Aproximar ex-alunos que possuem vivências de mercado para a sala de aula para despertar interesse e até deixar os assuntos mais palpáveis e claros; criar rodas mensais de temáticas nas quais tenham a presença de alunos, ex-alunos, coordenadores e professores para debatermos assuntos pertinentes e atuais acerca da Engenharia de Produção (relato de Egresso 8 - 2021).

Vários ex-alunos destacaram a necessidade de maior enfoque em competências e habilidades que explorem aspectos da área de ciência de dados e programação, como a C2. Houve também especial destaque para o desenvolvimento de competências que versem sobre metodologias ágeis, a transformação digital em diversos aspectos e maior ênfase em gestão de pessoas, liderança e gestão de equipes. Tais demandas se mostram alinhadas com os desafios atuais da sociedade e da profissão.

Em sintonia com a necessidade de flexibilização do currículo, dando ao discente a autonomia de escolher diferentes percursos formativos em sua graduação, observa-se o comentário de um egresso (2022):

[...] Ao fim do curso me deparei despendendo tempo para conteúdos superficiais em vez de me aprofundar em conteúdos mais aprofundados da área que eu gostaria de seguir, infelizmente há muitas limitações na oferta de disciplinas optativas que fujam do básico (relato de Egresso 9 - 2022).

Os relatos dos egressos destacam a necessidade de atualizar o currículo e as metodologias de ensino para alinhar a formação às demandas do mercado e aos desafios atuais da Engenharia de Produção. A integração entre teoria e prática, por meio de projetos interdisciplinares, parcerias com empresas e atividades de extensão, é vista como essencial para desenvolver competências técnicas e socioemocionais. Além disso, a flexibilização curricular e a oferta de disciplinas que permitam um

aprofundamento em áreas específicas são apontadas como estratégias para uma formação mais personalizada. O diálogo contínuo entre instituição, alunos, ex-alunos e mercado é fundamental para um curso dinâmico e capaz de preparar profissionais críticos e adaptáveis aos desafios atuais da sociedade.

4.9 Proposta de competências para o curso

A definição das novas competências para o curso de Engenharia de Produção fundamenta-se nos resultados da pesquisa com egressos apresentada neste capítulo, no debate dos docentes do curso, em pesquisa de estruturas de outras universidades, bem como nas tendências contemporâneas do mercado de trabalho e nas DCNs. Cada competência foi cuidadosamente selecionada com base na relevância percebida pelos egressos e nos desafios emergentes enfrentados pelos profissionais da área. Como resultado foram definidas 12 competências (CP) para o curso apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Competências definidas para o curso e relacionamento com as diretrizes nacionais

Descrição das competências propostas para o curso de engenharia de produção	Competências gerais previstas nos incisos do Art. 4º das DCNs (Brasil, 2019)
CP1 - Analisar e compreender as necessidades dos usuários e de seus contextos para formular, de maneira sistêmica, soluções de engenharia técnica, econômica, ambiental e socialmente viáveis.	I
CP2 - Utilizar ferramental matemático, estatístico, computacional ou de simulação para desenvolver, verificar e validar experimentos e modelos de sistemas de produção, fenômenos físicos e químicos.	II
CP3 - Ser capaz de acompanhar, desenvolver e aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos para promover inovações nas organizações e na sociedade.	VIII
CP4 - Projetar e desenvolver bens e serviços, assim como os respectivos sistemas, operações e processos produtivos, de forma criativa, ágil, inovadora e sustentável.	III

Descrição das competências propostas para o curso de engenharia de produção	Competências gerais previstas nos incisos do Art. 4º das DCNs (Brasil, 2019)
CP5 - Implementar, coordenar e monitorar projetos e soluções de engenharia de modo a buscar a aplicação eficiente dos recursos (humanos, ambientais, econômicos e informacionais).	III-c; IV-a; IV-b;
CP6 - Gerenciar os sistemas produtivos com visão crítico-reflexiva, holística e de melhoria contínua, considerando os diversos impactos das decisões.	IV-c; IV-e; VII-a;
CP7 - Expressar-se adequadamente nas formas escrita, oral e gráfica, em diversas línguas e linguagens com uso das tecnologias de informação e comunicação.	V
CP8 - Compreender, gerenciar e otimizar os fluxos de informação a fim de propor soluções para auxiliar a tomada de decisão e a gestão do conhecimento nos diversos níveis organizacionais.	IV-b
CP9 - Liderar, de forma proativa e colaborativa, equipes multidisciplinares em trabalhos presenciais ou a distância em consonância com os aspectos culturais e contextos locais e globais.	VI
CP10 - Conhecer, compreender e aplicar no exercício da profissão a legislação, a ética e a responsabilidade profissional de modo a promover que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando.	VII
CP11 - Aprender de forma autônoma, proativa e contínua, acompanhando os avanços científicos, tecnológicos e as mudanças socioeconômicas que afetam o exercício da profissão.	VIII
CP12 - Ter uma atitude empreendedora e contribuir para o desenvolvimento de organizações criativas, inovadoras e empreendedoras.	IV-d

Fonte: Acervo Comissão PPC (2023).

As competências selecionadas abrangem desde a análise e formulação de soluções técnicas e econômicas até a liderança de equipes multidisciplinares, passando pelo uso de ferramentas matemáticas, estatísticas e computacionais. Além disso, enfatizam a gestão eficiente de sistemas produtivos, a tomada de decisão baseada em dados e a aprendizagem contínua. O compromisso com a ética, a comunicação eficaz e a visão empreendedora também foram destacados, assegurando uma formação que capacita o engenheiro de produção a enfrentar desafios contemporâneos com eficiência e responsabilidade.

A definição dessas competências reflete uma abordagem abrangente, que considera as necessidades do mercado de trabalho, as contribuições acadêmicas e os desafios futuros da profissão. Dessa forma, busca-se formar profissionais preparados para atuar de maneira estratégica, inovadora e sustentável em diferentes contextos da Engenharia de Produção.

Considerações finais

A mudança nas DCNs dos cursos de engenharia em 2019 (Brasil, 2019) exigiu a reformulação de diversos projetos pedagógicos nas universidades do país. No campo da Engenharia de Produção, havia pouca discussão na literatura sobre as competências essenciais para o curso. A última publicação feita pela Abepro sobre as competências e habilidades esperadas para o curso foi em 2002 (Cunha, 2002). Desse modo, para estabelecer um perfil profissional que respondesse às exigências legais e às necessidades da sociedade se fazia necessária uma discussão mais atual da temática.

O presente capítulo propõe competências de referência para a Engenharia de Produção com base no estudo feito por docentes da área, tendo especial consideração à percepção de 158 egressos de um curso no nordeste brasileiro.

O processo de elaboração das competências baseou-se em uma investigação da literatura, o arcabouço legal e tendências nacionais e internacionais, bem como a coleta de dados com alunos, docentes do curso e empresas, resultando em uma relação de nove competências que foram colocadas em avaliação por meio de uma pesquisa *survey* com egressos (exposta em detalhes neste capítulo). O resultado foi trabalhado pelos pesquisadores e professores do curso da UFRN e, então, reformuladas as competências iniciais, chegando-se à proposta final, que se constitui em uma lista de doze competências, que estão de acordo com as DCNs (Brasil, 2019) e as expectativas da Abepro para a profissão (Cunha, 2002).

Os resultados da avaliação dos egressos formados ao longo de 16 anos destacam a importância de competências técnicas como: implementar e gerir projetos de soluções de engenharia; participar, gerenciar projetos e liderar, de forma proativa, colaborativa e ética, equipes com diversos perfis.

As competências propostas estão em sintonia com as demandas do mundo do trabalho e versam questões anteriormente identificadas como deficitárias, tais como: impacto ambiental e social, a ética e aptidões interpessoais, ressaltando a necessidade de fortalecimento desses aspectos na formação acadêmica dos alunos do curso.

Além disso, observou-se com os egressos a necessidade de enfatizar a perspectiva empreendedora, criativa, ágil, inovadora e sustentável das ações desenvolvidas. Houve também um direcionamento muito forte dado pelos ex-alunos quanto à necessidade de que o processo de formação das competências e habilidades acompanhe os avanços científicos, tecnológicos e as mudanças da sociedade. Isso ressalta a importância da constante atualização dos docentes e dos projetos pedagógicos, como, também, evidencia que é preciso desenvolver a autonomia dos alunos no processo de aprendizagem, já que a graduação representa apenas o início de uma trajetória profissional para a maioria dos estudantes.

Em resposta ao desafio de promover uma educação ampla, integradora e que responda às transformações sociais e tecnológicas, faz-se necessária a discussão sobre as metodologias de ensino e os conteúdos trabalhados. As metodologias e os conteúdos devem ser constantemente avaliados e aprimorados para garantir a integração da prática e teoria e promover o desenvolvimento das competências desejadas nesse ambiente de constante transformação, bem como a visão sistêmica e em uma reflexão crítica e responsável pelos futuros profissionais.

A definição de competências também implica o estudo e a seleção das habilidades que se fazem necessárias para o exercício da profissão. Nesse contexto, observa-se a oportunidade de estudos futuros que discutam quais as habilidades prioritárias para o curso de Engenharia de Produção.

Apesar de a pesquisa ter tratado de egressos vinculados a um único curso de Engenharia de Produção e poder não representar a realidade existente em outras instituições no país e no mundo, acredita-se que este pode ser um caso de referência para a construção de competências. As discussões aqui apresentadas versaram sobre o processo de amadurecimento de um curso de Engenharia de Produção com quase 30 anos, que passou por três projetos pedagógicos e discutiu a percepção de egressos formados ao longo de mais de uma década. Espera-se que o estudo contribua para aprimorar a formação em Engenharia de Produção ante os desafios atuais e futuros.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nosso profundo agradecimento ao Prof. Wattson José Saenz Perales (*in memoriam*), que se dedicou integralmente ao curso de Engenharia de Produção desde sua criação e fez parte da comissão de atualização do PPC no Núcleo Docente Estruturante (NDE). Também estendemos nossa gratidão aos

professores Jesus Leodaly Salazar Aramayo, Joelton Fonseca Barbosa e Arthur Harry Frederico Ribeiro Kramer, que integraram a comissão de atualização do PPC no NDE. Por fim, mas não menos importante, agradecemos aos docentes do DEP, discentes, egressos e empresas que participaram ativamente da construção coletiva do atual PPC, em vigor desde 2024.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ABEPRO). Disponível em: <http://portal.abepro.org.br/>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à engenharia**. Florianópolis: UFSC, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES 1/2019, de 23 de janeiro de 2019**. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/marco-2019-pdf/109871-pces001-19-1/file>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versao_final_site.Pdf. Acesso em: 10 jan. 2025.

COLENCI, A. T. **O ensino de engenharia como uma atividade de serviço: a exigência de atuação em novos patamares de qualidade acadêmica**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Produção, Universidade de São Carlos, 2000.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). **Resolução nº 1.073, de 19 de abril de 2016**. Disponível em: <https://normativos.confea.org.br/Ementas/Visualizar?id=59111>. Acesso em: 10 jan. 2025.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). **Resolução nº 1.129, de 11 de dezembro de 2020**. Disponível em: <https://normativos.confea.org.br/Ementas/Visualizar?id=69633>. Acesso em: 10 jan. 2025.

CUNHA, G. D. **Um panorama atual da Engenharia de Produção**. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://abepro.org.br/arquivos/websites/1/panoramaatualep4.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2025.

FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. Construindo o conceito de competência. **Revista de administração contemporânea**, v. 5, p. 183-196, 2001.

MORAES, M. C. O perfil do engenheiro dos novos tempos e as novas pautas educacionais. In: LINSINGEN, I. von *et al.* **Formação do engenheiro**. Florianópolis: EDUFSC, 1999.

PERRENOUD, Ph. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

RESENDE, E. **O livro das competências: desenvolvimento das competências: a melhor auto-ajuda para pessoas, organizações e sociedade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.

ROCHA, M. L. C. **Competências empreendedoras na engenharia civil: proposta de formação docente**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Administração de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, 2022.

SCALLON, G. **Avaliação da aprendizagem numa abordagem por competências**. Curitiba: PUCPress, 2015.

SILVA, A. A. D. da, RAFASKI, A. D., SILVA, F. S. Competências necessárias ao engenheiro de produção: diferenças e similaridades nas perspectivas de egressos e de gerentes de produção industrial. **Revista Produção Online**, v. 23, n. 2 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v23i2.4413>. Acesso em: 10 jan. 2025.

SILVA, D. **O Ensino de Competências no Brasil: O que dizem as teses e dissertações no Período de 2015 a 2019**. Passo Fundo. Dissertação (Mestrado) – Educação, Universidade de Passo Fundo, Brasil, 2021.

VERTICCHIO, N. de M. **Análise comparativa das habilidades e competências necessárias para o engenheiro na visão da indústria, dos discentes e dos docentes.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

ZABALA, A; ARNAU, L. **Métodos para ensinar Competências.** Porto Alegre: Artmed, 2014.

A ABORDAGEM CTSA NOS CURSOS DE ENGENHARIA DO CEFET-MG: UMA ANÁLISE DOCUMENTAL DOS PROJETOS PEDAGÓGICOS DE CURSO

Maria Adélia da Costa¹

Wilson Antonio da Silva²

Ana Cecília Estevão³

Introdução

A articulação entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente constitui uma dimensão fundamental para a compreensão crítica da atuação 0,profissional no contexto contemporâneo. A abordagem CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), conforme delineada por Auler (2007), propõe a superação da fragmentação do conhecimento por meio de uma educação científica e tecnológica contextualizada, interdisciplinar e comprometida com a formação de sujeitos críticos e eticamente engajados. Essa perspectiva converge com os princípios de uma educação orientada para a cidadania científica, ao considerar os impactos sociotécnicos das inovações e as implicações éticas das práticas profissionais.

No campo da Engenharia, a abordagem CTSA assume especial relevância, dado que os efeitos das inovações tecnológicas sobre o meio ambiente e as estruturas sociais tornam-se cada vez mais intensos e complexos. Santos e Schnetzler (2010) destacam que incorporar essa abordagem requer o reconhecimento de que o conhecimento técnico-científico não é neutro, sendo imprescindível analisá-lo à luz das

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG.

² Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

³ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG.

inter-relações com os contextos sociais, políticos e ambientais em que é produzido e aplicado.

Ao integrar dimensões sociais, éticas, políticas e ambientais à formação dos profissionais, a perspectiva CTSA promove uma concepção ampliada de educação científica, que transcende os limites do saber técnico-instrumental. Tal concepção possibilita a superação de visões descontextualizadas da ciência, favorecendo uma compreensão crítica e situada do conhecimento, com vistas à construção de uma sociedade mais justa, equitativa e ambientalmente sustentável.

Diante dos desafios complexos da atualidade, como a crise climática, as desigualdades sociais e o avanço acelerado das tecnologias, torna-se urgente repensar os paradigmas da formação em Engenharia. Tal formação deve ir além da competência técnica, incorporando valores éticos, sustentabilidade e cidadania, em consonância com os princípios da abordagem CTSA e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme apontam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

Neste trabalho, retomam-se os apontamentos de Santos (2005), que denuncia a fé cega na ciência e na tecnologia. Para o autor, assim como em outras épocas as pessoas recorriam aos deuses para explicar o mundo e resolver seus dilemas, hoje se voltam quase automaticamente à ciência e à tecnologia como fontes absolutas de verdade e solução. Essa confiança exacerbada, contudo, ignora os limites éticos e sociais da ciência, desconsiderando seu caráter histórico, socialmente situado e permeado por interesses econômicos, políticos e ideológicos. Ademais, tende a reduzir a complexidade dos problemas humanos a respostas técnicas, frequentemente insensíveis às dimensões culturais, subjetivas e sociais da existência.

Santos (2005) argumenta que a lógica predominante no mundo contemporâneo é a da eficácia tecnológica, marcada por valores como eficiência, produtividade e controle. Nessa racionalidade, a ciência passa a ocupar o papel central na orientação de decisões e ações, em detrimento de outras formas de conhecimento – como os saberes tradicionais, filosóficos, espirituais e afetivos. Essa hegemonia da ciência e da técnica pode excluir dimensões fundamentais da experiência humana, reduzindo o social ao que é mensurável e funcional. Como alternativa, o autor propõe uma reflexão crítica sobre os limites da ciência moderna e a valorização de uma ecologia de saberes, que permita a construção de sociedades mais justas e inclusivas.

Na mesma direção, Bastos (1998) compreende a tecnologia não apenas como um conjunto de ferramentas, mas como um modo de produção que estrutura as relações sociais. Ao integrar invenções, estratégias e instrumentos voltados à produ-
ti-

vidade, a tecnologia contribui para consolidar determinadas lógicas sociais e econômicas, desempenhando papel central nas dinâmicas contemporâneas.

Santos e Mortimer (2001) observam que, sob uma visão tradicional ainda dominante, a ciência é concebida como neutra, objetiva e conduzida por especialistas em busca de verdades universais. Essa concepção ignora os aspectos sociais, políticos e éticos da produção científica, atribuindo ao cientista apenas o papel de descobridor, sem corresponsabilidade pelos impactos do conhecimento gerado.

No entanto, os estudos do campo Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) passaram a questionar essa visão linear e ingênua, segundo a qual mais ciência levaria, automaticamente, à mais tecnologia e, por consequência, a mais progresso e bem-estar (Cassiani; Von Linsingen; Giraldi, 2011). Ao contrário, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade passaram a ser compreendidas como interdependentes, complexas e historicamente condicionadas.

Nesse contexto, Bazzo (2014) ressalta que o agravamento dos problemas ambientais no pós-guerra impulsionou o surgimento de uma postura crítica em relação ao modelo linear de desenvolvimento. A crença no progresso contínuo promovido pela ciência e pela tecnologia passou a ser problematizada diante das consequências socioambientais que dele decorrem. Emergiram, assim, novos olhares críticos, entre os quais se destaca o movimento CTS, voltado à compreensão das interações entre ciência, tecnologia e sociedade de forma mais ampla, responsável e comprometida.

No Brasil, a educação ambiental também tem ocupado lugar central nesse debate. A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, define a educação ambiental como um processo contínuo e permanente, voltado à formação de valores, conhecimentos, atitudes e competências para a preservação e o uso sustentável do meio ambiente (Brasil, 1999). Essa perspectiva reconhece o meio ambiente como um bem coletivo, essencial à qualidade de vida das gerações presentes e futuras. Mais do que transmitir informações sobre a natureza, a educação ambiental propõe o exercício da cidadania e a responsabilização social na defesa da sustentabilidade e do bem comum.

A PNEA estabelece, ainda, que a educação ambiental deve perpassar todos os níveis e modalidades de ensino, bem como as práticas educativas não formais, integrando-se aos projetos político-pedagógicos das instituições. Reforça, assim, seu caráter transversal, contínuo e intencional, ampliando seu escopo para além de ações pontuais ou disciplinares.

Com base nessas premissas, o presente artigo tem como objetivo identificar a presença e as características da abordagem CTSA nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPCs) de Engenharia ofertados pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Para isso, foi realizada uma pesquisa documental, fundamentada na análise dos PPCs disponíveis no site institucional da referida instituição, considerando as versões mais recentes e em vigor.

1. Metodologia aplicada à pesquisa

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, de natureza documental, com foco na análise dos Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs) dos cursos de Engenharia ofertados pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Conforme destacam Lüdke e André (1986), a pesquisa qualitativa visa compreender fenômenos em seus contextos naturais, valorizando os significados, os processos e as interpretações atribuídas pelos sujeitos ou expressos nos documentos – característica que a torna apropriada para a investigação de materiais institucionais sob uma perspectiva interpretativa.

Nesse sentido, Gil (2008) caracteriza a pesquisa documental como aquela que se apoia em fontes que, embora autênticas e acessíveis, ainda não foram objeto de tratamento analítico aprofundado, como relatórios, pareceres, atas, regulamentos e demais registros formais. Essa abordagem permite explorar informações contidas nos documentos institucionais de maneira sistemática, contribuindo para a compreensão dos princípios formativos e das concepções pedagógicas subjacentes aos currículos analisados.

Os documentos utilizados na pesquisa foram obtidos diretamente no site oficial do CEFET-MG, por meio da página da Diretoria de Graduação. Para fins deste estudo, foram consideradas as versões mais recentes dos PPCs, indicadas como vigentes no momento da coleta. Visando garantir o mapeamento abrangente da oferta institucional, foram identificados todos os campi que ofertam cursos de Engenharia, sendo os respectivos PPCs incluídos no corpus de análise.

O Quadro 1 apresenta a relação detalhada dos cursos, incluindo as respectivas unidades de oferta, o ano de referência dos PPCs e o número de páginas de cada documento analisado.

Quadro 1 - Relação dos cursos de Engenharia analisados

<i>Campus</i> de Oferta	Curso	Ano	No de pag. do PPC
Araxá	Engenharia de Automação Industrial	2022	196
	Engenharia Civil	2023	334
	Engenharia de Minas	2022	290
Contagem	Engenharia Química	2023	208
Curvelo	Engenharia Civil	2022	239
	Engenharia de Energia	2024	236
Divinópolis	Engenharia de Computação	2023	176
	Engenharia Mecatrônica	2022	271
Leopoldina	Engenharia de Computação	2022	190
	Engenharia de Controle e Automação	2022	121
Nepomuceno	Engenharia Elétrica	2022	252
Nova Gameleira (Belo Horizonte)	Engenharia Civil	2023	268
	Engenharia de Computação	2022	199
	Engenharia Elétrica	2022	191
	Engenharia Mecânica	2022	340
Campus Nova Suíça (Belo Horizonte)	Engenharia Ambiental e Sanitária	2022	274
	Engenharia de Materiais	2022	132
	Engenharia de Transportes	2022	250
Timóteo	Engenharia de Computação	2022	117
	Engenharia Metalúrgica	2022	203
Varginha	Engenharia Civil	2022	254

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O levantamento realizado resultou na análise de 19 Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs) dos cursos de Engenharia ofertados em 10 *campi* do CEFET-MG, conforme apresentado no Quadro 1. Observa-se uma diversidade de formações em Engenharia, com destaque para a oferta de múltiplos cursos em alguns *campi*, como Araxá, Nova Gameleira e Nova Suíça, evidenciando a amplitude da atuação institucional.

Os documentos analisados apresentam variação significativa quanto à extensão, com número de páginas que vai de 117 a 340, o que sugere diferentes níveis de

detalhamento e estruturação curricular entre os cursos. Essa heterogeneidade constitui um elemento importante a ser considerado na análise qualitativa do tratamento dado à abordagem CTSA nos PPCs, especialmente no que diz respeito à inserção de questões socioambientais, éticas e tecnológicas nos projetos formativos.

Quadro 2 - Cursos que se repetem em mais de um *campus*

Curso	<i>Campi</i> onde é ofertado	Nº de <i>Campi</i>
Engenharia Civil	Araxá, Curvelo, Nova Gameleira, Varginha	4
Engenharia de Computação	Divinópolis, Leopoldina, Nova Gameleira, Timóteo	4
Engenharia Elétrica	Nepomuceno, Nova Gameleira	2

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O Quadro 2 evidencia a repetição de determinados cursos de Engenharia em mais de um campus do CEFET-MG, com destaque para Engenharia Civil e Engenharia de Computação, ambos ofertados em quatro unidades distintas. Essa repetição demonstra a estratégia institucional de interiorização e ampliação da oferta formativa, garantindo o acesso a formações similares em diferentes regiões do estado.

Além disso, a presença de cursos recorrentes permite comparações mais aprofundadas entre os PPCs de uma mesma área, favorecendo a análise das variações curriculares, da abordagem pedagógica e da incorporação (ou não) de princípios relacionados à abordagem CTSA em distintos contextos territoriais e estruturais.

Quadro 3 - Cursos exclusivos de um único *campus*

Curso	<i>Campus</i>
Engenharia de Automação Industrial	Araxá
Engenharia de Minas	Araxá
Engenharia Química	Contagem
Engenharia de Energia	Curvelo
Engenharia Mecatrônica	Divinópolis
Engenharia de Controle e Automação	Leopoldina

Curso	<i>Campus</i>
Engenharia Mecânica	Nova Gameleira (BH)
Engenharia Ambiental e Sanitária	Campus Nova Suíça (BH)
Engenharia de Materiais	Campus Nova Suíça (BH)
Engenharia de Transportes	Campus Nova Suíça (BH)
Engenharia Metalúrgica	Timóteo

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A distribuição exclusiva de determinados cursos de Engenharia em *campi* específicos do CEFET-MG revela uma forte articulação entre a oferta formativa e as demandas regionais, econômicas e industriais. Como evidencia a Tabela 1, a escolha por cursos como Engenharia de Minas em Araxá ou Engenharia Metalúrgica em Timóteo está diretamente associada às vocações produtivas locais, indicando uma intencionalidade institucional na formação de profissionais alinhados às cadeias produtivas regionais.

De se destacar que essa estratégia reforça o papel do CEFET-MG como agente de desenvolvimento territorial, contribuindo para o fortalecimento de arranjos produtivos locais por meio da educação tecnológica. Além disso, a vinculação dos cursos a contextos específicos pode influenciar a forma como temas como sustentabilidade, inovação e CTSA são abordados nos respectivos PPCs, uma vez que tais aspectos dialogam com os desafios concretos enfrentados por cada território.

Tabela 1 - Contexto das cidades em que as engenharias possuem ofertas exclusivas

Cidade	Contexto
Araxá	A presença de cursos como Engenharia de Minas e Automação Industrial está diretamente relacionada à importância da mineração na região, que abriga grandes reservas minerais (como a CBMM - Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração).
Contagem	O curso de Engenharia Química dialoga com o perfil industrial da cidade, que possui um dos maiores polos industriais de Minas Gerais, com forte presença de indústrias químicas, metalúrgicas e de transformação.
Curvelo	A oferta de Engenharia de Energia reflete o interesse pela diversificação energética e pelas políticas de desenvolvimento sustentável. A região está próxima de áreas com usinas hidrelétricas e potencial para energia solar.

Cidade	Contexto
Divinópolis	A cidade é reconhecida por seu polo metalmeccânico e pela presença de empresas de automação e eletroeletrônica, o que justifica a oferta de Engenharia Mecatrônica.
Leopoldina	A oferta de Engenharia de Controle e Automação pode estar relacionada ao perfil regional de pequenas e médias indústrias em busca de automação de processos.
Belo Horizonte	A diversidade de cursos reflete a capital como centro urbano com forte demanda tecnológica e industrial, justificando a oferta de Engenharia Mecânica, Elétrica, Civil e de Computação.
	A presença de cursos como Engenharia Ambiental e Sanitária, de Transportes e de Materiais está ligada à vocação da unidade para áreas de inovação e infraestrutura urbana, com forte vínculo com a pesquisa aplicada e planejamento urbano.
Timóteo	A cidade integra o Vale do Aço e abriga a Aperam South America, justificando a oferta de Engenharia Metalúrgica como curso exclusivo, em resposta à forte presença da indústria siderúrgica.
Nepomuceno	A oferta de Engenharia Elétrica pode estar relacionada à presença de infraestrutura ligada à agroindústria e às demandas logísticas e energéticas da região.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A análise evidencia que a distribuição dos cursos de Engenharia no CEFET-MG não ocorre de forma aleatória, mas segue uma lógica estratégica orientada pelas características socioeconômicas, produtivas e territoriais das regiões onde os *campi* estão inseridos. Tal configuração aponta para uma articulação intencional entre a formação profissional e as demandas locais, em consonância com as diretrizes das políticas públicas voltadas à educação tecnológica e ao desenvolvimento regional.

Nesse contexto, a investigação dos Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs) permitiu examinar de que maneira os princípios da abordagem CTSA estão incorporados – ou ausentes – nas propostas formativas das diferentes Engenharias ofertadas pela instituição.

Para tanto, foram definidos cinco critérios analíticos: (1) presença explícita da abordagem CTSA nos documentos; (2) integração de temas socioambientais no currículo; (3) promoção da interdisciplinaridade; (4) estímulo à formação ética e cidadã; e (5) alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Tais categorias orientaram a análise qualitativa dos PPCs, possibilitando identificar tendências, lacunas e potencialidades no que se refere ao compromisso formativo com uma engenharia social e ambientalmente responsável.

2. Análise das Categorias CTSA a partir das Disciplinas Comuns aos PPCs

Nos cursos de Engenharia do CEFET-MG, algumas disciplinas se repetem de forma transversal nos Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs), a exemplo de Filosofia da Tecnologia, Introdução à Sociologia, Psicologia Aplicada às Organizações e Políticas de Extensão e Interação com a Sociedade.

Embora essas disciplinas não constituam, isoladamente, um núcleo estruturado com base na abordagem CTSA, elas mantêm interfaces significativas com seus princípios fundantes, ao abordarem temas como ética, contexto sociotécnico, impactos ambientais e compromisso social. Assim, a análise dessas componentes curriculares possibilita avaliar em que medida os PPCs incorporam uma perspectiva crítica, interdisciplinar e voltada à sustentabilidade e à cidadania.

(1) Presença explícita da abordagem CTSA

A análise dos PPCs indica que o termo Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) raramente é mencionado de forma direta. No entanto, a ausência da sigla ou de uma nomenclatura formal não implica a inexistência de conteúdos e abordagens compatíveis com essa perspectiva.

A disciplina Filosofia da Tecnologia, por exemplo, propicia uma reflexão crítica sobre o papel social da ciência e da técnica, contribuindo para o desenvolvimento do que Auler (2007) denomina “sensibilidade CTS” – a capacidade de reconhecer a não neutralidade do conhecimento científico-tecnológico e sua vinculação a valores sociais, políticos e culturais.

Assim, ainda que de forma indireta e fragmentada, os fundamentos da abordagem CTSA se fazem presentes, revelando potencialidades de aprofundamento dessa perspectiva nos currículos analisados.

(2) Integração de temas socioambientais

A temática ambiental aparece de forma mais robusta nos cursos cuja área de atuação é diretamente ligada a essas questões, como Engenharia Ambiental e Enge-

nharia de Energia. No entanto, observa-se também a inserção transversal de preocupações socioambientais em outros cursos, especialmente por meio da disciplina Políticas de Extensão e Interação com a Sociedade.

Essa disciplina ressalta o papel da extensão universitária no desenvolvimento local e no fortalecimento do compromisso social da instituição, promovendo ações voltadas à melhoria das condições de vida e à sustentabilidade. Tal enfoque está alinhado ao que propõem Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), ao defenderem a inserção de problemáticas sociais reais e da dimensão ambiental como elementos formativos essenciais no ensino de ciências e engenharias.

(3) Interdisciplinaridade

A interdisciplinaridade, elemento central da abordagem CTSA, manifesta-se nos PPCs de forma ainda incipiente. Embora alguns documentos mencionem a importância de uma formação integrada e dialógica entre diferentes áreas do saber, na prática, os currículos mantêm uma organização predominantemente disciplinar.

As ementas das disciplinas comuns analisadas – como Introdução à Sociologia e Psicologia Aplicada às Organizações – indicam abordagens que tangenciam aspectos sociais, culturais e organizacionais da prática profissional, mas, em geral, não estabelecem conexões explícitas com os conteúdos das disciplinas técnicas e tecnológicas. Isso sugere que a interdisciplinaridade ainda se dá mais no nível declaratório do que na efetiva articulação entre saberes, o que representa um desafio para a consolidação de currículos mais integrados e contextualizados.

No entanto, as práticas curriculares tendem a manter a estrutura disciplinar rígida. Segundo Santos e Mortimer (2002), a abordagem CTSA exige a superação da lógica disciplinar, favorecendo o diálogo entre áreas na resolução de problemas complexos. A presença das disciplinas citadas é um passo importante, mas ainda carece de uma articulação mais robusta com os componentes técnicos e práticos da formação.

(4) Formação ética e cidadã

A dimensão ética e cidadã é abordada de maneira mais consistente nos PPCs, especialmente nas justificativas e objetivos dos cursos. A presença da disciplina Filosofia da Tecnologia contribui significativamente para a problematização dos valores que orientam a produção científica e tecnológica, promovendo reflexões sobre os impactos sociais da atuação profissional.

De modo complementar, a disciplina Políticas de Extensão reforça o compromisso com a formação de engenheiros socialmente responsáveis, ao enfatizar a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão. Essa ênfase revela uma preocupação institucional em formar profissionais não apenas tecnicamente competentes, mas também eticamente engajados com os desafios coletivos e com a transformação social, em consonância com os princípios defendidos pela abordagem CTSA.

O compromisso com a formação ética e cidadã é recorrente nos PPCs, especialmente no perfil do egresso e nos objetivos formativos. Em alguns cursos, o egresso idealizado é aquele que alia competência técnica a uma postura reflexiva, capaz de intervir no mundo com responsabilidade social. Além disso, o eixo de ciências humanas oferece disciplinas que discutem diversidade, inclusão e equidade – como Psicologia Aplicada às Organizações e as optativas Libras I e II – fortalecendo a dimensão cidadã e ética da formação, o que está em consonância com o que Serres (2013) chama de “formação para a convivência com o outro no mundo comum”.

A disciplina Psicologia Aplicada às Organizações, por exemplo, trata de temas como diversidade, precarização do trabalho e saúde mental, indicando um compromisso com a formação de engenheiros conscientes de seu papel na construção de ambientes de trabalho saudáveis e socialmente justos. Isso reforça um dos pilares da abordagem CTSA, que, conforme Santos e Schnetzler (2010), busca desenvolver uma consciência crítica sobre as implicações sociais da ciência e da tecnologia, promovendo uma formação cidadã.

(5) Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

O alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), embora não seja uma diretriz formal nos PPCs, aparece de maneira indireta em várias passagens dos documentos. Não há referência direta dos ODS da Agenda 2030 da ONU, porém, muitos de seus princípios aparecem incorporados aos objetivos dos cursos.

Em Araxá, por exemplo, há menção à promoção da qualidade de vida (ODS 3), à valorização da diversidade (ODS 5 e 10) e ao equilíbrio ambiental (ODS 13). A articulação entre extensão universitária e impacto social também reforça esse alinhamento, conforme apontado por Loureiro (2015), ao indicar que a universidade deve contribuir ativamente para a construção de um futuro sustentável, democrático e justo.

Disciplinas como Políticas de Extensão e Engenharia, Sociedade e Meio Ambiente – quando presentes – abordam temas vinculados à sustentabilidade, à inclusão social, à equidade e ao desenvolvimento local.

Vale salientar que esses temas dialogam com metas estabelecidas na Agenda 2030, especialmente aquelas relacionadas à educação de qualidade (ODS 4), à igualdade de gênero (ODS 5), à indústria, inovação e infraestrutura (ODS 9) e à ação contra a mudança global do clima (ODS 13). Contudo, a ausência de referências explícitas aos ODS nos textos dos PPCs indica a necessidade de um maior esforço institucional para sistematizar e fortalecer esse alinhamento, promovendo uma formação que reconheça os desafios globais e integre tais compromissos à prática pedagógica cotidiana.

As ações de extensão e a ênfase em projetos interativos com a comunidade indicam que os cursos buscam, ainda que de forma embrionária, responder a metas como educação de qualidade, trabalho decente, igualdade de gênero e inovação sustentável. No entanto, ainda há espaço para um alinhamento mais claro e sistemático com os ODS nos currículos formais.

3. Análise do enfoque CTSA na disciplina Gestão Ambiental

Em alguns cursos de Engenharia do CEFET-MG, a disciplina Gestão Ambiental apresenta alinhamento com os princípios da abordagem CTSA, sobretudo ao propor reflexões críticas sobre os impactos ambientais das atividades de engenharia, o papel das tecnologias na degradação e na recuperação dos ecossistemas, bem como a responsabilidade socioambiental no exercício profissional.

Nesse sentido, tal perspectiva está em consonância com os pressupostos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007), que defendem a articulação entre conhecimento científico e responsabilidade ética ante os desafios socioambientais contemporâneos.

3.1 Discussão sobre impactos antrópicos

A ementa da disciplina contempla conteúdos relacionados à interferência humana nos ciclos ecológicos e aos efeitos da poluição sobre recursos naturais como água, solo e ar. Essa abordagem contribui para a formação de uma consciência crítica quanto às consequências das práticas produtivas, dialogando com a proposta de uma educação científica contextualizada, que problematiza a dicotomia entre desenvolvimento e sustentabilidade (Auler, 2007).

3.2 Sistemas de gestão ambiental e ISO 14001

Ao abordar sistemas de gestão ambiental baseados em normas como a ISO 14001, a disciplina introduz ferramentas que visam à operacionalização da sustentabilidade nas organizações. Esse conteúdo promove uma compreensão das tecnologias como instrumentos passíveis de reorientação ética, contribuindo para formar profissionais capazes de mitigar os impactos socioambientais de suas ações, conforme destacam Santos e Schnetzler (2010).

3.3 Bibliografia com enfoque socioambiental

A bibliografia da disciplina inclui obras voltadas à ecologia industrial, às políticas públicas ambientais e à sustentabilidade, evidenciando uma preocupação com a formação de engenheiros que compreendam a interdependência entre ciência, tecnologia e meio ambiente. Essa seleção bibliográfica amplia o repertório crítico dos discentes, favorecendo a construção de uma postura reflexiva diante dos dilemas ambientais contemporâneos.

Apesar desses avanços, considera-se que o enfoque CTSA poderia ser ampliado. A inclusão de estudos de caso reais sobre os impactos socioambientais de empreendimentos tecnológicos, discussões sobre ética ambiental e dilemas na tomada de decisões técnicas, bem como o uso de metodologias ativas – como Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e projetos interdisciplinares centrados em desafios ambientais concretos – poderiam fortalecer ainda mais essa perspectiva. Além disso, reflexões sobre inovação tecnológica e justiça ambiental contribuiriam para consolidar uma formação mais crítica e transformadora, conforme preconiza a abordagem CTSA.

Em razão desses apontamentos, a disciplina Gestão Ambiental contempla elementos importantes da perspectiva CTSA, mas seu potencial pode ser significativamente ampliado por meio da adoção de estratégias pedagógicas mais integradoras e dialógicas, que promovam o engajamento ético e cidadão dos futuros engenheiros diante das complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Todavia, sublinha-se que essa disciplina contempla aspectos relevantes do enfoque CTSA, mas seu potencial pode ser ampliado ao incorporar práticas mais integradoras e críticas sobre o papel da engenharia na sociedade.

4. Análise do enfoque CTSA na disciplina Fundamentos da Segurança do Trabalho

De modo semelhante à disciplina Gestão Ambiental, a disciplina Fundamentos da Segurança do Trabalho apresenta um potencial significativo para integrar elementos centrais da abordagem CTSA, ao discutir os impactos das tecnologias sobre a saúde, a segurança e o bem-estar dos trabalhadores. Essa abordagem está alinhada aos pressupostos de uma educação tecnológica crítica, que reconhece os efeitos sociais e ambientais dos processos produtivos e da inovação industrial.

4.1 Relação entre tecnologia e segurança do trabalhador

O estudo das Normas Regulamentadoras (NRs) e dos programas de prevenção de riscos ocupacionais evidencia como as tecnologias influenciam diretamente as condições de trabalho. Essa perspectiva permite problematizar o desenvolvimento técnico para além de sua funcionalidade, questionando seus efeitos sobre o corpo, a saúde e a dignidade dos trabalhadores. Conforme destaca Auler (2007), o enfoque CTSA implica analisar criticamente a tecnologia, considerando seus impactos socio-culturais e éticos, e não apenas sua eficácia operacional.

4.2 Aspectos sociais e ambientais da segurança ocupacional

O mapeamento de riscos ambientais, associado à gestão de ambientes de trabalho seguros, contribui para formar profissionais que compreendam a engenharia como uma prática ética, socialmente situada e comprometida com a melhoria das condições de vida. Tal compreensão dialoga com a proposta de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), que defendem uma educação voltada à transformação da realidade e à promoção da justiça social.

Ainda assim, há espaço para o fortalecimento do enfoque CTSA nessa disciplina. A inclusão de discussões sobre acidentes tecnológicos emblemáticos e suas implicações éticas e sociais; a reflexão crítica sobre a precarização do trabalho e suas relações com escolhas tecnológicas; a articulação com disciplinas como Ética, Sociologia e Psicologia, promovendo uma abordagem interdisciplinar; bem como o estímulo a projetos participativos e diagnósticos coletivos que aproximem os conteúdos da realidade do mundo do trabalho, podem ampliar significativamente o potencial formativo da disciplina.

Assim, tanto a disciplina Gestão Ambiental quanto Fundamentos da Segurança do Trabalho demonstram potencial para consolidar práticas formativas coerentes com o enfoque CTSA. Para isso, é necessário que seus conteúdos avancem para uma integração mais crítica, interdisciplinar e participativa, em sintonia com os desafios contemporâneos da formação em engenharia.

5. Contribuições e limites da pesquisa

Esta pesquisa contribui para o campo da educação tecnológica ao evidenciar em que medida os princípios da abordagem CTSA estão presentes, ainda que de forma parcial e dispersa, nos Projetos Pedagógicos dos Cursos de Engenharia do CEFET-MG.

A partir da análise documental de 19 PPCs distribuídos em 10 *campi*, identificaram-se sinais relevantes de aproximação com a perspectiva CTSA, sobretudo por meio de disciplinas como Filosofia da Tecnologia, Gestão Ambiental, Políticas de Extensão e Fundamentos da Segurança do Trabalho. Esses componentes curriculares demonstram potencial para promover uma formação crítica, ética e comprometida com os desafios socioambientais contemporâneos.

Além disso, a pesquisa reforça a importância de considerar o contexto territorial e produtivo na oferta dos cursos, mostrando que a distribuição dos diferentes bacharelados em Engenharia dialoga com as vocações regionais e as demandas locais, o que pode favorecer uma abordagem mais situada e socialmente sensível da formação profissional.

No entanto, a investigação também revelou limites importantes. A abordagem CTSA, embora presente em elementos pontuais dos currículos, não aparece de forma estruturada ou sistemática nos documentos analisados. A ausência de menções explícitas ao termo e a frágil articulação interdisciplinar entre as disciplinas dificultam a consolidação de uma proposta pedagógica coerente com os princípios da CTSA.

Outro desafio observado diz respeito à escassez de práticas pedagógicas que estimulem a reflexão crítica e o engajamento ativo dos estudantes em problemáticas reais, o que limita o potencial transformador da formação em Engenharia.

Com efeito, como limitação metodológica, ressalta-se que a análise se restringiu aos PPCs disponíveis no site institucional, o que não contempla as práticas docentes em sala de aula, nem a percepção dos professores e estudantes. Portanto, investigações futuras poderão aprofundar essa discussão, incorporando metodologias

como entrevistas, observação de aulas e análise de planos de ensino, de modo a ampliar a compreensão sobre a efetiva presença da abordagem CTSA no cotidiano formativo dos cursos de Engenharia.

Considerações finais

A presente pesquisa teve como objetivo identificar a presença e as características da abordagem CTSA nos Projetos Pedagógicos dos cursos de Engenharia ofertados pelo CEFET-MG. A análise documental realizada revelou que, embora a abordagem CTSA não seja mencionada de forma explícita na maioria dos PPCs, seus princípios fundamentais estão presentes em diversas dimensões da estrutura curricular e das propostas formativas.

Os resultados revelaram que, embora a abordagem CTSA não esteja sistematizada de forma explícita nos documentos analisados, há indícios relevantes de aproximação, especialmente por meio de disciplinas como Filosofia da Tecnologia, Gestão Ambiental, Políticas de Extensão e Fundamentos da Segurança do Trabalho. Essas disciplinas evidenciam potencialidades para promover reflexões sobre os impactos sociais e ambientais das práticas tecnológicas e ampliar a formação ética e cidadã dos futuros engenheiros.

Entretanto, a ausência de uma articulação curricular mais orgânica entre as dimensões científica, tecnológica, social e ambiental limita a consolidação de uma proposta pedagógica coerente com os princípios do enfoque CTSA. Além disso, a frágil presença de práticas interdisciplinares e metodologias ativas nos PPCs analisados aponta para desafios persistentes na construção de um currículo mais crítico, contextualizado e transformador.

Nesse sentido, o estudo oferece importantes contribuições ao evidenciar tanto os avanços quanto as lacunas existentes na formação em Engenharia no âmbito da Rede Federal. As recomendações apresentadas – de ordem pedagógica e institucional – indicam caminhos possíveis para o fortalecimento da abordagem CTSA, por meio da revisão dos PPCs, da valorização das dimensões éticas e ambientais da formação e da promoção de práticas mais integradoras e participativas.

Destaca-se a valorização de aspectos sociais, éticos e ambientais nos perfis dos cursos e dos egressos, evidenciada, por exemplo, na preocupação com o desenvolvimento humano aliado ao equilíbrio ambiental, na formação crítica voltada para o mundo do trabalho e na defesa de uma atuação profissional comprometida com a qualidade de vida. A presença de disciplinas como Filosofia da Tecnologia, Introdu-

ção à Sociologia e Psicologia Aplicada às Organizações demonstra o esforço institucional em promover uma formação mais ampla, que ultrapassa os limites da técnica e incorpora elementos das ciências humanas e sociais.

Adicionalmente, foi possível identificar a articulação entre o ensino técnico-científico e temas como sustentabilidade, diversidade, inclusão e cidadania – dimensões fundamentais para o desenvolvimento de uma consciência crítica acerca dos impactos da tecnologia na sociedade e no meio ambiente. Ainda que a interdisciplinaridade e o alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) apareçam de forma mais tímida e, por vezes, restrita a menções pontuais, observa-se um potencial significativo para seu fortalecimento por meio da extensão universitária, das práticas pedagógicas integradoras e da formação continuada dos docentes.

Conclui-se, portanto, que a abordagem CTSA está presente nos PPCs analisados de forma difusa, transversal e muitas vezes implícita. Seu fortalecimento depende do aprofundamento da articulação entre teoria e prática, da promoção de projetos interdisciplinares e da ampliação do debate sobre ciência, tecnologia e sociedade nos espaços formativos. Tais movimentos são essenciais para consolidar uma educação em Engenharia comprometida com os desafios contemporâneos e com a construção de um futuro mais justo, sustentável e ético.

Referências

AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. esp., p. 1-20, 2007.

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. 4. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2014.

BRASIL, Ministério da Educação e do Desporto, Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 79, 28 abr. 1999.

CASSIANI, S.; VON LINSINGEN.; GIRALDI, P. M. Histórias de leituras: produzindo sentidos sobre ciência e tecnologia. **Pro-Posições**, v. 22, n. 1, p. 59-70, 2011. Disponível em: www.scielo.br/j/pp/a/p7VnL37NgXrRhJwqbFVmRvF/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 15 ago. 2024.

DAGNINO, R. P. Enfoques sobre a relação ciência, tecnologia e sociedade: neutralidade e determinismo. **DataGramaZero**, v. 3, n. 6, 2002. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/5429>. Acesso em: 07 abr. 2024.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. **Educação em ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

SANTOS, Maria Eduarda Vaz Moniz dos. Cidadania, conhecimento, ciência e educação CTS. Rumo a “novas” dimensões epistemológicas. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS**, v. 2, n. 6, p. 137-157, diciembre, 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/924/92420606.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. A dimensão social do ensino de química – um estudo exploratório da visão de professores. **Anais do II ENPEC**, p. 1-9, 1999. Valinhos: ABRAPEC, 1999.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO & TIC: LUGAR DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL DA MULHER NO SÉCULO XXI

Antonio Claudio Jorge da Silveira¹

Adriana Maria Tonini²

Introdução

Trazer à discussão a temática da inserção profissional da mulher em áreas da Tecnologia da Informação e Comunicação – Engenharia de Computação, para alguns pode ser considerado de baixa relevância, porém para muitos é de extrema importância. As áreas de Computação, Engenharias e outras com dominação masculina é tema que vem tomando pautas importantes nos cenários acadêmico e profissional em todo o mundo nas últimas décadas, apesar de haver fatos históricos demonstrando o diferencial de muitas mulheres no segmento profissional tecnológico, tratado por alguns como exclusivo masculino.

A pesquisa de mestrado que fundamentou este artigo apresenta um panorama acerca do mundo acadêmico e profissional neste segmento da TIC, trazendo informações relevantes que transitam nesse universo sobre o cenário das últimas décadas, as quais estão relacionadas às consequências positivas geradas pela evolução das tecnologias digitais e da atuação de profissionais do segmento da TIC. Entretanto, no decorrer da pesquisa, são observadas outras, consideradas negativas, ligadas às questões e ao posicionamento acerca do tema de gênero, da mulher no trabalho, questões políticas, profissionais, de formação e a respeito de aspectos humanísticos e sociais no segmento da TIC - Engenharia de Computação.

¹ Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

² Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP.

A pesquisa original que deu origem ao presente recorte de artigo discorreu sobre os procedimentos metodológicos utilizados por Gil (2008), e, para a análise de conteúdo, empregou-se a Análise de conteúdo, de Bardin (1977). Os resultados da pesquisa empírica desvelam os cursos de Engenharia de Computação no Brasil e o mercado profissional em TI. Além disso, são apresentados ainda os resultados das entrevistas semiestruturadas realizadas com os vinte e seis egressos de cursos de Engenharia de Computação.

Por fim, nas considerações finais do estudo, são apresentadas respostas às Questões de Pesquisa, algumas reflexões acerca do universo do segmento da TIC considerando a participação da mulher nesse contexto profissional. Ainda, são trazidas algumas inquietações encontradas e sugestões para possíveis pesquisas.

1. Desafios para mulheres em Engenharia de Computação

Para as egressas e as profissionais (mulheres) do segmento da TIC, o cenário, todavia, se encontra com desafios e obstáculos a serem superados. Segundo Light (1999, p. 455): “A omissão da mulher na história da computação perpetua o mau entendimento da mulher como desinteressadas ou incapazes nesta área.” No entanto, embora o senso comum associe as áreas científicas e tecnológicas ao gênero masculino, sendo quase inconcebível a sua contribuição para o progresso de ambas, Schwartz *et al.* (2006, p. 257) evidenciam que “[...] ao observar a participação feminina na história, é possível perceber que Freud estava enganado em relação à capacidade das mulheres contribuírem para o desenvolvimento da humanidade. Muitas tiveram, e continuam tendo, participação significativa para o avanço de diversos ramos das ciências”.

Evidências demonstram a exclusão de mulheres que buscam as áreas das Ciências Exatas, como a Tecnologia da Informação ou a Engenharia de Computação, que se deparam com dificuldades de inserção em ambientes tecnicistas. O fenômeno caracterizado como Labirinto de Cristal, que descreve a exclusão horizontal da mulher em diversas áreas das Ciências Exatas, com os entraves, preconceitos, barreiras burocráticas invisíveis e as dificuldades impostas pelo capitalismo hegemônico, permanecem até os dias de hoje, conforme destaca Lima (2013, p. 884): em seus estudos acerca do tema.

Sobre a exclusão horizontal, segundo os dados do CNPq, de 2001 a 2010, o percentual das mulheres nas bolsas do país por grande área, em Ciências Exatas e

da Terra, Engenharias e Computação, variou de 29 a 36%. De 2005 a 2011, o percentual de mulheres bolsistas de Produtividade em Pesquisa na Engenharia variou de 17% a 21%. Mesmo nas bolsas de iniciação científica do PIBIC, elas não passam de 33% no ano de 2011.

A participação das mulheres em áreas da TIC teve boa representatividade nas décadas de 1980 e 1990, mas, a partir daí, houve o declínio de sua introdução nos cursos de graduação dessa área, como destacam Oliveira *et al.* (2018, p. 1): “Há algumas décadas, as mulheres representavam maioria em Ciência da Computação, contudo, a partir da década de 80 a representação feminina nesse campo vem caindo”. Em suma, o crescimento tecnológico nas empresas avança anualmente, demandando aumento nos segmentos industrial e corporativo, todavia, a representação feminina nesse campo, como profissionais em desenvolvimento de sistemas, teve decréscimo considerável, chegando aos atuais baixos índices demonstrados em pesquisas acerca da temática.

Atualmente, na maioria das instituições de ensino, o número de mulheres na Computação é geralmente baixo. No Departamento de Ciência da Computação (DCC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) não é diferente. No primeiro semestre de 2018, o curso de Ciência da Computação tinha 369 discentes matriculados, desses, apenas 15% são mulheres. Já no curso de Sistemas de Informação, dos 318 discentes matriculados, apenas 18,6% são mulheres. Na pós-graduação, esse cenário se repete. Dos 391 discentes matriculados, apenas 15% são mulheres (Oliveira *et al.*, 2018, p. 1).

Vale citar que os fatos supracitados sugerem questões que orientaram o interesse por novos projetos visando problematizar esse fenômeno com uma visão além dos “porquês” e do efeito da baixa inserção e atuação de mulheres na TIC e Engenharia de Computação. Investiga a sugestão de origens, ou seja, ir além da busca de soluções para mitigar o preconceito ou da falta de estímulo para as mulheres não atuarem em áreas da TIC e nos cursos de Engenharia de Computação, evitando a evasão do meio, quando lá estão.

Dessa forma, existe uma busca para identificar possíveis fatores que contribuam para o fenômeno da evasão das mulheres em cursos em questão, com foco na identificação de motivos geradores que corroboram o fenômeno, o que em outras áreas vem ocorrendo desde a formação básica, como destaca o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea, 2009), que considera em uma de suas pesquisas a evasão escolar de mulheres como um dos desafios a superar no Brasil.

Uma das principais causas da evasão escolar, as altas taxas de reprovação no ensino fundamental confirmam que solucionar os problemas do processo de aprendizagem dos alunos é o maior desafio da educação pública hoje. Se as diferenças mais substanciais nas taxas de reprovação podem ser explicadas pela difusão do ensino em ciclos em algumas regiões – por exemplo, no estado de São Paulo –, o problema da repetência é generalizado (Brasil, 2009, p. 1).

Pesquisas investigadas neste estudo demonstram a baixa procura por mulheres pelas áreas Exatas, como a Computação, que gira em torno dos 20% do público estudante nas instituições acadêmicas, conforme aponta a pesquisa de Oliveira *et al.* (2018, p. 2):

Observando-se as pesquisas feitas com alunas sobre os porquês da baixa procura por cursos como Computação e Sistemas de Informação, constata-se que vários desses motivos foram citados ao longo do evento – seja em palestras, durante o painel, ou mesmo em relatos pessoais de alunas e alunos. Destacam-se aqui a falta de apoio de familiares, uma suposta falta de habilidade ou vocação e o fato de serem áreas majoritariamente masculinas. Enquanto este último motivo é um problema que foi discutido no evento, os dois primeiros motivos, e tem ligações fortes com questões de percepções equivocadas e preconceito.

Nesse sentido, visando a uma reversão do cenário em áreas técnicas e incentivando as mulheres a ingressarem em cursos de Ciências Exatas, preferencialmente em TIC, grupos acadêmicos vêm realizando eventos com o objetivo de emancipar a participação feminina, como destacam Souza *et al.* (2017, p. 2): “No Brasil, ainda de acordo com o estudo de [Nunes *et al.*, 2016], surgiram 16 iniciativas desde 2005, criadas por universidades, entre elas destacam-se os projetos Meninas Digitais [Maciel e Bim 2016] e Emili@s [Bim 2016]”.

A necessidade de as mulheres se manterem com dupla jornada de trabalho, composta pelas atividades domésticas diárias e, em muitos lares, em função de ser a principal fonte de renda de subsistência da família, contribui em parte para o abandono dos estudos, inviabilizando mudanças das atuais estatísticas que comprovam a exclusão feminina em algumas áreas de atuação, como a da TIC e das engenharias.

Portanto, a constatação da necessidade da mulher de se afastar em determinados momentos para a maternidade e para outros afazeres domésticos demonstra que sua posição no mercado continua sendo minimizada em campos profissionais como a TIC e as engenharias.

Apesar do fenômeno da evasão estudantil, algumas mulheres encontram a superação e se tornam bem-sucedidas profissionalmente, mesmo com todos os obstáculos descritos e conhecidos, elas vêm buscando se emancipar em áreas de Ciências Exatas e, mais especificamente, em áreas da TIC. Segundo Silva e Ribeiro (2011, p. 12), “[...] a quantidade de mulheres que optam por carreiras científicas tem aumentado consideravelmente, de tal forma que a participação de mulheres e homens em algumas áreas é equivalente, bem como em outras as mulheres superam o número de homens”.

Na contramão das estatísticas, rompendo o “labirinto de cristal” e o “teto de vidro”, ou seja, obstáculos encontrados profissional/social e a quebra de hierarquia nas corporações, a Revista Forbes traz em sua publicação digital de dezembro de 2018 uma lista com algumas das mulheres que atuam e se destacam em suas carreiras nas empresas do segmento mundial tecnológico da TIC, as quais se mantiveram na liderança e na gestão destas grandes corporações.

Entre elas, estão Susan Wojciki, CEO do YouTube; Ursula Burns, CEO da Xerox; Safra Catz, bacharel pela Wharton School, doutora em jurisprudência e presidente da Oracle; Sheryl Sandberg, Facebook, que atua como CEO e braço direito de Mark Zuckerberg desde 2012; Cher Wang, cofundadora e presidente da HTC; e Angela Ahrendts, vice-presidente da Apple.

O cenário contemporâneo apresenta resultados positivos encontrados em estudos demonstrando a luta de mulheres nos séculos passados. Podemos destacar várias cientistas que abriram passagem em épocas com maiores desafios que os atuais. Até o início do século XX, a ciência era culturalmente definida como uma carreira imprópria para as mulheres. Entretanto, muitas mulheres, “traindo a própria natureza”, participaram da produção do conhecimento científico.

Na História da Ciência, algumas mulheres têm lugar de destaque, a exemplo da física polonesa Madame Marie Curie, que em 1903 tornou-se a primeira mulher a receber o prêmio Nobel de Física, base da Ciência da Computação, e em 1911 recebeu o prêmio Nobel em Química, tornando-se a primeira cientista a conquistar um segundo prêmio Nobel. Numa época em que apenas os homens iam à universidade, descobriu um elemento químico e iniciou uma verdadeira revolução no meio científico na radioatividade (Nobel Prize, 2010), hoje bastante utilizado em comunicação de dados e internet.

A história das mulheres na ciência – Hipácia a Marie Curie, tornou-se uma tarefa central na década de 1970, contrapondo o entendimento de que mulheres “não teriam capacidade de fazer ciência, que limitariam seu potencial intelectual e as con-

formariam, exclusiva ou prioritariamente, para a maternidade e os cuidados com a casa; e o segundo era o desejo de criar modelos para incentivar as jovens a ingressarem na ciência” (Silvia; Ribeiro, 2011, p. 2).

Quando se fala na presença das mulheres em atividades acadêmica e corporativa o primeiro nome que surge destacado e isolado é o da famosa matemática e filósofa da Grécia Antiga, Hipácia de Alexandria (370-415), que trabalhava na Escola Neoplatônica de Alexandria e foi assassinada por monges fanáticos cristãos. Hipácia ou Hipátia, foi uma filósofa neoplatônica grega do Egito Romano. Foi a primeira mulher documentada como tendo sido matemática, hoje base da Computação moderna. Como chefe da escola platônica em Alexandria, também lecionou filosofia e astronomia (Silvia; Ribeiro, 2011, p. 2).

Vale destacar que, na historiografia da ciência, segundo as autoras, Hipácia é considerada uma figura emblemática, símbolo da ciência e da sabedoria da Antiguidade, vítima da intolerância cristã. A história de Hipácia é relatada no excelente filme *Ágora*³, dirigido por Alejandro Amenábar, lançado na Espanha em 2009.

Os desafios de hoje superados pelas mulheres são antigos e foram basilares para o reposicionamento e a mobilidade social conquistada até então, havendo muito a se buscar, conforme destaca Guacira Lopes Louro, doutora em Educação e professora do Programa de Pós-Graduação em Educação pela UFRS.

É preciso notar que essa invisibilidade, produzida a partir de múltiplos discursos que caracterizaram a esfera do privado, o mundo doméstico, como o “verdadeiro” universo da mulher, já vinha sendo gradativamente rompida, por algumas mulheres. Sem dúvida, desde há muito tempo, as mulheres das classes trabalhadoras e camponesas exerciam atividades fora do lar, nas fábricas, nas oficinas e nas lavouras. Gradativamente, essas e outras mulheres passaram a ocupar também escritórios, lojas, escolas e hospitais. Suas atividades, no entanto, eram quase sempre (como são ainda hoje, em boa parte) rigidamente controladas e dirigidas por homens e geralmente representadas como secundárias, “de apoio”, de assessoria ou auxílio, muitas vezes ligadas à assistência, ao cuidado ou à educação (Louro, 1997, p. 14-36).

Nessa direção, Haraway (1995) propõe a introdução do que ela chama de “saberes localizados” e “corporificados”, que reivindicam a ciência como uma construção social e histórica, contingente, localizada, parcial em oposição aos saberes universais. Entretanto, não significa dizer que temos que abandonar a “objetividade”. Ao

³ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gOUGg8wCweg>. Acesso em 20 de dez. 2022.

contrário, Haraway (1995, p. 12) argumenta a favor de “uma doutrina de objetividade corporificada que acomodasse os projetos científicos feministas críticos e paradoxais: objetividade feminista significa, simplesmente, saberes localizados”.

Para Haraway (1995), os saberes localizados poderão contribuir para o desenvolvimento de uma visão crítica, reflexiva, cética, irônica, plural, parcial de ciência; propiciando o desenvolvimento de um entendimento mais rico da objetividade, que inclua um “distanciamento apaixonado”, a contestação, a responsabilidade e a solidariedade.

2. Metodologia

O presente recorte de pesquisa se caracteriza como qualitativa e descritiva com métodos de entrevistas semiestruturadas em profundidade e questionário estruturado com 26 egressos de cursos de Engenharia de Computação e cursos correlatos do estado de Minas Gerais. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica no ano 2020 sobre as produções científicas, que teve como foco a formação acadêmica e a inserção profissional de egressos das áreas da TIC.

Segundo Oliveira (2008, p. 65), “esses dois tipos de abordagens não são excluídas, pois na opção por uma pesquisa qualitativa, pode-se recorrer a dados quantitativos para melhor análise do tema em estudo e vice-versa”. Ou seja, pretendeu-se durante o levantamento de dados obter uma gama maior possível de informações, que permitiu a realização de análise qualitativa dialética sobre a área, além de possibilitar a observação de aspectos subjetivos na *práxis* dos participantes envolvidos na pesquisa.

Gil (2008, p. 14) faz uma reflexão importante acerca da distinção entre as pesquisas quantitativas e qualitativas: “A dialética fornece as bases para uma interpretação dinâmica e totalizante da realidade, já que estabelece que os fatos sociais não podem ser entendidos quando considerados isoladamente, abstraídos de suas influências políticas, econômicas, culturais etc.”.

Conforme evidenciado, o objeto de investigação desta pesquisa está concentrado nos processos de formação acadêmica e de inserção profissional dos egressos da TIC – e um recorte do lugar da mulher na Engenharia de Computação. Para tanto, realizou-se um levantamento bibliográfico sobre a temática no período de 2000 a 2019 e, em seguida, foram feitas entrevistas com os egressos, de modo que esses procedimentos orientaram a análise subsequente.

O segundo momento do estudo se deu a partir do contato com os participantes para a pesquisa empírica, por meio de indicação de uma lista de egressos da ins-

tuição, os participantes foram definidos de forma aleatória a partir do retorno de carta convite enviada a um grupo de 200 egressos formandos entre os anos de 2007 e 2019.

Os contatos diretos foram estabelecidos a partir do retorno de cerca de 45 egressos/profissionais que responderam (parcial ou completamente) aos questionários estruturados. Um grupo de 27 egressos/profissionais respondeu a todas as questões do referido questionário, realizado por meio de formulário eletrônico (*Google-Forms*), previstas no projeto de pesquisa. A partir dos contatos firmados e autorizados por cada participante, foram aplicadas a oito deles as entrevistas semiestruturadas, de forma remota – por videoconferência (*GoogleMeet*).

Todo o processo ocorreu após a autorização do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), vinculado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep), sob o protocolo CAAE - 30724220.6.0000.8507, número do Parecer: 4.058.302.

No que diz respeito à estruturação, o questionário de pesquisa foi construído com 65 perguntas fechadas, com quatro possíveis respostas: i) discordo; ii) discordo parcialmente; iii) concordo parcialmente; e iv) concordo. Além delas, 12 perguntas abertas e perguntas com respostas diretas preestabelecidas (“SIM” ou “NÃO”).

Para Gil (2008, p. 122), o questionário é discreto e prático, pois “[...] garante o anonimato das respostas; permite que as pessoas o respondam no momento em que julgarem mais convenientes; não expõe os pesquisados à influência das opiniões e do aspecto pessoal do entrevistado”. Além disso, o autor ainda afirma: “[...] Entre as principais vantagens das entrevistas estruturadas estão a sua rapidez e o fato de não exigirem exaustiva preparação dos pesquisadores, o que implica custos relativamente baixos. Outra vantagem é possibilitar a análise estatística dos dados, já que as respostas obtidas são padronizadas” (Gil, 2008, p. 113).

A partir do retorno dos formulários respondidos pelos egressos, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas, com o intuito de distribuir e representar graficamente os resultados, tratando aqueles mais relevantes para utilização nas análises, as quais partiram de pontos quantitativos para chegarem às análises qualitativas de conteúdo, baseadas na perspectiva de Bardin (1977).

Não obstante, as questões abertas também seriam tratadas quantitativamente, por meio da identificação das respostas mais recorrentes, o que facilita a gestão de análise prevista. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com cada entrevistado selecionado durante o processo, as quais foram previamente agendadas com os participantes, o que possibilitou a complementação das respostas obtidas no primei-

ro contato, feito remotamente por meio do questionário digital remoto (*GoogleForms*). Segundo Triviños (1987, p. 145), esse tipo de entrevista “[...] é um dos principais meios que tem o investigador para realizar a coleta de dados”.

Para as entrevistas semiestruturadas, utilizou-se a abordagem de análise de conteúdo, com a finalidade de se compreenderem a dimensão qualitativa do processo formativo e de inserção profissional em TIC e o posicionamento acerca da formação e inserção da mulher no segmento da TIC. Um dos objetivos da análise de conteúdo é interpretar as informações trazidas pelos interlocutores, por meio da “[...] descoberta de conteúdos e de estruturas que confirmam (ou infirmam) o que se procura demonstrar a propósito das mensagens, ou pelo esclarecimento de elementos de significações suscetíveis de conduzir a uma descrição de mecanismos de que a priori não detínhamos a compreensão” (Bardin, 1977, p. 29).

Conforme definido, foram selecionados seis participantes entre os 27 profissionais/egressos reservados inicialmente para participarem das entrevistas semiestruturadas; eles foram descritos no estudo pelos seus primeiros nomes ou pelas iniciais do nome completo (com a devida autorização), mantendo-se, ainda assim, a sua privacidade. Entre os participantes, uma egressa preferiu não ser denominada pelo primeiro nome ou iniciais. Portanto, ficou identificada como “Egressa 16”, mantendo-se o marcador de gênero feminino no substantivo.

3. Análises e resultados

Em relação aos Participantes da Pesquisa, esta seção descreve algumas características pessoais e acadêmicas: o Egresso 1: AB, 31 anos de idade. Analista de Sistemas, que desenvolve atividades profissionais em Belo Horizonte e logo foi transferido para o exterior (Europa); a Egressa 16: de 27 de anos de idade, atualmente é desenvolvedora de *Software* em Belo Horizonte; o Egresso 3: Adriel, de 27 anos de idade, trabalha como desenvolvedor de *Software* na Grande Belo Horizonte; o Egresso 4: Bruno, 25 anos de idade, atualmente trabalha como analista de Requisitos/Sistemas em Belo Horizonte; o Egresso 5: Bernardo, 25 anos de idade, atua como analista de Sistemas, trabalhou no exterior e logo em Belo Horizonte; a Egressa 6: RB, 26 anos de idade (desistente do projeto após realização da entrevista, ao final do processo).

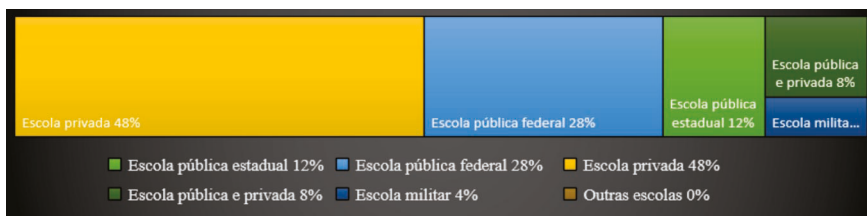
Para identificar o cenário e o participante da pesquisa, elaborou-se um questionário trazendo o perfil socioeconômico e cultural do sujeito da pesquisa, descrito a seguir.

3.1 O perfil socioeconômico da egressa e do egresso em TIC - Engenharia de Computação

No que concerne ao perfil do estudante, a maioria – com base nas respostas dos 27 egressos participantes deste estudo (oriundos do grupo de 200 egressos/profissionais, graduados no curso de Engenharia de Computação do curso investigado –, isto é, quase 80% tiveram sua formação do Ensino Médio em escolas particulares privadas e escolas públicas federais; 48%, em escolas particulares e 28% em escolas da rede pública federal.

Quanto à formação em escolas da rede pública estadual, a porcentagem ficou em 12%, em escolas da rede militar e formação mista em escola do setor público e privado, 5% e 8%, respectivamente. Portanto, constata-se que 88% dos egressos do referido curso, no período investigado - 2007/2019, tiveram boa formação para a sua inserção no curso de Engenharia de Computação - TIC. Ou seja, quando se inseriram no curso, possuíam base do Ensino Médio satisfatória, considerando requisitos como inglês, matemática, linguagens e conhecimentos gerais.

Gráfico 1 - Formação no Ensino Médio – categoria de escola



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Gráfico 1 apresenta a formação no ensino médio categorizando a escola: 48%, escola privada, 28%, escola pública federal, 12%, escola pública estadual, 8%, escola pública e privada e 4%, escola militar.

Inicialmente, foi demonstrado neste estudo que o segmento da TIC possui apenas 1,8% dos profissionais/egressos com titulação de mestrado, o que, neste caso, revela-se como um percentual considerado bom. Há, ainda, uma porcentagem de 20% destes demonstrando que o setor tem buscado desenvolvimento acadêmico, por interesses de aprimoramento profissional ou por questões socioeconômicas que são viabilizadas pelas especializações acadêmicas.

Considerando os percentuais de homens e mulheres egressos do referido curso, constatou-se que 80% são do sexo masculino e 20% do feminino, o que confirma as estatísticas de outros setores que mantêm os mesmos percentuais. A idade média dos participantes gira em torno de 26 a 33 anos.

Gráfico 2 - Sexo dos egressos do curso participantes



Fonte: Elaborado pelos autores.

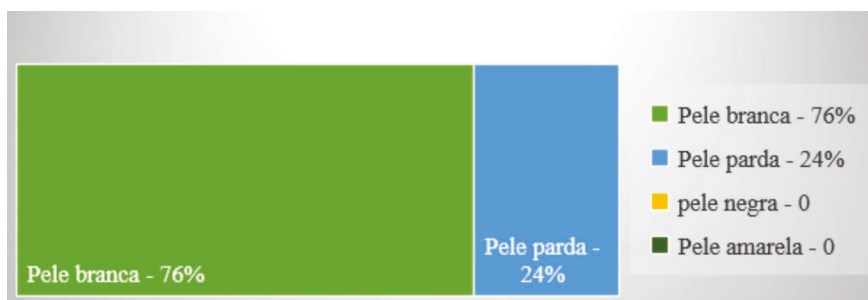
O Gráfico 2 apresenta o sexo dos participantes, que corresponde a 80% do sexo masculino e 20% do sexo feminino.

No que se refere à cor de pele dos egressos do curso, dos 27 participantes, 76% se declararam brancos e 24%, pardos. Neste estudo, cuja seleção dos participantes se deu de forma aleatória, sem definição prévia, inexistiu a ocorrência de negros, indígenas ou asiáticos. Outro dado importante que se apresenta é que 87% deles foram bolsistas durante o curso na instituição.

Sabe-se que no curso há discentes e egressos de pele preta, pele amarela, asiáticos e indígenas, e outros não citados, porém, constata-se que o perfil da grande maioria que termina o curso (quase 90%) é constituído pelas seguintes características: homem, pele branca e boa formação no ensino médio.

Durante a formação em TIC, diversos fatores contribuem para a evasão discente, a qual acarreta perdas irreparáveis aos próprios estudantes, às instituições – neste caso considerado nesta dissertação, uma instituição pública – e, consequentemente, à sociedade como um todo e, mais especificamente, às áreas da TIC, que, conforme mostrado neste estudo, apresentam carência de cursos e de profissionais no segmento.

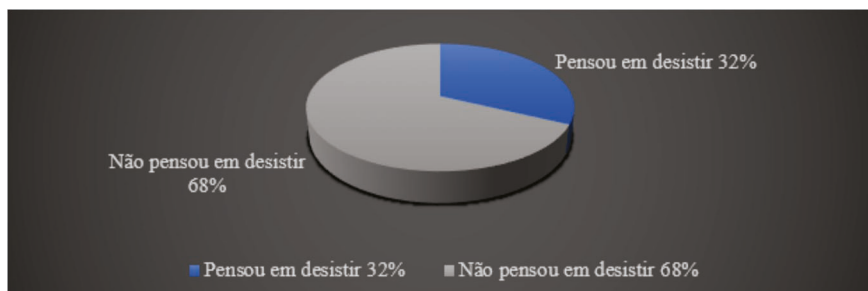
Gráfico 3 - Declaração de cor de pele



Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante dos fatos citados, importa destacar que, a partir do questionário estruturado, foi constatado um percentual de 32% dos entrevistados que responderam que chegaram a pensar em desistir do curso. Além disso, cabe destacar também que a Engenharia de Computação tem o aproveitamento de apenas 50% do total dos matriculados, ou seja, apresenta uma perda da metade dos alunos, que abandonam o curso na metade do trajeto de formação, mesmo não havendo custos financeiros para o estudante (considerando-se a rede pública) e mesmo que grande parte dos estudantes seja bolsista. Essa perda, evidentemente, contribui com a carência de egressos como um todo e, especificamente, mulheres em áreas da TIC.

Gráfico 4 - Egresso que pensou em abandonar o curso



Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 4, referente ao egresso que pensou em abandonar o curso: 68% não pensaram em desistir e 32% pensaram em desistir em algum momento do curso.

As disciplinas voltadas para a formação em Ciências Humanas, como Relações de Gênero na Ciência e Tecnologia, Trabalho e Educação Profissional e Tecnológica (ministradas pela Profa. Dra. Raquel Quirino), são potenciais para a criação de novas perspectivas, principalmente para os alunos com visão machista e até mesmo para alunas com “visão passiva”, que muitas vezes desconhecem direitos e deveres éticos, jurídicos e sociais acerca da temática.

Por outro lado, essas disciplinas abrem caminhos para melhores relações profissionais, que geralmente não são apreendidas em casa; somente profissionais qualificados no assunto podem ajudar a transformar, mesmo que a passos lentos, cenários profissionais machistas e preconceituosos existentes. Cenários esses que, também na graduação em Engenharia de Computação e TIC, como um todo, geram evasão das alunas e perdas irreparáveis para a sociedade, conforme relato de uma das participantes.

Do jeito que você é tratada, tem que estar muito com vontade de formar naquilo pra você continuar. Você tem que dizer: ‘Não eu quero é isto pra minha vida!’. Várias vezes eu repensei. Eu já quis sair do curso sim. Já quis parar! Exatamente porque eu percebi isso! Ou eu vou mudar quem eu sou, ou eu não vou conseguir terminar este curso. E eu não vou conseguir trabalhar com isto. E eu adoro o que eu faço! Além dos cálculos também, o machismo acaba com a gente! (risos) (Egressa 16).

Uma voz, num mundo dominado por homens – engenharias e Tecnologia da Informação – o que se passa neste planeta onde as mulheres desbravam labirintos e rompem tetos para alcançarem o direito básico de estudar e trabalhar onde quer. A formação em disciplinas como da Profa. Raquel Quirino para grupos – tanto de homens quanto de mulheres – se torna alternativa para as escolas buscarem transformações efetivas sobre o tema para a sociedade.

Voltando às questões iniciais do presente artigo acerca da formação e inserção da mulher em áreas da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Engenharia de Computação, foi colocada a questão aos participantes a respeito das relações humanas/sociais, do poder, as relações internas na empresa, sobre os desafios da mulher na empresa.

Eu acho que, o que eu trouxe da faculdade da minha formação, humanas, o dia a dia da faculdade é muito relevante no meu dia a dia da empresa do que o formal que eu tive ali de conteúdo.

Eu acho que o aluno não pode sair sem este tipo de visão de maneira nenhuma. A gente que é de TI, por exemplo, está trabalhando com coisas que impactam diretamente o dia a dia da vida das pessoas (Bruno).

Eu acho que até como formação humanística das pessoas, sabe! Eu acho que é o papel da universidade pública trazer, ética, civilidade, ...mostrar a sociedade que nos transformamos. Abri somente dentro de um curso de TI.

Eu acho que a personalidade das pessoas e como elas agem no dia a dia, a inteligência emocional, vários outros fatores soft, digamos assim, são muito mais valorizados no momento de uma contratação do que mesmo a parte técnica (Bernardo).

Foi questionado diretamente o ponto de vista do participante com relação à atuação de mulheres na TIC.

Tem preconceito! Com toda certeza absoluta. Eu acho inclusive que eu, às vezes sou culpado por isto, preconceito. As influências muito cedo do meu pai. Me ensinou logo cedo que mulher não dirigia, né! Não é que mulher dirige mal. Se não mulher não dirige (AB).

(A mulher na TIC, engenheira de computação) Existe mais hoje do que existiu no curso, isto é um fato.

Eu acho que a mulher tende a se aproximar um pouco mais dessa área, mas ainda é cheio de barreiras. Porque, é um baita de um preconceito (AB).

Uma outra coisa também, eu acho que o meio da Computação é muito acostumado a ser um meio de “homens”, ne! Presume-se que um desenvolvedor é homem. Um técnico de internet, presume-se que é homem, ne! A representação dos produtos com CD, um bonequinho no site, é homem. Todas as coisas geralmente, presume-se que o engenheiro de Computação, que o analista de Sistemas que o profissional da Computação, é um homem, ne! Eu acho todas estas coisas, meio que, tendem a afastar as mulheres no nosso campo. E quando elas são recebidas com estas questões. Poxa, Engenharia já não é fácil e além de tudo você ainda tem que provar que você é, você tem que provar de novo que você sabe! Tem que super provar que você sabe das coisas e tudo, e, é! Poxa não é fácil! (AB).

A grande maioria das meninas que eu fiz curso, elas acabaram indo para um lado mais gerencial e não técnico do curso. Por exemplo, gerência de projetos ou trabalhar por exemplo de (áreas administrativas da TI), coisas menos ligadas di-

retamente ao desenvolvimento, a parte técnica, e elas não são boas! Longe disto! Eu acho que muito pelo fato de que já tem historicamente aquela questão, de aquela opressão, e aquela coisa e o fato que você ter que se impor no meio dos homens e um falar mais alto que o outro, é uma coisa que é pior ainda pra ela. Que o cara não está nem aí! se foi interrompido ou coisa desse gênero. Mas pra ela, ela vai acabar pecando, por causa dessa questão histórica. Quando eu falo histórica, é histórica pessoal dela. Não no sentido só histórico como história do mundo. Mas o histórico pessoal dela. O histórico pessoal daquela pessoa. As experiências. Toda intolerância (AB).

Poxa, eu já fui muito em mecânico com a minha esposa, né? O carro era dela e o cara falava comigo! Então assim! Ahh! Você é mulher, né! E eu acho que em computação é um pouco a mesma coisa, né!

As únicas mulheres que eu vejo em Desenvolvimento que ninguém fala nada. Ninguém fica questionando mais ou coisas desse gênero. Geralmente são as mulheres que a gente fala que elas abrem mão do feminino, né! Pra se manter.

Geralmente aquela mulher que não usa maquiagem. Não usa roupas caracteristicamente femininas. Usa cor assim neutra. Porta-se mais assim secamente. Essas coisas que a grande maioria das mulheres defende a se portar. Eu acho que isso é muito porque os caras começam a respeitar quando eles veem elas como homem. Entende? (AB)

O importante é ela tomar o rumo que ela quer (AB)

Sabe aquele desconforto, entre aspas, entende? Ahh! eu acho que ainda fica um pouco estas coisas. E acaba meio que aquele campo não é o seu setor, na visão dela. É mais uma coisa para condicionar ainda (AB).

Os relatos do participante AB demonstram a realidade vivida e enxergada por um profissional da TIC, engenheiro de Computação que convive com o ambiente, sua visão evidencia clara existência dos labirintos e dos tetos, colocados pela sociedade patriarcal, os quais calçam os caminhos das mulheres com pedras pontiagudas, o que é um desafio constante para todos eliminar o possível. Outro participante relata, neste caso, uma participante que convive com as forças que a repelem.

Então, desde a faculdade, já é complicado, porque a gente já é minoria. Pelo menos, até quando eu me formei, nós éramos minoria. Mulheres são minoria. E rola muita coisa! Muita piadinha! Que não precisava de existir. Que não sei por que existe. Já vi vindo de professor. Então, desde o início, você ouve: “Até ela conse-

guiu?!” E você não? Tipo! Por quê? “até ela?” – Qual que é o problema – “dela!”. E, colega de classe, ainda. Faz piadinha. Tem aquela piadinha: “Ah! Mulher da Computação tem bigode!” Ou você é feia, “ou você é bonita ou faz Computação!”. Nossa! Só! Enfim! E foi assim, desde a faculdade (Egressa 16).

A sociedade está acostumada com tais relatos? Talvez as pessoas das décadas passadas se habituassem com tais posicionamentos, o que se sabe é que o mundo está mudando e depende de hoje, das famílias, das academias e das empresas, buscarem projetos para mitigar o posicionamento dos estudantes e vislumbramos para a década diante um cenário menos exclusivo para as mulheres.

No mercado de trabalho, a gente percebe que quase nenhum cargo de superior é de mulher. Você percebe que tem muita mulher, muito boa, muito melhor que muito homem em cargo alto e que ela não é valorizada. Eu tenho um cargo, assim a empresa tenta ser inclusiva, tenta tudo, mas você percebe que tem minoria de mulheres. Na minha equipe por exemplo, somos 26 pessoas, 5 (cinco) são mulheres. Olha pra você ver! Então, assim, a gente ainda é minoria (Egressa 16).

Em relação ao curso de Engenharia de Computação e TIC e o mercado de trabalho:

Não é tão atrativo o curso. Até ter este machismo inicial: “Ou você é bonita ou você faz Computação!” Tem isto muito! E, enfim! Desde o início do curso! Eu percebo que no mercado de trabalho falta muita mulher, principalmente em Desenvolvimento! E é mais difícil as pessoas te escutarem pelo simples fato de você ser uma mulher. Eles acham que você não tem tanto *know-how* quanto o homem. Isto acontece muito! É! Enfim! Não é agradável e a gente estar aí, tentando lutar contra isto, mas é complicado! (risos) (Egressa 16).

Há relatos da necessidade de mulher ter que sair do seu “Eu”, ser algo diferente para se melhor posicionar, ter “mais respeito” pelos homens e demais membros nas equipes.

Só uma observação também. É uma coisa que eu observo muita gente que já relatou pra mim, as mulheres que chegam nestes cargos altos, tem que absorver algum elemento masculino pra chegar lá! Você percebe que ela perde aquela feminilidade. Vai perdendo aquilo. Tenta forçar: “Eu sou um homenzinho!” Por exemplo. Tenta caracterizar. Ai você não se sente tão representada, mesmo às vezes tendo pessoa de cargo alto. Por quê? Nossa! Então eu vou ter que desfazer o que eu sou pra chegar lá? (Egressa 16).

Em relação à evasão de mulheres – como você vê? – Isso gera uma evasão de mulheres.

Gera! Do jeito que você é tratada, tem que estar muito com vontade de formar naquilo pra você continuar. Você tem que dizer: 'Não eu quero é isto pra minha vida!'. Várias vezes eu repensei. Eu já quis sair do curso sim. Já quis parar! Exatamente porque eu percebi isso! Ou eu vou mudar quem eu sou, ou eu não vou conseguir terminar este curso. E eu não vou conseguir trabalhar com isto. E eu adoro o que eu faço! Além dos cálculos também, o machismo acaba com a gente! (risos) (Egressa 16).

Colocada a questão: por que eles – homens que estudam e trabalham em TIC - não deixam as mulheres terem este argumento?

(risos) Sim! Você percebe muita pessoa que presumo que, por você ser mulher, Ah! provavelmente você é (não compreendi) ou designer. Não! Na minha empresa teve um caso que eu pedi acesso a VPN, e o cara perguntou: “Não, mas por que você precisa?”. “Uai! Porque eu sou desenvolvedora e aí eu preciso ter acesso à VPN e tal!”. Aí ele: “Ah! Tá, eu não sabia que você era! Porque é muito difícil mulher e tal! Desculpa!”. Eu: “Ah! Tudo bem!”. Então a pessoa já presume: “Ah! Você é mulher? Então você não é desenvolvedora! Você não mexe com *BackEnd*. Você não sabe mexer em banco!”. “Sei sim! Ah!” (risos) (Egressa 16).

Um relato pessoal que as mulheres passam em empresas e no dia a dia.

E eu era a única programadora da empresa na época que eu estava e eu fui demitida desta empresa e como estagiária. Só que nesta empresa, além do chefe abusivo e tudo mais, o filho desse chefe ia nessa empresa e ele me assediava! (risos) E eu fui demitida, sem motivo aparente. Outras pessoas me falaram, “Não entendi o porquê da sua demissão!”. Eu entendi e assim, quando eu fui comentar isto com uma pessoa, falou: “Eu, se eu fosse você não processava, não faria nada, porque é isto aí vai te queimar e você não vai conseguir emprego mais”. Então, assim, é uma situação que você passa e por ser mulher é muito pior! Você tem que engolir sapo e... (pergunta do entrevistador: “Você acha que Você seria quemada?”) – Eu acho que não! Mas na época eu era estagiária, e o que eu sei, não sei nada. Não tem nem como provar e nada! E nada mesmo! Então, assim, a ingenuidade você não vê isto e talvez se eu tivesse visto uma matéria que ensina alguma coisa disto antes, do que tivesse acontecido! Então! (risos) – (Egressa 16).

Mulher tem que lidar com muita coisa na TIC e as piadinhas machistas e até o assédio, é complicado! (pergunta do entrevistador: “Você passou uma fase da sua vida com raiva disto?”) Com raiva e traumatizada! Eu pensei – gente! E ago-

ra? Tipo! De início não me veio o motivo do “porquê” fui demitida. E você vai lá embaixo! Até você entender tudo! Enfim! (Egressa 16).

A visão de um participante da pesquisa demonstra o atual momento que o mundo passa, em que vemos as pessoas se posicionando – homens e mulheres – a favor dos direitos das mulheres, o que nos traz perspectivas boas para o futuro.

Eu acho fantástico isso! Eu acho que! Eu acho que em geral. Né? As mulheres têm que atuar onde elas quiserem atuar! Do jeito que elas quiserem mesmo. As melhores profissionais, inclusive as melhores alunas no meu curso, eram mulheres, entende? E assim é... Eu acho assim, é um problema tão da sociedade esta questão do machismo, essa questão do tipo: “Nossa! Mulher não pode ser das Exatas!” (Adriel).

Eu acho isto uma pena, porque há mulheres fantásticas. Você vê que existe mulheres fantásticas e você fica limitando as pessoas por causa de gênero. É uma grande bobagem. Eu acho que as pessoas devem desenvolver o talento delas e desenvolver o lado profissional delas onde elas quiserem. E a gente vive numa sociedade que reprime muita a mulher nesse sentido. Principalmente no âmbito das Ciências Exatas. Que fala aquelas famosas pesquisas que: “Mulher é pior em Ciências Exatas!”. Eu duvido! (risos) Eu não acredito numa coisa dessas! Eu acho que isso é muito ruim, porque as pessoas acreditam. Muitas mulheres acreditam. Elas não deveriam acreditar nesse tipo de coisa. Sabe? Eu conheço profissionais excelentes! Mulheres. E elas têm que atuar mesmo! Elas têm que expandir e correr atrás mesmo do espaço delas! (Adriel).

Quanto ao questionamento “A única forma de transformar esta questão é a Educação, você não acha?”, assim responderam:

Concordo! Eu acho que a questão, o diálogo também, né? A gente tem que dialogar. A gente tem que falar mais sobre os assuntos, né? Quebrar um pouco esses tabus que existem na sociedade! Tanto na questão das mulheres, a questão de qualquer tipo de preconceito, né! Que a sociedade vem impondo sobre o agir. Ficar 100% livre de preconceito das coisas, é difícil na sociedade que a gente está imerso. Porém eu acho que o maior problema não é o preconceito em si. O maior problema mesmo é você não estar aberto a mudar. Você não estar aberto a entender. O lado do outro. Do agir com empatia. Conversar. Porque, a partir do momento que você tem um preconceito, mas você conversa com a pessoa, você entende o lado dela. Você vai desconstruir aquilo. Eu acho que o mais importante é este processo de desconstrução que a gente vai passando durante a nossa vida (Adriel).

Mas tem, historicamente, a tecnologia, até a Engenharia em geral, ela sempre foi vista com uma área muito mais masculina, então ainda faltam muitos passos para que as coisas realmente se equilibrem, sabe? Você pega um departamento de TI dentro da minha empresa, por exemplo, você vai observar ali, que 70, 80% daquele público são homens. Isto não porque a empresa não dá oportunidades, mas porque o número de pessoas que saem do curso ainda está muito mais homem do que mulher. Pela formação das meninas ainda tem, né! Dentro de casa. Na hora de procurar tal curso que elas vão realizar. Durante toda a graduação, formação na minha turma, o número de meninas eram três, cinco meninas, o máximo na minha sala. Então tem sim uma diferença muito grande ainda. É mais uma questão cultural até, né! Que tem que trabalhar! As empresas buscam mesmo, eles querem conseguir este leque de diversidade, porque eles pegam muito para a produtividade do modelo de pensar. Elas querem, mas não conseguem (Bruno).

Eu acho, eu acho não, eu tenho certeza, que tem um preconceito, mas é um preconceito mais de cultura mesmo que está embasado na sociedade e você vê pelo número de mulheres em engenharia, mais especificamente em Engenharia de Computação. Na minha sala de 40 pessoas tinham quatro e no final do curso tinham duas, por exemplo. E eu acho que é mais um preconceito histórico mesmo (Bernardo).

Colocada a questão: O que você acha que poderia mudar isso em curto prazo, nos próximos 10 anos?

Se tivessem programas que são tocados por mulheres para mulheres, para que eles tentam quebrar este paradigma e quebrar este preconceito, então talvez financiar mesmo estes programas para que atinjam o maior número de pessoas, para tentar para ir mais mulheres para a Computação, cada vez mais (Bernardo).

Outra questão paralela: Você acha que a formação no Ensino Médio com professores especializados visando mudar o pensamento da menina e do menino mudaria a inserção de mulheres na Engenharia de Computação? “Com certeza! Se a gente tivesse pessoas nessa especialidade para quebrar, para romper com esta linha de pensamento, com certeza” (Bernardo).

Considerações finais

Uma questão que se tornou evidente no estudo é a ausência de componentes voltados para as relações humanas e sociais, criando certo vácuo entre as relações

que se encontram no mundo profissional da TIC, que foi sentida pelos próprios egressos, segundo os seus relatos em entrevista. Nesse sentido, tornam-se importantes a remodelagem e a redefinição dos componentes curriculares e, com efeito, a ampliação do diálogo entre a formação acadêmica e o mundo do trabalho, na empresa e na vida.

Quanto à relação formação-inserção da mulher no mundo do trabalho, a pesquisa conclui que se faz necessária a ligação entre a academia e o mundo da TIC, com objetivos claros de intercambiar os componentes curriculares das Ciências Humanas e Sociais e das Ciências Exatas na matriz curricular dos cursos de Engenharia de Computação e em outros cursos correlatos, a fim de formar egressas preparadas para o mundo profissional atual.

Nesse contexto, faz-se necessário atualizar e ampliar a ligação da graduação em TIC com o mundo tecnológico digital atual, além de melhorar as relações tecnológicas, humanas, sociais, ambientais, éticas, culturais e étnicas na formação (graduação), para se fomentar um mundo da TIC com melhores relações interpessoais – homens e mulheres.

Assim sendo, o curso deixaria o atual modelo tecnocêntrico, que favorece o capital, e menos comercial, pois é constatado que o cenário dos próximos anos (2025 – 2030) no segmento é de aumento na escassez da mão de obra para o setor e de pessoal qualificado, e crescimento da demanda por serviços digitais – o que favorece as políticas públicas voltadas para o setor.

Acerca da formação e inserção de mulheres no mundo da TIC, o estudo constatou que o baixo conhecimento sobre as áreas da Tecnologia da Informação – informática - faz com que as mulheres, as alunas e as meninas desconheçam as atividades das áreas da TIC. As manifestações encontradas na pesquisa bibliográfica demonstram que os afazeres realizados dentro desta área as impedem de encontrar paixão pelas atividades da TIC. Ficou evidenciado que elas imaginam que nesse local há somente cálculos matemáticos, processos complexos com nomenclaturas exclusivas, mas, na verdade, em muitos casos essas áreas tratam de relacionamentos, pessoas, processos, análises e gestão de informações.

Ficou manifesto nos textos que o desconhecimento desse mundo faz com que as meninas abandonem os cursos e deixem de continuar os estudos na TIC, ou seja, demonstra que elas não conhecem o suficiente sobre esta área, a ponto de se imaginarem dentro do ambiente por desejos e sonhos, fazendo com que elas desanimem e desistam dos cursos.

De fato, este cenário da TIC deveria ser apresentado por pessoas que conhecem as áreas internas profundamente, ou seja, os professores, os coordenadores dos cursos, os gestores, incentivando os envolvidos a criarem palestras, feiras e eventos, a fim de que os grupos de estudantes se identifiquem com a TIC. Há que se abrir o curso não somente dentro das salas de aula, mas levar as alunas aos locais, às empresas e demonstrar o que se faz de fato na TIC. Na Biologia, por exemplo, uma aluna conhece desde as aulas primárias as especificidades da área e se imagina fazendo pesquisas com animais nas florestas ou no mar.

Na área da TIC, uma estudante pode se imaginar dentro de uma empresa, fazendo parte do desenvolvimento de um *software*, o qual, mais adiante, milhares de pessoas poderão utilizar. Ou seja, elas podem buscar várias atividades, não só como analista de Sistemas ou programadoras, mas também como *designer* de interfaces de clientes e usuários ou como uma pedagoga que irá ajudar no desenvolvimento do *software*, para melhorar a forma de aprendizagem dos usuários.

Em áreas deste segmento da TIC encontram-se diversificados cargos que contêm várias subáreas, postos, atividades distintas e a cada dia novas atividades são criadas, conforme a tecnologia cresce no mercado. Podemos destacar que fica evidente que a ampliação da mulher na TIC passa pela melhor apresentação da área às estudantes iniciantes, para que aos poucos elas se identifiquem e encontrem o seu lugar no mundo do trabalho da TIC.

Nesse sentido, seria possível se posicionar e contribuir para a ampliação da mulher na área da TIC, de modo a explorar o que elas têm de melhor: sua organização, sua força, sua inteligência e sua disciplina. Dessa forma, se ampliaria a possibilidade de crescimento desta área, diminuindo o preconceito e a evasão das mulheres em Engenharia de Computação e TIC.

No mesmo sentido, é crucial que a questão curricular na formação do curso de Engenharia de Computação - TIC seja questionada em estudos acadêmicos. Se a parte da sociedade mais preparada – os intelectuais, professores e instituições acadêmicas – deseja transformações nas atitudes de membros que fazem as políticas públicas no Brasil para a sociedade (para o trabalhador, empresas, corporações), os quais estão na ponta, as transformações devem perpassar pelos currículos de formação acadêmica. Estes são os instrumentos de modelagem na formação técnica/humana dos estudantes na sua base, durante a sua formação acadêmica, pois é o lugar onde o aprendiz tem os primeiros contatos com grupos organizacionais, com equipes, com os processos corporativos e com sistemas computacionais de porte, que atendem a sociedade.

Referências

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Dispõe sobre a regulamentação do exercício da profissão de Analista de Sistemas e suas correlatas**. Brasília, 24 jul. 2016. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2082639>. Acesso em: 09 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia 2010**. Brasília, DF: MEC, 2010.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS. **Engenharia de Computação - Belo Horizonte**: CEFET-MG, 2019. Disponível em: <https://www.cefetmg.br/textoGeral/Cursos/Graduacao/Engenharia-de-Computacao-BH.html>. Acesso em: 09 jul. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA. **Plataforma Lattes**. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/>. Acesso em: 28 jul. 2021.

FOUCAULT, Michel. A sociedade disciplinar em crise (1978). In: FOUCAULT, Michel. **Ditos e escritos IV: estratégia, poder-saber**. Org. Manoel Barros da Mota. Trad. Vera Lúcia A. Ribeiro. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.

FOUCAULT, Michel. **Microfísica do poder**. 22. ed. Rio de Janeiro: Graal, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008.

HARAWAY, Donna. SABERES LOCALIZADOS: a questão da ciência para o feminismo e o privilégio da perspectiva parcial. UNICAMP. **Cadernos Pagu**, v. 5, p. 07-41, 1995. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/cadpagu/article/view/1773/1828>. Acesso em: 08 jul. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Edição do Enem 2019 registra a menor queda no número de inscri-**

tos dos últimos 4 anos. Brasília: Inep, 2020. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/edicao-do-enem-2019-registra-a-menor-queda-no-numero-de-inscritos-dos-ultimos-4-anos/21206. Acesso em: 31 ago. 2021.

LIMA, Betina Stefanello. O labirinto de cristal: as trajetórias das cientistas na física. **Revista Estudos Feministas**, v. 21, n. 3, p. 883-903, dez. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/ref/article/view/S0104-026X2013000300007>. Acesso em: 18 jul. 2021.

LOURO, Guacira Lopes. **Gênero, sexualidade e educação.** Uma perspectiva pós-estruturalista. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

OLIVEIRA, Erica Rodrigues de; UEDA, Alberto Hideki; AMORIM, Evelyn Carvalho Freire de; RODRIGUES, Priscila Resende. Computação para tod@s: criação, planejamento e realização de um evento sobre equidade de gênero. In: LATIN AMERICAN WOMEN IN COMPUTING CONGRESS, 10., São Paulo, 2018. **Anais [...]**. Disponível em: <https://www.clei.org/LAWCC/lawcc2018/lawcc2018-p3.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.

OLIVEIRA, Eva Aparecida. A técnica, a techné e a tecnologia. **Revista Itinerarius Reflectionis**, Jataí, v. 2, n. 5, p. 1-13, jul./dez., 2008a. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/rir/article/view/20417/19175>. Acesso em: 03. jun. 2021.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa.** Petrópolis: Editora Vozes, 2008b.

REVISTA EXAME, 30 de maio de 2018. Mulheres têm só 20% dos empregos na tecnologia e ganham 30% a menos: por que e como mudar? Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/dino/mulheres-tem-so-20-dos-empregos-na-tecnologia-e-ganham-30-a-menos-por-que-e-como-mudar/>. Acesso em: 18 jul. 2021.

SILVA, Fabiane Ferreira da; RIBEIRO, Paula Regina Costa. A participação das mulheres na ciência: problematizações sobre as diferenças de gênero. **Revista Labrys Estudos Feministas**, n. 10, jul./dez. 2011. Disponível em: <https://www.labrys.net.br/labrys20/brasil/fabiene.htm>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SILVEIRA, Antonio Claudio J. da; TONINI, Adriana Maria. Análise sobre a regulamentação do profissional do setor de tecnologia da informação e comunicação no Brasil. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, SP, v. 21, p. 1-23, 2021. DOI: 10.20396/rho.v21i00.8657662. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8657662>. Acesso em: 01 jul. 2021.

SOUZA, Ana C. M. *et al.* Relato Tech Ladies: redes de colaboração entre mulheres na tecnologia. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO: computação para tudo e tod*s, 37., São Paulo, 2017. **Anais [...]**. Disponível em: <http://csbc2017.mackenzie.br/anais>. Acesso em: 18 jul. 2021.

SOUZA, Ana C. M.; PERKOSKI, Izadora; VEIGA, Khalyandra; ROMANKIV, Vanessa. Relato Tech Ladies: redes de colaboração entre mulheres na tecnologia. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO: computação para tudo e tod*s, 37., São Paulo 2017. **Anais [...]**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Computação, 2017. Disponível em: <http://csbc2017.mackenzie.br/anais>. Acesso em: 18 jul. 2021.

THE WORLD'S TOP 50 women in tech. Forbes, 12 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.forbes.com/top-tech-women/#6450efc14df0>. Acesso em: 18 jul. 2021.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

INCLUSÃO NA ENGENHARIA: UMA PERSPECTIVA INTERSECCIONAL SOBRE A FORMAÇÃO E ATUAÇÃO PROFISSIONAL NO BRASIL

Raquel Quirino¹

Introdução

A engenharia desempenha um papel estratégico no desenvolvimento técnico, científico e socioeconômico de qualquer nação. No Brasil, essa área tem sido tradicionalmente associada à racionalidade técnica, ao progresso e à modernização, mas também carrega um histórico de exclusões marcadas por gênero, raça, classe social, deficiência e sexualidade. O ingresso de novos sujeitos na educação superior brasileira nas últimas décadas, impulsionado por políticas públicas afirmativas, trouxe à tona a urgência de se repensar os currículos, as práticas e as instituições formadoras de engenheiros e engenheiras.

A ideia de que a técnica é neutra, universal e descolada das relações sociais tem sido amplamente contestada por pesquisadores críticos. A formação em engenharia, longe de ser apenas um processo técnico-cognitivo, é também um processo cultural, ideológico e político. Quem são os sujeitos que ocupam os bancos das escolas de engenharia? Quais corpos são legitimados como produtores de conhecimento técnico? Que vozes são silenciadas nos projetos e decisões que afetam o futuro da sociedade?

Este texto se trata de um ensaio científico, modalidade textual que, segundo Alfredo Bosi (2000), permite ao autor mobilizar conhecimento rigoroso com liberdade crítica e subjetividade responsável, visando à compreensão e à interpretação de questões complexas do mundo social. Configura-se, assim, como um exercício refle-

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG.

xivo que, sem renunciar à fundamentação teórica, assume o compromisso de provocar, questionar e propor.

O tema aqui tratado é a inclusão na formação profissional em engenharia no Brasil, sob a perspectiva interseccional, compreendendo que os marcadores sociais – como gênero, raça, classe social, deficiência e diversidade sexual – não operam isoladamente, mas de forma combinada, produzindo hierarquias e desigualdades específicas. A inclusão, portanto, não se limita a garantir o acesso formal, mas envolve o reconhecimento da diversidade como elemento constitutivo da formação técnica e da prática profissional. Busca-se analisar, por meio de dados, argumentos e exemplos concretos, como os marcadores sociais de diferença – como classe, gênero, raça/cor, deficiência e sexualidade – têm influenciado o acesso, a permanência e a atuação de estudantes nas engenharias.

Historicamente associada à racionalidade técnica, à meritocracia e à neutralidade científica, a engenharia consolidou-se como um campo elitizado, masculinizado e excludente. A ausência de diversidade em seus espaços de formação e atuação revela não apenas injustiças históricas, mas também limitações epistemológicas: ao excluir sujeitos, excluem-se também experiências, saberes e soluções inovadoras que poderiam ampliar os horizontes da profissão.

A proposta deste ensaio é, portanto, tensionar os discursos e práticas hegemônicas da engenharia e propor caminhos para uma formação mais democrática e inclusiva. Para isso, serão discutidos dados recentes do Censo da Educação Superior (Inep, 2023), políticas públicas educacionais, experiências institucionais e aportes teóricos provenientes das ciências sociais, dos estudos feministas e dos estudos críticos da deficiência.

Com base em dados atualizados do Censo da Educação Superior, de conselhos profissionais e de pesquisas acadêmicas, discutem-se as desigualdades estruturais que atravessam os cursos de engenharia, bem como as políticas públicas e institucionais que buscam enfrentá-las. Além disso, propõe-se uma análise crítica do currículo, da cultura institucional e dos desafios docentes ante a necessidade de construir uma engenharia mais inclusiva, crítica e socialmente comprometida.

Ao final, defende-se que a inclusão na engenharia não é apenas uma demanda social e ética, mas uma condição para a inovação, a justiça e o desenvolvimento sustentável. Reformular a formação em engenharia, incorporando os princípios da equidade e da diversidade, é um passo necessário para que a técnica esteja a serviço de uma sociedade plural e democrática.

Mais do que uma denúncia, este ensaio é um convite: à escuta, à reflexão e à ação. Pois, como afirma Donna Haraway (1995), todo saber é situado – e uma engenharia verdadeiramente comprometida com o futuro deve começar por reconhecer de onde fala, para quem fala e, sobretudo, quem silencia.

1. Breve histórico da engenharia no Brasil

A formação em engenharia no Brasil está profundamente ligada aos projetos políticos e econômicos de construção do Estado nacional. No período imperial, a criação das primeiras escolas de engenharia esteve voltada à constituição de uma elite técnica nacional, capaz de planejar obras públicas, estradas, pontes e serviços de infraestrutura fundamentais para o crescimento do país. Em 1792, foi fundada a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, no Rio de Janeiro – considerada o marco inicial da formação de engenheiros no Brasil.

Posteriormente, com a criação da Escola Politécnica do Rio de Janeiro (1874) e da Escola de Engenharia de São Paulo (1893), consolidou-se um modelo de formação voltado à racionalidade europeia, centrado na técnica e fortemente influenciado pelo positivismo. A engenharia brasileira passou a ser vista como a base da modernização do país, associada ao progresso, à ordem e ao controle da natureza, mas pouco sensível às desigualdades sociais e culturais do território nacional.

Durante o século XX, especialmente no período desenvolvimentista (1930–1980), a engenharia assumiu papel central nos grandes projetos estatais e no processo de industrialização. A construção de usinas, estradas, hidrelétricas e centros urbanos consolidou a imagem do engenheiro como agente do progresso técnico. Essa concepção se reproduziu nos currículos das escolas de engenharia, que se tornaram espaços de formação altamente técnicos, competitivos e masculinizados.

Historicamente, os cursos de engenharia estiveram acessíveis apenas a uma minoria da população – especialmente homens brancos, de classes médias urbanas, oriundos do ensino privado. A seletividade dos vestibulares, a linguagem técnica excludente e a ausência de políticas de inclusão reforçaram esse perfil homogêneo.

Foi somente a partir da Constituição de 1988, com o fortalecimento do direito à educação superior e, mais intensamente, nos anos 2000, com a criação de políticas públicas como a Lei de Cotas (Lei nº 12.711/2012), o Prouni e o Sisu, que o perfil do estudante de engenharia começou a se diversificar. Ainda assim, como mostraremos ao longo deste artigo, a presença de mulheres, negros, pessoas com deficiência e LGBTQIA+ nas engenharias continua minoritária e marcada por desigualdades profundas.

2. Inclusão como tema estruturante na engenharia

Historicamente, os debates sobre inclusão, diversidade e justiça social têm sido associados quase exclusivamente às ciências humanas e sociais. Áreas técnicas como a engenharia, a física ou a computação foram, por muito tempo, consideradas neutras do ponto de vista político e alheias aos conflitos sociais. No entanto, esse paradigma tem sido crescentemente questionado, especialmente a partir de uma abordagem interseccional que revela como os saberes técnicos também são atravessados por relações de poder, gênero, raça e classe.

No campo da engenharia, a ideia de mérito e competência frequentemente é mobilizada para justificar a exclusão de determinados grupos, naturalizando desigualdades estruturais. A ausência de mulheres, negros, pessoas com deficiência ou LGBTQIA+ nas escolas de engenharia é interpretada, muitas vezes, como uma consequência de suposta falta de vocação ou preparo, desconsiderando os obstáculos objetivos impostos por um sistema educacional desigual, por práticas pedagógicas excludentes e por ambientes institucionais hostis.

A inclusão, portanto, não pode ser tratada como uma medida compensatória, episódica ou externa à formação em engenharia. Ela precisa ser compreendida como um eixo estruturante da formação, articulado ao compromisso com a responsabilidade social, com a inovação e com os direitos humanos. Engenheiros e engenheiras não projetam apenas estruturas físicas: eles e elas participam da produção do espaço urbano, da infraestrutura, da mobilidade, da comunicação e do ambiente – e, portanto, afetam diretamente a vida de todas as pessoas.

Incluir, nesse contexto, significa repensar profundamente os currículos, as metodologias, a cultura institucional e o próprio projeto político-pedagógico dos cursos. Significa formar profissionais que não apenas dominem as técnicas, mas que sejam capazes de compreender as desigualdades do país, dialogar com diferentes realidades e produzir soluções que contemplem os múltiplos sujeitos da sociedade brasileira.

Como observa Akotirene (2019), a interseccionalidade não é uma soma de opressões, mas um modo de compreender como os sistemas de dominação se combinam e produzem exclusões específicas. Na engenharia, isso se traduz em reconhecer que não basta falar de gênero ou de raça isoladamente: é preciso analisar como as mulheres negras, por exemplo, são sistematicamente excluídas da área, não apenas pelo sexismo ou pelo racismo, mas pela forma como ambos operam conjuntamente.

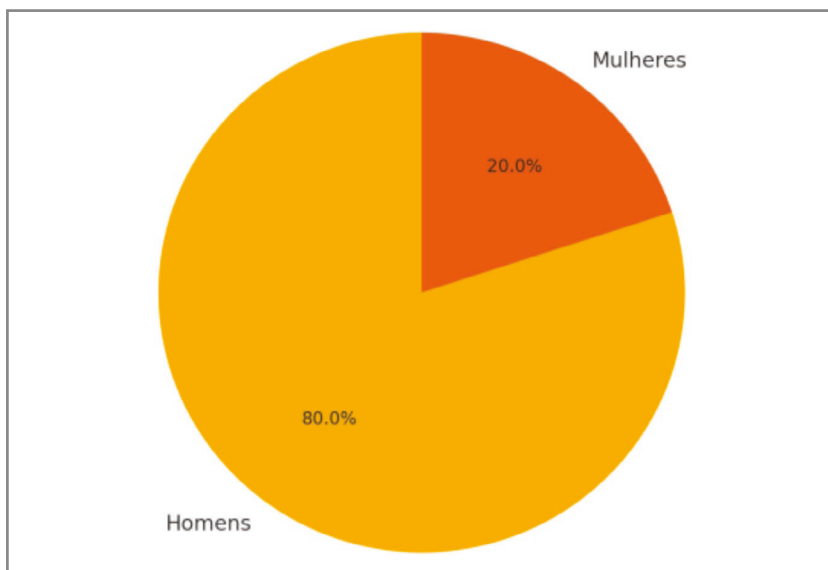
Portanto, ao tratar a inclusão como tema transversal e estruturante, abre-se a possibilidade de construir uma engenharia que reflita a complexidade da sociedade brasileira e que se comprometa com a equidade em todas as dimensões de sua prática.

3. Quem estuda engenharia? Um olhar interseccional

Compreender o perfil dos estudantes de engenharia no Brasil é essencial para analisar as desigualdades que atravessam a formação profissional nesse campo. Ao longo das últimas décadas, políticas públicas como o Prouni, o Sisu e, especialmente, a Lei de Cotas (Lei nº 12.711/2012) alteraram, ainda que parcialmente, a composição social dos cursos de engenharia. No entanto, a inclusão permanece limitada e marcada por clivagens interseccionais.

Um dos recortes mais emblemáticos é o de gênero. Segundo dados do Censo da Educação Superior de 2023 (Inep, 2024), as mulheres representam apenas 20% dos matriculados nos cursos de engenharia. O gráfico a seguir evidencia a persistente desigualdade:

Gráfico 1 - Distribuição por Gênero nos Cursos de Engenharia (2023)

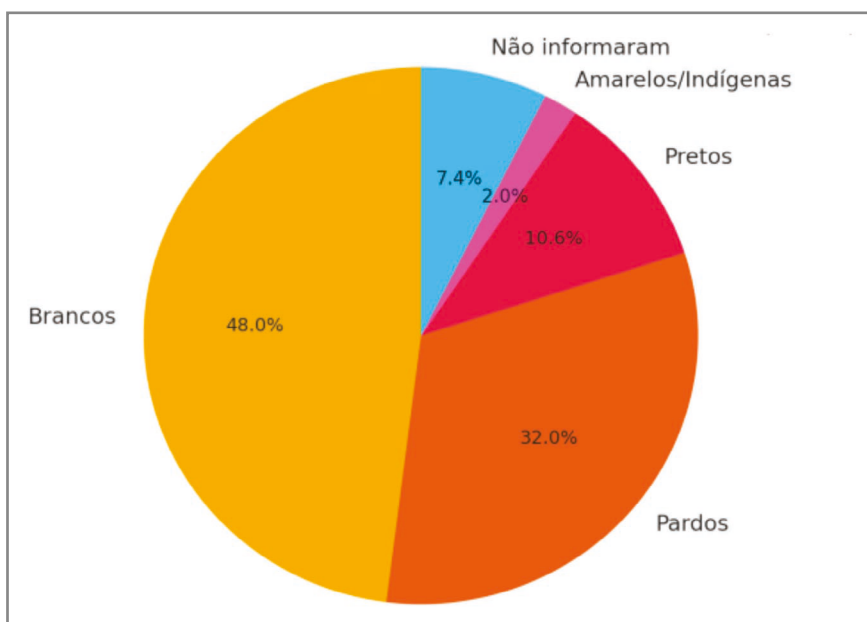


Fonte: Inep, 2023.

A engenharia, portanto, segue como uma área fortemente masculinizada. Essa desigualdade se acentua em cursos como Engenharia Mecânica, Elétrica ou da Computação, nos quais o percentual feminino frequentemente é inferior a 10%. Tal cenário revela não apenas barreiras de entrada, mas também um ambiente de formação que muitas vezes se mostra hostil à presença feminina, contribuindo para altas taxas de evasão entre alunas.

Outro marcador importante de desigualdade é a **raça/cor**. Embora o número de estudantes pretos e pardos tenha crescido nas universidades públicas após a implementação da Lei de Cotas, a participação ainda é desproporcional. Segundo o Inep (2023), a distribuição racial nos cursos de engenharia está representada da seguinte forma:

Gráfico 2 - Distribuição por Cor/Raça nos Cursos de Engenharia (2023)



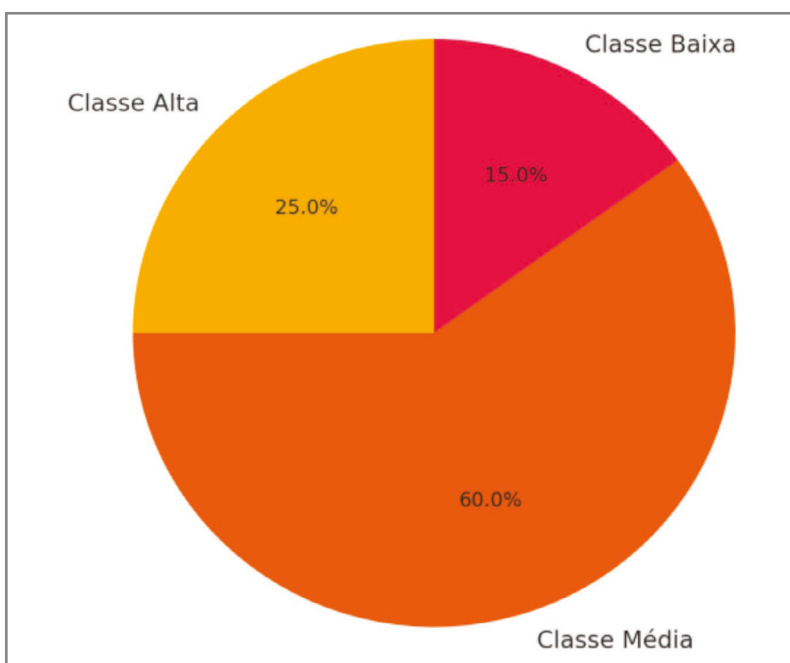
Fonte: Inep, 2023.

Pretos e pardos representam cerca de 42,6% dos matriculados, mas enfrentam maior evasão, menor acesso a bolsas de pesquisa e menos oportunidades de mobilidade acadêmica. A predominância de estudantes brancos (48%) revela que o avanço

da inclusão racial, embora significativo, ainda não reverteu o histórico de exclusão e elitismo estrutural da área.

As desigualdades também se evidenciam no **perfil socioeconômico** dos estudantes. Embora políticas como o Prouni e o PNAES tenham contribuído para diversificar a composição social, a maioria dos alunos de engenharia ainda provém das camadas médias e altas da população. O gráfico a seguir demonstra essa distribuição:

Gráfico 3 - Perfil Socioeconômico dos Estudantes de Engenharia (2023)

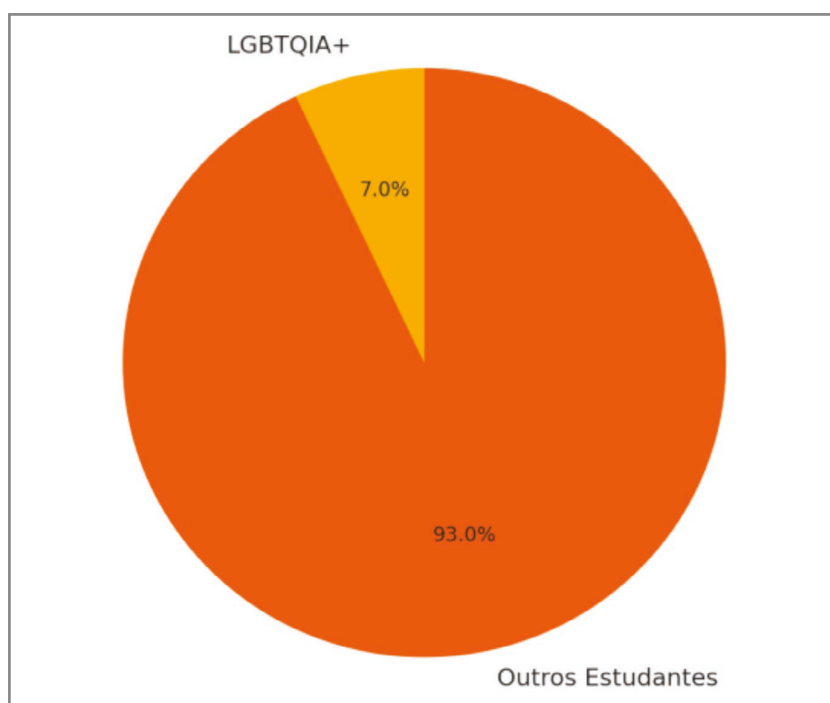


Fonte: Inep, 2023.

Segundo o Inep (2023), 60% dos estudantes de engenharia pertencem à classe média, 25% à classe alta, e apenas 15% à classe baixa. Essa composição é explicada não apenas pelas dificuldades de acesso, mas também pelos obstáculos à permanência: cursos com carga horária intensiva, materiais caros, ausência de políticas de assistência estudantil eficazes e ambientes pouco acolhedores contribuem para a exclusão dos estudantes mais pobres.

Outro aspecto muitas vezes invisibilizado na formação em engenharia é a **diversidade sexual e de gênero**. Embora existam poucos dados oficiais, estimativas como as do levantamento realizado pela Unesp (2022) indicam que cerca de 7% dos estudantes de engenharia se identificam como LGBTQIA+. A seguir, o gráfico representa essa proporção:

Gráfico 4 - Estudantes LGBTQIA+ na Engenharia (Estimativa - 2022)



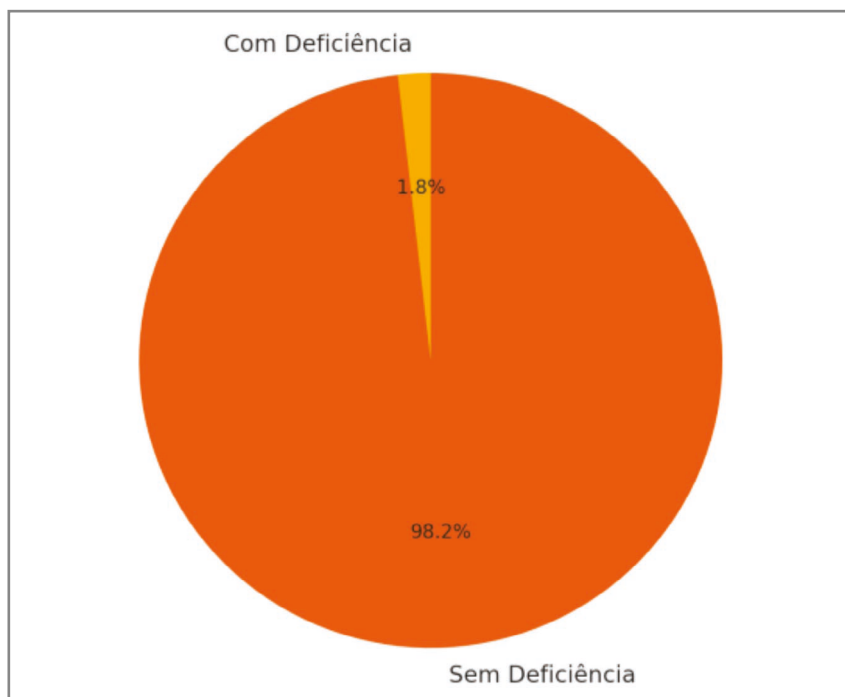
Fonte: Unesp, 2022.

Apesar da presença crescente dessa população no ensino superior, o ambiente das engenharias ainda é marcado por **hostilidade, invisibilidade e piadas homofóbicas**, segundo relatos de alunos em pesquisas qualitativas. A ausência de espaços seguros, a falta de acolhimento institucional e a escassez de docentes abertamente LGBTQIA+ contribuem para a sensação de isolamento e para a evasão.

Por fim, a presença de **pessoas com deficiência** nos cursos de engenharia ainda é extremamente reduzida. Segundo estimativas do Inep (2023), apenas cerca de

1,8% dos estudantes matriculados em cursos de engenharia se declararam como pessoas com deficiência. Veja a representação a seguir:

Gráfico 5 - Estudantes com Deficiência nos Cursos de Engenharia (2023)



Fonte: Inep, 2023.

Cabe salientar que essa sub-representação é reflexo de múltiplas barreiras: desde o acesso ao ensino básico de qualidade até a falta de adaptações curriculares e de acessibilidade física e pedagógica nas universidades. Além disso, a ausência de materiais acessíveis, intérpretes de Libras, softwares específicos e apoio psicopedagógico inviabiliza a permanência de muitos desses estudantes, sobretudo nas áreas técnicas.

Apesar de avanços em algumas instituições públicas com a criação de núcleos de acessibilidade e políticas de inclusão, a maioria dos cursos de engenharia ainda não está preparada para acolher a diversidade funcional. Isso revela que a inclusão, para além do acesso formal, exige transformações estruturais na cultura institucional e na organização curricular.

4. Políticas públicas e institucionais para a inclusão

A ampliação do acesso à educação superior no Brasil foi impulsionada por importantes políticas públicas nas últimas duas décadas. A Lei de Cotas (Lei nº 12.711/2012) representou um marco, garantindo reserva de vagas para estudantes de escolas públicas com critérios raciais e socioeconômicos. Essa política teve impacto significativo nos cursos de engenharia das universidades federais, aumentando o ingresso de estudantes pretos, pardos e de baixa renda.

Outros programas, como o Prouni e o Fies, também contribuíram para ampliar o acesso em instituições privadas. No entanto, o desafio da permanência ainda exige atenção. O Programa Nacional de Assistência Estudantil (PNAES), instituído pelo MEC, visa apoiar estudantes em situação de vulnerabilidade, oferecendo moradia estudantil, alimentação, transporte e bolsas. Embora seja uma iniciativa importante, ainda é insuficiente ante a demanda.

No âmbito institucional, algumas universidades criaram estruturas de apoio à diversidade. A USP, por exemplo, mantém comissões de direitos humanos em suas escolas de engenharia. A UFABC e a UFMG também possuem núcleos de acessibilidade e diversidade com ações permanentes voltadas à inclusão. Ainda assim, a maior parte das escolas de engenharia não incorporou efetivamente essas pautas em sua estrutura, e muitas resistem à revisão curricular.

A articulação entre políticas públicas e ações institucionais é fundamental para consolidar uma formação que reconheça e valorize a diversidade dos sujeitos, promovendo não apenas o acesso, mas o sucesso acadêmico e profissional.

5. Desafios curriculares, institucionais e docentes

A formação em engenharia no Brasil mantém-se majoritariamente tecnicista, com currículos rígidos, altamente baseados em matemática e física, e com pouca conexão com aspectos sociais, culturais e humanos. O predomínio de uma lógica meritocrática e produtivista gera ambientes competitivos e excludentes, dificultando a permanência de grupos historicamente marginalizados.

A ausência de disciplinas que tratem de ética, diversidade, direitos humanos, acessibilidade ou relações sociais contribui para o esvaziamento da dimensão crítica da formação. Ainda são raros os cursos de engenharia que oferecem unidades curriculares voltadas ao impacto social da engenharia, à escuta das comunidades e à prática cidadã.

Além disso, os docentes da área, majoritariamente formados em carreiras técnicas, têm pouca ou nenhuma formação pedagógica. Segundo Gatti (2019), a forma-

ção dos professores universitários no Brasil ainda carece de estrutura sistemática, e esse problema é mais evidente nas áreas tecnológicas.

A mudança do currículo e da prática docente exige formação continuada, incentivo institucional e políticas de valorização de abordagens pedagógicas inclusivas, o que ainda é exceção nas escolas de engenharia.

Considerações finais

A engenharia, como prática social e profissão estratégica, tem sido historicamente moldada por valores técnicos, produtivistas e elitistas, que pouco dialogam com as múltiplas realidades humanas. Ainda que tenha gerado avanços científicos e estruturais, seu modelo de formação e atuação permaneceu, por muito tempo, alheio às questões de justiça social, diversidade e equidade. A exclusão não é apenas um efeito colateral do sistema – ela é parte de sua engrenagem.

Nesse cenário, refletir sobre a inclusão na engenharia não é apenas um imperativo ético, mas uma necessidade histórica e epistemológica. A ciência e a técnica não são neutras: carregam consigo os valores, os silêncios e as ausências de quem as produz. Excluir corpos, vozes e saberes do processo formativo e decisório da engenharia é comprometer o futuro de toda a sociedade.

O engenheiro que o Brasil precisa hoje é aquele que compreende o impacto social de sua atuação; que reconhece a urgência de construir pontes, não apenas de concreto, mas de reconhecimento, escuta e cidadania. Uma formação verdadeiramente democrática exige a revisão dos currículos, a valorização da pedagogia inclusiva, o compromisso institucional com a permanência estudantil e a ruptura com a ideia de meritocracia descontextualizada.

Mas a responsabilidade pela transformação não é apenas das universidades. Ela é também das agências reguladoras, das entidades profissionais, das empresas do setor, dos gestores públicos, dos próprios docentes e, sobretudo, dos estudantes, que devem ser sujeitos ativos na luta por um ensino mais justo, acessível e plural.

Fazer engenharia em um país como o Brasil, com desigualdades históricas e persistentes, é assumir um compromisso: o de projetar um futuro que não exclua – que una. É preciso ampliar a concepção do que é “eficiência”, “qualidade” e “excelência”, incorporando dimensões éticas, sociais e humanas como centrais no processo formativo.

Incluir não é apenas permitir o acesso – é transformar as estruturas para que todos possam permanecer, aprender, contribuir e liderar.

A engenharia que queremos deve ser guiada por valores de solidariedade, empatia e justiça. Que nenhuma identidade, origem, corpo ou diferença seja barreira

para criar, inovar e pertencer. Que todos – mulheres, negros, indígenas, LGBTQIA+, pessoas com deficiência e das classes populares – encontrem, nessa área, não um campo de obstáculos, mas de possibilidades. Porque a ponte mais urgente que a engenharia precisa construir é aquela entre o saber técnico e a dignidade humana.

Referências

AKOTIRENE, Carla. **Interseccionalidade**. São Paulo: Jandaíra, 2019.

BOSI, Alfredo. **O ser e o tempo da poesia**. 6. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

BRASIL. **Lei nº 12.711, de 29 de agosto de 2012**. Dispõe sobre o ingresso nas universidades federais. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 01 jun. 2025.

GATTI, Bernadete A. Formação de professores no Brasil: características e problemas. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 30, n. 109, p. 1355-1379, 2009.

HARAWAY, Donna. Saberes localizados: a questão da ciência para o feminismo e o privilégio da perspectiva parcial. **Cadernos Pagu**, n. 5, p. 7-42, 1995.

INEP. **Censo da Educação Superior 2023 – Resumo Técnico**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inep>. Acesso em: 01 jun. 2025.

UFABC. Pró-reitoria de Assuntos Comunitários. **Relatório de Diversidade e Acessibilidade**. Santo André: UFABC, 2022.

UFMG. Diretoria de Assuntos Estudantis. **Ações de Permanência**. Belo Horizonte: UFMG, 2023.

UNESP. **Relatório sobre diversidade sexual nas universidades paulistas**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2022.

USP. Faculdade de Engenharia. **Comissão de Direitos Humanos e Inclusão nas Engenharias**. São Paulo: USP, 2023.

ADRIANA MARIA TONINI

Mestrado em Tecnologia (Modelos Matemáticos e Computacionais) pelo Cefet-MG (1999), doutorado em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (2007) e pós-doutorado em Educação em Engenharia pela UFOP e University of Missouri - EUA. Graduação em Engenharia Civil pela UFMG (1992), graduação em licenciatura plena pela Utramig (1995). Avaliadora institucional Inep/MEC. Presidente da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge). Vice-presidente da SME. Membro do Colégio de Entidades Nacionais do Sistema Confea/Crea - CDEN. Professora associada da UFOP. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Cefet-MG. Pesquisadora líder do grupo de pesquisa Mulheres e Meninas em STEM (Science, Technology Engineering and Mathematics), certificado pelo CNPq. Coordenadora nacional do grupo de trabalho: Mulheres nas Engenharias da Abenge. Foi diretora de Engenharias, Ciências Exatas, Humanas e Sociais do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), membro do Conselho de Ciência e Tecnologia da FEMG, membro efetivo do Comitê Consultivo Scientific Electronic Library Online (SciELO). Foi diretora de Ciências Exatas e Tecnologias (UNI-BH) e membro da comissão técnica de ensino de engenharia da SME.

O mundo contemporâneo, configurado como a “era do conhecimento”, apresenta um cenário de competição entre as organizações e, por consequência, o mercado de trabalho vem demandando trabalhadores cada vez mais eficazes, multifuncionais e competentes.

A universidade, então, passa a ter um compromisso com a sociedade e com o aluno, no sentido de oferecer um ensino que propicie condições para o profissional ingressar e se manter no mercado de trabalho e, nesse contexto, é fundamental que sejam desenvolvidas competências, durante a formação universitária, compatíveis com aquelas necessárias para a sua atuação profissional. Destaca-se que isso não significa que o foco da educação profissional seja exclusivamente o atendimento das demandas do mercado de trabalho, reafirmando-se, também, a importância de uma formação generalista, humanística, crítica e reflexiva.

Nesse cenário, passa a ser relevante identificar e analisar as competências que o engenheiro contemporâneo deve desenvolver, já que esse profissional está diretamente envolvido em processos de trabalho, manufatura de produtos e prestação de serviços, nos mais diversos setores econômicos do mundo globalizado.

Na área da engenharia, o conceito de "conhecimento" vai além do domínio técnico, abrangendo interações complexas com as esferas sociais, culturais, de poder e ambientais. Essa abordagem é fundamental para construir um conhecimento teórico, científico e cultural essencial para a formação em engenharia.

Para preparar engenheiros capazes de enfrentar as demandas de um mercado de trabalho em constante evolução, é crucial que os currículos adotem uma abordagem multidisciplinar e transdisciplinar. Isso integra conhecimentos científico-tecnológicos com as áreas humanas e sociais, formando profissionais críticos, comprometidos com as necessidades da sociedade e do país, capazes de atuar como especialistas e profissionais adaptáveis a um mercado global dinâmico.

A flexibilidade é essencial, transformando o conhecimento descontextualizado em metodologias de ensino-aprendizagem, como a aprendizagem baseada em projetos e resolução de problemas, e promovendo a aprendizagem ativa em laboratórios para desenvolver competências ao longo da formação.

No entanto, é necessário ir além da simples inclusão ou exclusão de disciplinas. É preciso conceber novos modelos para a engenharia, renovando os currículos para incorporar a realidade profissional, promovendo emancipação, inovação e humanização.

As reformulações curriculares, os projetos político-pedagógicos e as novas dinâmicas em sala de aula têm o potencial de transformar a educação em engenharia. Estratégias que aumentem a motivação e a criatividade dos alunos são essenciais, tornando-os facilitadores da aprendizagem e promovendo uma melhor apropriação dos conteúdos através do desenvolvimento de competências.

Nesse contexto, o currículo por competências exige a redefinição dos conteúdos de ensino, dos objetivos de aprendizagem e das estratégias de ensino. Isso torna o conhecimento escolar relevante e prático, baseado em situações concretas e nas competências necessárias para resolvê-las. O desenvolvimento de competências na formação de engenheiros é uma consequência natural, não apenas um objetivo isolado.

Adriana Maria Tonini
Presidente da ABENGE

Realização:



Patrocínio

