FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS CIVIS SUSTENTÁVEL: ESTUDO DE CASO NA POLI/UPE

SUSTAINABLE CIVIL ENGINEER TRAINING: CASE STUDY IN POLI/UPE

Maria Cristina Alves de Lima
ORCID 0000-0002-2166-0273
Escola Politécnica de Pernambuco, POLI/UPE
Recife, Brasil
mcristina.2411@gmail.com

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani
ORCID 0000-0002-4016-5198
Escola Politécnica de Pernambuco, POLI/UPE
Recife, Brasil
emilia.rabbani@upe.br

Anna Lúcia Miranda Costa
ORCID 0000-0002-5840-8813
Escola Politécnica de Pernambuco, POLI/UPE
Recife, Brasil
anna.costa@upe.br

Helaine Sivini Ferreira
ORCID 0000-0002-8718-2227
Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE
Recife, Brasil
helaine.ferreira@ufrpe.br

Resumo. Este estudo visa apresentar as principais características necessárias à formação dos engenheiros civis, pressupondo uma formação holística capaz de preparar profissionais para o desenvolvimento sustentável e a modernização da indústria da construção, tendo em vista as demandas atuais da sociedade e das gerações futuras. Foram realizadas a revisão da literatura e a pesquisa documental das melhores Instituições de Ensino Superior (IES) do Brasil e do mundo. Critérios e indicadores de qualidade foram identificados e categorizados e, a partir desses resultados, foram feitas consultas a gestoras da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE), com o objetivo de propor ações que possam contribuir com a formação dos engenheiros civis dessa universidade. Com base nos dados encontrados, sugeriu-se quatro indicadores de natureza estruturante e cinco de natureza não-estruturante, compatíveis com a atual realidade da POLI/UPE, destacando que a maior dificuldade no ensino-aprendizado está na aproximação efetiva entre teoria e prática, que promova o desenvolvimento sustentável. O fato desta pesquisa se basear em um recorte temporal, espacial e documental, torna-se necessário realizar outras pesquisas semelhantes antes que as evidências possam ser generalizadas. Enfim, a pesquisa se mostra relevante ao destacar não só a formação técnica, mas a importância da formação profissional-cidadã que visa a construção de um mundo mais justo.

Palavras-chave: Engenharia; Ensino Superior; Critérios de Qualidade; Hard skills; Soft skills.

Abstract. This study aims to present the main characteristics required for the education of civil engineers, assuming a holistic formation capable of preparing professionals for sustainable development and the modernization of the construction industry, considering current societal demands and those of future generations. A literature review and documentary research were conducted on leading Higher Education Institutions (HEIs) in Brazil and worldwide, through which quality criteria and indicators were identified and categorized. Based on these results, consultations were carried out with administrators from the Polytechnic School of the University of Pernambuco (POLI/UPE), with the aim of proposing actions to enhance the education of civil engineers at this institution. The findings led to the proposal of four structural and five non-structural indicators, aligned with the current context of POLI/UPE, highlighting that one of the main challenges in the teaching-learning process is the effective integration between theory and practice in a way that promotes sustainable development. As this research is based on a temporal, spatial, and documentary scope, further similar studies are necessary before generalizing the findings. Finally, the study is relevant in emphasizing not only technical training but also the importance of a professional and civic-oriented education aimed at building a more just society.

Keywords: Engineering; Higher Education; Quality Criteria; Hard skills; Soft skills.

1. INTRODUÇÃO

Estudos apontam que o mundo está vivenciando a transição da quarta para a quinta revolução industrial, em que a Indústria 5.0 mostra-se como a evolução da Indústria 4.0, baseada na sustentabilidade e na economia circular, na qual o ser humano ocupa lugar de destaque (Xu *et al*., 2021). Atualmente a inovação tecnológica é o eixo principal dessa revolução, onde a digitalização de processos, a inteligência artificial e a internet das coisas, possibilitam conectar máquinas e criar robôs autônomos, favorecendo a eficiência dentro das indústrias (Cavalcante & Almeida, 2018; De Lima Cavalcante *et al*., 2018; Warner & Wäger, 2019). Sem esquecer que o uso dessas tecnologias está permitindo a integração dos processos de construção em todo o ciclo da cadeia de valor, bem como alterando as relações de trabalho, o consumo, as formas de produção e o comércio (De Lima Cavalcante *et al*., 2018; Oesterreich & Teuteberg, 2016).

Os princípios básicos dessa indústria consistem em interoperabilidade, virtualização, capacidade de trabalho em tempo real, orientação a serviço e modularidade (Burtet & Klein, 2018; De Lima Cavalcanti *et al*., 2018). Como exemplo de modularidade, a Modelagem de Informação da Construção (BIM) apresenta-se como uma das principais tecnologias desenvolvidas para a indústria da construção, capaz de construir projetos de forma integrada contemplando todas as etapas de uma obra (IBEC, 2021).

O documento do Governo Federal do Brasil, de 2018, Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, espera como resultados com a utilização dessa metodologia nas obras de construção: maior produtividade, ganho de qualidade nas obras públicas, aumento da acurácia no planejamento de execução, ganho em sustentabilidade, redução dos prazos de entrega, melhor transparência nos processos licitatórios, redução dos aditivos contratuais, elevação da qualificação profissional e redução de custo no ciclo de vida dos empreendimentos (Brasil, 2018).

Nessa perspectiva, o BIM se mostra fundamental na capacitação dos profissionais de engenharia para a indústria da construção, já que seus benefícios são reconhecidos no mundo, e principalmente, por ser uma exigência do Governo Federal do Brasil que vem pressionando as empresas a adotarem essa metodologia para poder acompanhar o mercado internacional.

Além disso, ressalta-se a presença dos problemas econômicos, ambientais e sociais, nascendo o desafio de alcançar o equilíbrio sustentável, principalmente, pelo fato da indústria da construção se destacar pela forte demanda de matéria prima, mão de obra expressiva e influência econômica (Schwab, 2019; UNESCO, 2021).

Nesse sentido se destaca a Sociedade 5.0, que objetiva utilizar tecnologias digitais e habilidades dos indivíduos para favorecer a sustentabilidade, equidade e inclusão (Sott *et al*., 2022). E diante desse contexto, que se caracteriza pelos desafios da Sociedade 5.0 e as transformações tecnológicas decorrentes, importante direcionar um olhar mais criterioso sobre a formação do profissional de Engenharia Civil, pois de acordo com Dias Sobrinho (2013), cabe às Instituições de Ensino Superior (IES) assumir o compromisso com a oferta de cursos que atendam às expectativas e demandas atuais, fundamentadas nos princípios da sustentabilidade e da ética.

À vista disso, o momento presente exige que além das aptidões técnicas, habilidades, competências e conhecimentos tecnológicos, o engenheiro civil deve ter e desenvolver a consciência da responsabilidade que a profissão exige devido às intervenções feitas no meio ambiente (Silva *et al*., 2017). Nessa perspectiva, o ensino deve estar organizado em torno de princípios como cooperação, colaboração e solidariedade (Ribeirinho *et al*., 2020; UNESCO, 2021), para que essas rápidas mudanças que estão transformando e inovando o mundo possam proporcionar equidade, inclusão e participação democrática.

Com esse direcionamento, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia (DCN - CNE/CES Resolução Nº 02, 24/04/2019) recomendam a modernização dos currículos, principalmente no que diz respeito a compreensão do aluno como agente ativo da sua própria formação acadêmica e o professor como um mediador nesse processo de ensino-aprendizagem. Esse novo engenheiro, segundo o Conselho Nacional de Educação (CNE) do Brasil, deve possuir como perfil de egresso: "generalista, humanista, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, ético, apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora, capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formulando problemas a partir dessas necessidades" (CNE, 2018, p.5).

O documento recomenda ainda o uso de metodologias adequadas à nova realidade global, utilizando tecnologias digitais favoráveis à melhoria do ensino e à formação de profissionais comprometidos com a inovação, digitalização, industrialização, automação e sustentabilidade.

As IES desempenham papel fundamental na consecução dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ao atuarem como agentes multiplicadores de sua divulgação e como formadores de líderes e tomadores de decisão comprometidos com o desenvolvimento sustentável (Bayuo *et al*., 2020; Caeiro *et al*., 2020; Iqbal & Piwowar-Sulej, 2022; Martins, 2019).

Segundo De Paula Arruda Filho *et al*. (2019), uma mudança estrutural se faz necessária para que as IES façam da sustentabilidade um princípio declarado em sua missão de curso. Pois, a tarefa educativa da universidade também consiste em "integrar saberes científicos que possam antecipar e enfrentar riscos futuros de forma responsável, unindo ciências naturais e humanas, a fim de garantir um saber adequado à construção de um futuro sustentável" (Oliveira *et al*., 2024, p. 16).

Diante das perspectivas apresentadas, esta pesquisa tem como objetivo apresentar as principais características necessárias à formação do engenheiro civil, considerando uma formação holística capaz de preparar profissionais para o desenvolvimento sustentável e a modernização da indústria da construção, visando as demandas atuais da sociedade e das gerações futuras. O campo de estudo foi a Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE), instituição centenária e com tradição na formação de engenheiros.

Para o desenvolvimento desta pesquisa se fez necessário: a) descrever o perfil do engenheiro capaz de atender as demandas atuais da sociedade; b) examinar a produção científica para coordenar ações de melhoria para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE; c) especificar modelo de formação nos cursos de Engenharia Civil das melhores IES; d) avaliar o modelo de formação adotado no curso de Engenharia Civil da POLI/UPE a partir dos critérios e indicadores de qualidade identificados com a pesquisa documental e a revisão da literatura.

Compreende-se a importância desta pesquisa na sua relevância para a comunidade acadêmica de IES e formuladores de políticas, ao propor uma aproximação mais efetiva entre a teoria (academia), a prática (indústria) e a sociedade, em um contexto de desenvolvimento sustentável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Engenheiro Inovador

A nova estrutura de indústria da construção requer habilidades e competências novas dos profissionais da Engenharia Civil. Conforme Da Silveira (2005), atualmente, a formação tradicional do engenheiro não o capacita integralmente para atender as novas demandas da sociedade, pois o século XXI requer um conhecimento voltado para a inovação, com habilidades e competências que ajudam na modernização e sustentabilidade das construções, por exemplo.

Nesse sentido, destacam-se as *soft skills* – que correspondem às habilidades comportamentais e pessoais, como boa comunicação, liderança e trabalho em equipe – e as *hard skills* – que dizem respeito as habilidades técnicas adquiridas através de uma formação profissional, como os conhecimentos técnicos adquiridos nos cursos de Engenharia Civil (Wesley *et al.*, 2017). Na indústria da construção, sua integração se evidencia, por exemplo, no uso de BIM, em que o engenheiro aplica conhecimentos técnicos na modelagem e compatibilização de projetos (*hard skills*), enquanto mobiliza comunicação e colaboração para articular diferentes profissionais (*soft skills*).

O egresso deve apresentar uma boa interação com as pessoas e a capacidade de atingir resultados técnicos e economicamente viáveis. Bem como, "implantar soluções de engenharia considerando os aspectos técnicos, sociais, legais, econômicos e ambientais" (CNE, 2018, p. 15), além de ser capaz de atender os ODS.

Enfim, com base nas recomendações do CNE e comparando com a formação atual dos engenheiros civis, que insistem em perpetuar o ensino através do mundo das palavras e abstrações, fica evidente a necessidade de adequação das escolas de engenharia para formar egressos aptos para o novo mercado de trabalho.

2.2. Escolas de Engenharia Civil

Em relação as escolas de Engenharia Civil, a literatura consultada aponta como desafio a conscientização dos engenheiros das suas responsabilidades perante as transformações e interações com o meio ambiente, essenciais para alcançar o desenvolvimento sustentável.

O modelo de ensino demasiadamente cartesiano, a capacitação de professores, a revisão de matrizes curriculares e os programas dos respectivos componentes disciplinares, devem ser revistos, para que temáticas como ambiental e social apareçam de forma efetiva. Considera-se importante promover questionamentos que levem o estudante a uma construção de uma visão crítica de seu papel na sociedade como futuro profissional atuante no mercado de trabalho (Casagrande Jr, 2004).

Segundo Allain *et al*. (2019) as técnicas se transformam, assim como o ser humano. Os autores ainda dizem que a formação profissional precisa ser pensada como um processo não acabado e aberto a novas experiências.

Conforme a resolução CNE/CP nº 1, de 5 de janeiro de 2021, entre os princípios da educação profissional e tecnológica, destacam-se: a indissociabilidade entre educação e prática social; respeito ao pluralismo de ideias; interdisciplinaridade assegurada pelo currículo e na prática pedagógica; atenção com as necessidades das pessoas com deficiência e das pessoas em regime de internação ou em privação de liberdade; estratégias educacionais que favorecem a contextualização, flexibilização e a interdisciplinaridade; reconhecimento das identidades de gênero e éticos-raciais, como os indígenas, quilombolas e imigrantes; conexão com o desenvolvimento socioeconômico; egressos com competências profissionais requeridas pelo desenvolvimento tecnológico e pelas demandas ambientais, econômicas e sociais (Brasil, 2021).

Também observar-se as formas de avaliação adotadas pelas IES, que precisam ser contínuas buscando uma avaliação diagnóstica, somativa e formativa, própria de um processo de ensino-aprendizagem condizente com as metodologias ativas (De Oliveira *et al*., 2022). E conforme as DCN, o PPC devem prever sistemas de acolhimento e nivelamento e as avaliações dos estudantes devem ser feitas de forma a reforçar o aprendizado e o desenvolvimento das competências.

Ainda, segundo Maranhão e Veras (2017), um dos desafios consiste em oferecer um ensino noturno que não seja fragmentado e incompleto, principalmente no que diz respeito a pesquisa e extensão, já que a maioria dos alunos que estudam a noite trabalham durante o dia.

Uma questão importante é sobre a figura do gestor de universidades. Muitas vezes trata-se de um professor que assume sem antes receber qualquer tipo de treinamento para exercer a gestão (Rodríguez-Pulido; Aguiar-Perera, 2015).

Também existe a dificuldade na formação voltada para a pesquisa científica, como uma forma de estimular a carreira, melhorar a qualidade dos trabalhos e a ética nesse universo (Kowal *et al*., 2022). E Vlasenko *et al*. (2021) alertam a falta de incentivo financeiro para o desenvolvimento da ciência e inovação. Enquanto Salvá e Nascimento (2017) falam que o ranque das universidades gera pressão, desviando a atenção dos professores no exercício do ensino. Seguindo o raciocínio a autora Miranda Costa (2021, p. 72), diz:

> A universidade se tornou um espaço de produção e disseminação de conhecimento científico. Essa forma de entender a universidade está historicamente consolidada e, portanto, atribui ao professor o papel de pesquisador de tal forma que quem entra neste contexto estará sob pressão para contribuir para a produção e divulgação do novo conhecimento produzido dentro dos muros institucionais.

Por fim, especialmente no Brasil, o desafio é melhorar a qualidade e reduzir a evasão dos cursos de engenharia, já que o desenvolvimento tecnológico depende principalmente dos engenheiros. O Brasil forma menos engenheiros que os seus concorrentes e a taxa de evasão gira em torno de 50% (CNI, 2018). Sem esquecer dos professores, principalmente do ciclo básico que sofrem com a falta de preparo dos ingressos para lidar com o raciocínio necessário as disciplinas como cálculo, física e álgebra.

2.3. Formação humanizada e humanística

A formação, as habilidades e competências que o engenheiro civil deve ter, depende das relações pessoais e interpessoais do mesmo (Crawley *et al*., 2014). O relatório da Great Place to Work (2024), aponta a empatia e gestão humanizada como a característica de lideranças mais valorizada pelas empresas brasileiras, correspondendo a 45,1% dos entrevistados.

Por isso uma educação humanizada se faz necessária por propiciar uma evolução consciente do seu processo de aprendizagem, em que a formação técnica e cidadã crescem juntas através da consciência de seus direitos e deveres perante suas ações no exercício da profissão.

O número de afastamentos por doenças relacionadas a saúde emocional/mental cresceu em 41,4%, em relação ao ano anterior conforme o relatório da Great Place to Work (2024). Assim, a formação humanística defendida por De Mello e Andreatta-da-Costa (2021) pode levar o engenheiro civil a refletir sobre os impactos do ponto de vista da sustentabilidade e de práticas pedagógicas que desenvolvam a inteligência emocional.

Logo, montar o curso com base nos ODS e inserir o tema sustentabilidade contextualizando os seus múltiplos conceitos nos projetos de engenharia, visitas técnicas e estudos de caso, por exemplo, podem fortalecer essas questões humanísticas (Silva *et al*., 2017).

2.4. Práticas pedagógicas

As práticas pedagógicas precisam estar em constante reformulações visando as exigências do presente e pensando no futuro. Pedagogias que valorizam e sustentam a diversidade, que convidam os alunos a desaprender preconceitos e divisões e que curam feridas provocadas pelas injustiças sociais e econômicas, são urgentes (UNESCO, 2021). No ensino superior quando a relação professor-aluno não é verticalizada e o convívio é permeado pela afetividade e respeito mútuo, o ambiente de aprendizado favorece a escuta e a reflexão como uma forma de organização do ato pedagógico.

O processo avaliativo nessa situação instiga os alunos avaliarem o seu próprio desempenho de forma crítica, favorecendo um contexto educacional compartilhado. Luckesi (2022) diz que o ato de avaliar a aprendizagem permite identificar a eficácia dos recursos pedagógicos e averiguar o desempenho dos alunos, possibilitando o redirecionamento das aulas, caso precise.

Conforme a UNESCO (2021), a aprendizagem por meio de serviço pode contribuir como um processo dialógico de promoção do bem-estar em suas comunidades e, esse tipo de exercício suaviza as barreiras entre a sala de aula e a sociedade. O documento ainda diz que as tecnologias digitais devem ter como objetivo apoiar e não substituir as escolas, garantindo os direitos humanos e tornando-se exemplos de sustentabilidade e neutralidade de carbono.

Assim como o apoio técnico e uma adequada infraestrutura dos espaços educacionais são fundamentais, o incentivo financeiro e a valorização dos profissionais da educação também desempenham papel decisivo na modernização da estrutura acadêmica.

2.5. Sustentabilidade nos cursos de Engenharia Civil

Conforme Fenner *et al*. (2014), os conceitos de sustentabilidade podem ser abordados a partir das implicações climáticas, da escassez de recursos naturais e da centralidade da ética e da justiça socioambiental. Ainda segundo os autores, a fase de concepção do projeto constitui a primeira oportunidade para incorporar tais questões, por meio de estratégias como o trabalho em equipes multidisciplinares, a eficiência no uso de recursos, o controle da poluição, o atendimento às demandas sociais, a gestão do ciclo de vida e a proposição de soluções socialmente aceitáveis. Nesse contexto, a prevenção de acidentes desde a etapa de projeto também se configura como dimensão socioeconômica da sustentabilidade, ao contribuir para a redução de riscos no ambiente da construção.

Segundo Carroll (2021) o mundo está cada vez mais próximo de um modelo de economia circular, exigindo incorporar no currículo de engenharia esta disciplina como uma forma de abordar a sustentabilidade, pensando em um método de ensino que mostre como está a indústria e o planeta, para que pesquisas com bolsas de estudo sejam apoiadas. Nessa direção, Sharma *et al*. (2021) destacam estratégias de economia circular como recuperação, reciclagem, reutilização, reaproveitamento, redução, recusar e repensar, podem acelerar o processo para se alcançar os ODS.

Por sua vez, Chance *et al*. (2022), argumentam que as dimensões econômicas dos projetos, embora frequentemente gerem tensões com aspectos ambientais e sociais, devem ser compreendidas como desafios propulsores de soluções inovadoras. Enfim, a incorporação da sustentabilidade na formação em Engenharia Civil requer docentes capacitados, inovadores e comprometidos com uma abordagem crítica e integrada do tema.

2.6. Perfil de professor habilitado para capacitar o Engenheiro Inovador

Em relação ao perfil de professor, Fenner *et al*. (2014) afirmam que os educadores, atualmente, são provocados a abordar problemas complexos de forma sistêmica, considerando os aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais, encorajando os futuros engenheiros a desafiarem as soluções ortodoxas e incompatíveis com a Sociedade 5.0. Ainda segundo os autores, com a responsabilidade que a profissão exige, torna-se imprescindível que os egressos saiam das universidades capazes de fazerem perguntas melhores e mais inteligentes no mercado de trabalho.

Pois os educadores têm a função de orientar os seus alunos a estarem sempre se questionando sobre suas ações ao longo da sua vida profissional, assim como indagar e desafiar suposições em sala de aula ao invés dos alunos descobrirem na prática a desconexão com a realidade (Ainger & Fenner, 2014), exigindo do professor novas técnicas de ensino e do discente uma maior participação nas atividades extraclasse. E um estudo desenvolvido por

Hermosilla *et al*. (2021), destaca a responsabilidade dos professores pela melhoria contínua da educação, pois muitas vezes as boas notas obtidas pelos alunos não correspondem ao nível de conhecimento real do estudante.

3. METODOLOGIA – MÉTODOS

Esta pesquisa se classifica como uma pesquisa aplicada, qualitativa, exploratória e descritiva, em que se utilizou a revisão da literatura, pesquisa documental e consulta a gestoras da POLI/UPE. A triangulação de métodos possibilitou uma análise abrangente das práticas pedagógicas aplicáveis às IES que buscam aprimorar a formação discente.

3.1 Pesquisa documental

A pesquisa documental consiste em um procedimento metodológico que utiliza documentos como principal fonte de dados (Fonseca, 2002). Com o objetivo de identificar critérios de qualidade das melhores IES do mundo aplicáveis à realidade da POLI/UPE, analisaram-se os Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) de graduação em Engenharia Civil, obtidos em páginas oficiais e por e-mail (Lima, 2024). O recorte incluiu os dez melhores cursos de Engenharia Civil do Brasil, a melhor IES de Pernambuco e a POLI/UPE, conforme o Ranking Universitário Folha (RUF) de 2019, como descrito a seguir.

- POLI/USP – Escola Politécnica de São Paulo (POLI) da Universidade de São Paulo (USP) – 1º lugar;
- EESC/USP – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP) – 1º lugar;
- UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas – 2º lugar;
- UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro – 3º lugar;
- UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais – 4º lugar;
- UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – 5º lugar;
- UFPR – Universidade Federal do Paraná – 6º lugar;
- UnB – Universidade de Brasília – 7º lugar;
- UFSCar – Universidade Federal de São Carlos – 8º lugar;
- UNESP – Universidade Estadual Paulista – 9º lugar;
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina – 11º lugar;
- UFPE – Universidade Federal de Pernambuco – 12º lugar
- POLI/UPE – Escola Politécnica de Pernambuco (POLI) da Universidade de Pernambuco (UPE) – 23º lugar;

As IES estrangeiras foram selecionadas a partir do Quacquarelli Symonds (QS) – Word University Rankings e o Times Higher Education World University Rankings (THE), ambas do ano de 2022, por serem conceituados portifólios globais de ranqueamento de universidades. A análise das IES estrangeiras buscou encontrar dados que descrevessem ações exitosas que contribuem com a excelência dessas universidades, que se encontram em lugar de destaque.

- MIT – Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Estados Unidos da América – EUA) – 1º lugar no QS;
- Oxford – Universidade de Oxford (Reino Unido) – 1º lugar no THE;
- Caltech – Instituto de Tecnologia da Califórnia (EUA) – 2º lugar no THE.

O Quadro 1 apresenta a síntese do procedimento metodológico da pesquisa documental, estruturado em três etapas: planejamento (definição da questão e seleção das bases de dados), condução (seleção e extração dos dados) e resultados (síntese, análise e documentação).

Quadro 1. Resumo do procedimento metodológico da pesquisa documental.

Etapa do Planejamento		
Ferramentas de pesquisa	**Atividades**	**Entregas**
Sites dos ranqueamentos RUF, QS e THE	Escolha dos ranques	Definição das IES analisadas
Sites e email das IES nacionais e internacionais	Procura pelos PPC e documentos que apontassem ações exitosas das IES	Portfólio de documentos e informações para posterior análise
Etapa da Condução		
Tipo de documento/recurso	**Atividades**	**Entregas**
PPC, sites e documentos das IES	Identificação e extração dos dados	Definição dos critérios e indicadores de qualidade das IES
Etapa dos Resultados		
Método	**Atividades**	**Entregas**
Avaliar e categorizar os critérios e indicadores de qualidade	Formatação do texto e confecção dos quadros	Apresentação dos resultados

Fonte: Autoras (2024).

Todas as IES brasileiras que aparecem nessa pesquisa são públicas. E o melhor desempenho de IES do Brasil, segundo o ranqueamento QS (2023), mostra a USP na 115ª posição mundial.

Como limitação, ressalta-se que alguns PPCs das IES nacionais estavam em processo de revisão durante a coleta de dados, e em relação as IES estrangeiras, a pesquisa baseou-se apenas em informações públicas online, o que pode não refletir integralmente suas práticas pedagógicas.

3.2 Consultas/entrevistas

De posse dos critérios e indicadores de qualidade das IES obtidos com a pesquisa documental e a revisão da literatura, três profissionais experientes e com doutorado, participantes do núcleo docente e da gestão da POLI/UPE, que tiveram acesso aos resultados desta pesquisa e estão envolvidos nos trabalhos de melhoria de desempenho da instituição, foram consultados através de entrevistas. Duas das entrevistadas são graduadas em Engenharia Civil e uma em pedagogia. Os anos de experiência na docência e a rica formação dessas profissionais, além de corroborar no embasamento dos resultados, forneceram informações coerentes com a realidade atual da POLI/UPE. O Quadro 2 mostra o resumo da fase de conclusão desta pesquisa.

Quadro 2. Resumo da fase de conclusão da pesquisa.

Etapa de Conclusão		
Método de coleta de dados	**Técnica de análise de dados**	**Entregas**
Revisão da literatura e pesquisa documental	Análise do conteúdo obtidos nos resultados desta pesquisa	Formatação do modelo de entrevista aberta
Entrevista/consulta a gestoras da POLI/UPE	Análise de discurso a partir das respostas	Sugestões de melhorias para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE

Fonte: Autoras (2024).

De acordo com Bardin (2016), no geral, a análise de conteúdo limita-se a compreensão do texto; enquanto a análise de discurso considera a interpretação do texto ao constituir uma prática-teórica em determinado contexto social (Minayo, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diferencial das melhores Instituições de Ensino Superior (IES)

Depois de conhecer o perfil do Engenheiro Inovador e algumas dimensões essenciais para as escolas de Engenharia Civil, torna-se necessário conhecer o diferencial das melhores IES. Sendo assim, partindo do princípio de que todos os espaços são de aprendizagem, observa-se que a teoria, a prática, os recursos e as circunstâncias do ambiente e do estado emocional dos envolvidos determinam o sucesso das atividades de um profissional. A integração entre teoria e prática é essencial para a formação profissional, embora fatores como o equilíbrio emocional dos estudantes possam impactar seu desempenho.

Segundo a UNESCO (2021), a maximização da desigualdade social e econômica, as mudanças climáticas, a diminuição da biodiversidade, a exploração desenfreada dos recursos, o retrocesso democrático e a automação tecnológica disruptiva são marcas da atual conjuntura da história. Atualmente, as formas como organizam a educação no mundo não garantem sociedades mais justas e pacíficas (UNESCO, 2021).

Nesse sentido, na educação em engenharia, sustentabilidade e metodologias ativas são essenciais. Os conceitos de sustentabilidade podem ser abordados a partir das implicações climáticas, da escassez de recursos naturais e da centralidade da ética e da justiça socioambiental. Ainger e Fenner (2014) propõem uma hierarquização de princípios a ser incorporada ao longo do ciclo de vida dos projetos. Tal integração pode ser operacionalizada por meio de metodologias como a aprendizagem baseada em problemas ou em pesquisa, favorecendo a articulação entre teoria, prática e contexto social (Martín-Garin *et al*., 2021).

4.2 Diferencial das universidades brasileiras

De posse dessas informações da UNESCO e orientações das DCN para os Cursos de Graduação em Engenharia (2019), iniciou-se a extração dos dados nos PPC das IES nacionais, evidenciando que a maioria das ações exitosas não necessitam propriamente de recursos financeiros para implementação, mas mudança de atitude do corpo docente e da gestão institucional.

Critérios e indicadores de qualidade das IES foram separados em natureza estruturante e natureza não-estruturante. Os de natureza estruturantes diz respeito a estrutura física e funcional do curso de Engenharia Civil. Os de natureza não-estruturante se dividem em conceituais (materiais digitais), procedimentais (práticas metodológicas e avaliativas, percurso formativo, saúde e bem-estar) e atitudinais (sustentabilidade e ética).

O primeiro critério de qualidade das IES brasileiras identificado foi o horário de curso. Observou-se que todas as IES oferecem seus cursos em horário integral, no máximo em período diurno. A POLI/UPE é a única IES analisada a ofertar o curso no período da noite, levando a acreditar que o fator horário pode influenciar no desempenho dos estudantes, como abordado por Maranhão e Veras (2017). O segundo critério consiste na disciplina do ciclo profissional no primeiro período do curso, como uma forma de motivar os estudos e contextualizar os temas abordados nas disciplinas básicas, bem como minimizar a evasão escolar.

Em seguida aparece a flexibilização curricular para uma formação mais especializada, com a oferta de percursos formativos com módulo de especialização com direito a certificação, assim como o pré-mestrado, ofertado pela POLI/USP, que consiste no aluno de graduação cursar disciplinas da pós-graduação e os créditos serem aproveitados pelos dois cursos. A vantagem é concluir a graduação e o mestrado em Engenharia Civil em 6 anos, ao invés de 7 anos. O duplo diploma também merece destaque, já que é possível fazer Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, em 7 anos. Além disso, existe os programas de duplo diploma por meio dos intercâmbios internacionais.

Depois tem a adoção de múltiplas metodologias, em que o destaque fica por conta dos projetos integradores, cujo objetivo é incentivar a aproximação de áreas afins com atividades que integram os conceitos trabalhados em disciplinas isoladas do semestre anterior e atual em um contexto multidisciplinar e transversal. Também surge as atividades de ensino-pesquisa-extensão, cujo as disciplinas de Tópicos Avançados em Sustentabilidade (TAS) da POLI/UPE e o Internato Curricular da UFMG destacaram-se por apresentarem uma abordagem bem estruturada e dinâmica.

O sistema de avaliação da componente curricular de TAS é contínuo, contemplando diferentes dimensões formativas: no ensino, por meio de sala de aula invertida e seminários; na pesquisa, mediante o desenvolvimento, execução e elaboração de relatório de projeto de pesquisa ou extensão; e na extensão, pela produção de vídeo de curta duração (2 a 3 minutos) ou *podcast* sobre a aplicação de conceitos de sustentabilidade à realidade local, que são posteriormente divulgados nas plataformas digitais.

Outro critério identificado foi a forma de avaliação dos discentes como instrumento de estímulo ao aprendizado. Assim como a temática Sustentabilidade e Direitos Humanos, em que a disciplina de TAS da POLI/UPE mais uma vez se destacou e a disciplina Elementos de Sociologia, da UFPE. Essas duas disciplinas abordam as temáticas de forma direta, no entanto, esses assuntos deveriam ser discutidos ao longo de todo o curso de forma transversal, principalmente por meio da imersão fora e dentro do ambiente acadêmico, para que o contato com situações reais faça no futuro esse aluno considerar a comunidade e o seu entorno.

Finalizando, tem-se a introdução do BIM no primeiro período de Engenharia Civil proposto pela UFPE e as ações de promoção de troca de conhecimento e inovação no ensino da UFMG.

4.3 Diferencial das universidades internacionais

Apesar da diferença de realidade econômica e social das IES, MIT (EUA), Caltech (EUA) e Oxford (Reino Unido), em relação as universidades do Brasil, conhecer as características, indicadores e elementos que colocam essas universidades em evidência se faz necessário para que haja uma reflexão mais profunda e abrangente de como o curso de graduação em Engenharia Civil da POLI/UPE pode melhorar. A intenção não consiste em comparar, mas descobrir novas informações que pudessem complementar a revisão da literatura e a análise dos PPCs das IES brasileiras.

A primeira coisa que chamou a atenção foi como os cursos de graduação em engenharia são estruturados, pois os alunos estudam quatro anos e ao concluir obtém um diploma em Engenharia Geral ou Mestre em Engenharia, conforme denominado pela instituição. Diferentemente do Brasil, que o curso tem duração de cinco anos e o egresso já sai com o diploma em bacharelado na engenharia escolhida. Um detalhe importante diz respeito a disciplina de biologia no ciclo básico, pois no Brasil essa disciplina não entra no ensino da engenharia.

Também despertou a atenção o número muito maior de disciplinas de humanas do que disciplinas de exatas, o que foge completamente da estrutura curricular brasileira. E, uma disciplina, por exemplo, de 9 unidades (créditos), indica que o estudante irá ter em média 3h/aula e 6h de estudos individuais por semana, o que ressalta o protagonismo estudantil, coisa que raramente acontece no Brasil.

Outro grande diferencial está no índice de alunos de graduação envolvidos com pesquisa, pois segundo o Caltech o número chega a 90%, o que pode justificar o seu alto número de publicações científicas. A relação aluno-professor também merece destaque, 3:1, enquanto no Brasil a média, segundo o Censo da Educação Superior de 2009, é de 17,4:1 (Brasil, 2009).

O fato da biblioteca funcionar 7 dias por semana, emprestar dispositivos eletrônicos como impressoras 3D e dispor de espaços de estudo em grupo que funcionam 24h/d, também

merecem ser ressaltados. No Caltech, o aluno passa a ter um mentor logo no primeiro ano da graduação e vai até a formatura, cujo objetivo do mentor é direcionar o aluno para a indústria ou para a pós-graduação.

Outras informações não foram novidades, como: instalações de alta qualidade; importantes patrocinadores que chegam a investir por ano, cerca de U$ 400 milhões em prêmios que são destinados a financiar pesquisas de ponta, oferecer bolsas de estudo e apoiar a infraestrutura acadêmica; plataforma de conhecimento de última geração e programa de instrução e divulgação de conteúdo direcionado ao usuário; além de inúmeros centros e laboratórios interdisciplinares.

A preocupação com os apelos dos Direitos Humanos, através do código de honra "Nenhum membro deve tirar vantagem de qualquer membro da comunidade Caltech", princípio fundamental de conduta para todos os alunos, seja nas atividades escolares ou extracurriculares, também merece destaque. Assim como a obrigatoriedade de atividades físicas na matriz curricular e controle da saúde, já que estudos apontam a melhoria no desenvolvimento de habilidades cognitivas devido a prática de atividades (Antunes, 2006).

No MIT, por exemplo, é obrigatório saber nadar e a universidade disponibiliza cerca de 50 atividades, divididas em aquáticas, dança, fitness, saúde e bem-estar, esportivas individuais, artes marciais, educação ao ar livre e esportes em equipe. Entre as atividades disponíveis tem-se atletismo, patinação, diversos tipos de dança, yoga, meditação, esgrima, vela, golfe e futebol.

A preocupação com as atividades físicas e a saúde dos alunos merecem ser exaltados, pois estudos científicos provam a todo instante que as pessoas que se exercitam apresentam melhor fixação de conteúdo e poder de concentração, além de um melhor raciocínio lógico e memória, segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS (WHO, 2019, 2020).

Outrossim, recrutar e reter os funcionários da instituição para garantir que permaneçam como líder no mercado mundial, por meio de recompensas financeiras e outros benefícios partindo da saúde, bem-estar e valorização profissional, também se apresentam como preocupações da Oxford, Caltech e do MIT.

Essas IES apostam em inovação e excelência no ensino através de práticas pedagógicas, inserindo uma abordagem inclusiva de aprendizado e inovações tecnológicas digitais. Uma das prioridades da Oxford está em aumentar o número de vagas de graduação de grupos de pessoas sub-representados, assim como as lacunas entre gêneros, etnias e socioeconômicas.

Para finalizar, a Oxford busca desenvolver uma cultura inclusiva que promova a igualdade de oportunidades, valoriza a diversidade, respeita os direitos de todos e fomenta o desenvolvimento pessoal e profissional dos indivíduos, assim como investe em equipes de pesquisa em início de carreira. A Oxford busca beneficiar a comunidade local e externa ao campus universitário com serviços e incorporando o engajamento da sociedade de forma inovadora e de alta qualidade nas práticas de pesquisa.

Enfim, embora as práticas das IES internacionais sejam inspiradoras, sua replicação na POLI/UPE enfrenta barreiras como a escassez de recursos financeiros, o quadro reduzido de docentes e a infraestrutura limitada. Ademais, mesmo em relação às IES nacionais, ainda se observa um distanciamento significativo em comparação à realidade da POLI/UPE.

4.4 Sugestões de melhorias para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE

O Curso de Graduação em Engenharia Civil POLI/UPE foi criado em 1953. A última reforma curricular ocorreu em 2020. O curso encontra-se estruturado em 10 semestres e o máximo 15 semestres seguindo as instruções da Resolução CEPE Nº 082/2016. Com base nesta pesquisa e em entrevistas a 3 gestoras com mais de 15 anos de experiência na área de gestão na POLI/UPE, tendo atuado em diversas atividades como: membros do núcleo docente estruturantes do curso de Engenharia Civil da POLI/UPE, líderes de grupos de pesquisa,

coordenadora de laboratório multiusuário e coordenadora do Núcleo Psicopedagógico da POLI/UPE, foi possível categorizar e sugerir ações de melhoria para a instituição, conforme o Quadro 3. As gestoras entrevistadas todas tem doutorado, duas na área de Engenharia Civil e uma na área de Educação.

Quadro 3. Categorização dos critérios de qualidade e sugestão para melhoria na formação acadêmica da POLI/UPE.

	Critérios	**Ações**
Natureza Estruturante	Infraestrutura para capacitar em novas tecnologias	● Laboratório equipado com computadores, softwares e periféricos – associação com empresas que detenham tecnologias como o BIM e realidade aumentada, que possam disponibilizar para a academia, buscando fortalecer a relação escola-empresa-sociedade, principalmente através da extensão tecnológica e desenvolvimento de trabalhos conjuntos.
	Biblioteca	● Ampliação e melhoria das instalações físicas com maior número de computadores e garantia de acesso digital e internet para todos os alunos; ● Fortalecimento das plataformas de busca e treinamento para que as buscas nas bases de dados sejam mais eficientes; ● Ampliação do número de espaços para estudos individuais, pensando principalmente nos alunos que não dispõem de um ambiente adequado para estudo.
	Professores capacitados	● Disponibilizar recurso e tempo para que professores possam se capacitar em novas tecnologias, a partir da renovação do programa pedagógico de Engenharia Civil, possibilitando a inserção dessas ferramentas nas ementas das disciplinas; ● Oferecer curso de capacitação que estimulem as práticas avaliativas compatíveis com as metodologias ativas, semestralmente; ● Aproveitar professores de áreas afins, como computação e sistemas de informação, que tenham formação para oferecer disciplinas comuns com aplicações para os alunos do curso de Engenharia Civil; ● Promover eventos para fortalecer a troca de conhecimento (Mostra Pedagógica anual com palestras de professores e alunos, por exemplo).
	Relação Escola, Empresa e Sociedade	● Setor que assessore a direção para que haja uma melhor conexão entre os professores, a sociedade e as empresas, visando as necessidades dos *stakeholders* e oferecer possibilidades de cooperação através de trabalho conjunto (cursos de especialização, Residência Tecnológica – RESITEC), seja convidando-os para dar aulas e coorientar as monografias com foco na resolução de problemas das empresas parceiras etc.
Natureza Não-estruturante	Acolhimento aos alunos para evitar a evasão escolar	● Incentivar o acolhimento e indicação de um padrinho (aluno a partir do 5º semestre) para acompanhar o ingressante durante o curso, criando uma rede de contatos na universidade; ● Oferecer mentoria de um professor aos alunos ingressantes, com o objetivo de acompanhar e contribuir com o direcionamento do aluno na escolha do seu percurso formativo, facilitado com o uso de ferramentas digitais que possam registrar o desempenho do aluno durante toda a sua formação acadêmica.
	Percurso formativo flexível	<u>Carreira acadêmica</u> ● Disciplinas voltadas para a pesquisa (metodologia e escrita científica, ética, RSL etc.) a partir do 1º ano; ● Incentivar a atuação como aluno de iniciação científica, monitoria e extensão; ● Institucionalizar a matrícula nas disciplinas do mestrado ainda na graduação. <u>Carreira profissional</u> ● Disciplinas voltadas para a especialização (fundações, estruturas, recursos hídricos etc.);

		● Promover ações de extensão e minicursos vinculados às áreas de especialização; ● Desenvolver projetos em parceria com as empresas, como ocorre na Extensão Tecnológica. <u>Carreira empreendedora</u> ● Disciplinas voltadas para gestão e empreendedorismo (administração, orçamentação, avaliação imobiliária etc.); ● Implantar disciplinas voltadas para o desenvolvimento dos *soft skills* (seria útil para os três percursos formativos).
	Disciplina temáticas de forma direta e transversal	● Disciplina do ciclo profissional no 1º período – disciplina de Introdução a Engenharia abordada de forma prática, buscando incorporar metodologias ativas e extensão, quando possível, com o objetivo de contextualizar as disciplinas teóricas e tornar mais atrativas e aplicáveis as necessidades atuais; ● Disciplina como Tópicos Avançados em Sustentabilidade (TAS) e outros componentes curriculares de extensão que abordam a aplicação da sustentabilidade na Engenharia Civil como obrigatória; ● Também não deixar de abordar a temática de direitos humanos e sustentabilidade de forma transversal nas outras disciplinas.
	Componentes curriculares de pesquisa, ensino e extensão	● A partir do 1º ano do curso e estruturadas para abraçar as novas tecnologias e metodologias de ensino, visando atender as demandas atuais da sociedade e sem esquecer os ODS.
	Saúde e bem-estar	● Ambientes e ações que proporcionem saúde mental, física e espiritual de todos que compõem a IES, com momentos de meditação, ginástica laboral, e principalmente, acompanhamento médico, odontológico, oftalmológico e psicológico.

Fonte: Autoras (2024).

Importante ressaltar que independente do percurso formativo, não será excluído a formação básica determinada pelo PPC e a mentoria do professor deve estar vinculada a sua vocação e ao percurso escolhido pelo aluno. Assim, o discente poderá optar por disciplinas de diferentes percursos formativos, conforme seu objetivo.

4.5 Análise dos dados

Objetivando apresentar as principais características necessárias à formação dos engenheiros civis, os resultados obtidos com a pesquisa apontam indicadores consistentes que corroboram com a literatura analisada. A triangulação entre a revisão da literatura, a pesquisa documental e o resultado das entrevistas, convergem para um modelo de formação holística, que preza pela sustentabilidade, ética e direitos humanos. A Sociedade 5.0 utiliza as tecnologias para melhorar a qualidade de vida das pessoas, seu bem-estar e atender as demandas atuais da sociedade sem esquecer as gerações futuras. Para isso é necessário profissionais que apresentem competências constituídas por *hard skills* e *soft skills*, bem como comprometidos com o desenvolvimento sustentável. E na busca por um modelo de formação que aproxime a teoria (academia), a prática (indústria) e a sociedade, o Quadro 5 traz os modelos de formação.

Quadro 5. Modelos de formação das IES.

Modelo de formação das IES	Modelo de formação da POLI/UPE

O horário de curso das IES ocorre em horário integral ou diurno, levando a crer que o fator horário seja um indicador de qualidade, já que o tempo dedicado aos estudos individuais dos alunos da noite é menor.	Oferece um turno noturno; no entanto, em entrevista, as gestoras apontaram que os alunos desse período apresentam melhor desempenho em *soft skills* – por já estarem inseridos no mercado de trabalho e lidarem com os diferente níveis hierárquicos –, enquanto os do período da tarde se destacam em *hard skills,* em razão do maior tempo disponível para dedicação aos estudos.
Oferecem disciplinas do ciclo profissional no 1º período como uma forma de contextualizar as disciplinas teóricas e minimizar a evasão escolar.	Não oferece, o que torna o curso menos atrativo para os alunos, sobretudo em razão do alto índice de reprovação nas disciplinas de cálculo.
A flexibilização curricular e a variedade de percursos formativos, possibilitam um ensino especializado e compatível com os objetivos dos alunos.	Não oferece, mas a sugestão das gestoras de percursos formativos voltados para a carreira acadêmica, profissional e empreendedora, mostra-se inovadora.
Utilizam metodologias ativas, estimulam o protagonismo estudantil ao destinar uma parte da carga horária para estudos individuais. Entre as estratégias destacam-se o trabalho cooperativo entre estudantes, os projetos de pesquisa, a resolução de problemas, seminários e os projetos integradores.	Apesar da falta de dados que comprovem a quantidade de professores que aderem as metodologias ativas, o ensino, em sua maioria, consiste em aulas expositivas. A disciplina de TAS que apresenta a ementa estruturada nas metodologias ativas, colocando o professor como mediador e o aluno como agente ativo no processo de ensino-aprendizagem.
Destaca-se a avaliação diagnóstica, formativa, somativa e emancipadora, com diário de campo, mapas conceituais, avaliação por pares, testes de desempenho e rubricas. A avaliação como uma forma de estimular o aprendizado, mais do que medir.	Avaliação tradicional, que utiliza de provas e exames sem consulta, exigindo dos alunos a memorização dos conteúdos. Com exceção de TAS, por favorecer o desenvolvimento das *soft* e *hard skills*.
Das atividades de ensino, pesquisa e extensão, percebe-se como uma forma de favorecer a interação entre a academia e a sociedade, por meio da imersão em situações reais para que no futuro o aluno possa considerar a comunidade e o seu entorno.	A baixa adesão às atividades de ensino, pesquisa e extensão levou o governo brasileiro a instituir a obrigatoriedade de, no mínimo, 10% da carga horária dos cursos destinados à extensão; contudo, ainda não tem uma estrutura diversificada de atividades.
As IES internacionais disponibilizam mentoria a partir do primeiro período para os seus alunos, com o objetivo de acompanhar e direcionar o discente para indústria ou para a carreira acadêmica.	Isso não ocorre na POLI/UPE. Mas esse fato é comum nas instituições brasileiras, principalmente pelo número insuficiente de professores para cumprir essa tarefa.
As temáticas de sustentabilidade e direitos humanos, principalmente nas IES internacionais, são vistas tanto em disciplinas especificas, como de forma transversal dentro das outras disciplinas. Além disso, os temas são contemplados nas normas, em ações práticas, tornando-se exemplos para outras IES. Um exemplo é aumento do número de vagas de graduação de grupos de pessoas sub-representados, assim como as lacunas entre gêneros, etnias e socioeconômicas.	As temáticas ainda são abordadas de forma pontuais, apesar da importância. No entanto, a disciplina de TAS mais uma vez se destaca, não só por abordar de forma direta o tema sustentabilidade, mas por ser compatível com as diretrizes curriculares do CNE. A POLI adota o sistema de cotas, determinação do MEC, mas diferentemente das IES internacionais, as cotas raciais e sociais, no Brasil, ainda são vistas de forma equivocada.
Alto número de envolvimento dos alunos em pesquisa científica, chegando a 90% nas IES internacionais, o que indica o alto número de publicações em revistas científicas.	O desempenho das IES do Brasil nos ranqueamentos internacionais, deve-se muito ao número pequeno de publicações científicas, o que não impede a POLI/UPE mudar sua realidade.

A oferta de boa infraestrutura com certeza influencia na qualidade de uma formação acadêmica.	A POLI/UPE tem muito o que melhorar, mas apesar disso a instituição ocupa o 2º lugar em qualidade de ensino dentro do estado de Pernambuco.
O número de alunos por professor nas IES internacionais é de 3:1.	No Brasil esse número chega a 20:1, tornando o trabalho do professor muito mais difícil.
As IES internacionais dispõem de um vasto número de espaços e ações que proporcionam saúde e bem-estar para todos, pois para essas instituições, pessoas saudáveis e felizes produzem mais e melhor.	Não existe, mas devido a importância desse indicador, as sugestões dadas pelas gestoras, nesse quesito, mostram-se pertinentes e de possível concretização. Ex.: meditação, ginástica laboral etc.

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados.

Os resultados confirmam a hipótese de que a POLI/UPE necessita modernizar seu modelo pedagógico para alinhar-se às demandas da Indústria 5.0. A oferta do turno noturno, embora favoreça o desenvolvimento de *soft skills* devido à inserção dos estudantes no mercado de trabalho, pode comprometer a consolidação das *hard skills*, em razão do tempo reduzido de dedicação extrassala. Ademais, diante dos elevados índices de evasão no ciclo básico, a introdução de disciplinas como BIM pode contribuir para a retenção discente.

Lembrando que entre as habilidades técnicas, destacam-se o domínio de ferramentas digitais como BIM, análise de dados, automação e conhecimentos em sustentabilidade aplicada ao ciclo de vida das construções. Paralelamente, as habilidades comportamentais tornam-se igualmente essenciais, incluindo pensamento crítico, comunicação eficaz, trabalho colaborativo, adaptabilidade e responsabilidade socioambiental. Essa combinação é fundamental para lidar com projetos complexos, centrados no ser humano e orientados à inovação sustentável.

No que se refere à flexibilização curricular, a diversificação de trajetórias formativas — acadêmica, profissional e empreendedora — revela-se inovadora. A ampliação do uso de metodologias ativas, a exemplo, de projetos integradores da UFMG e práticas como sala de aula invertida da disciplina de TAS, bem como ações de extensão voltadas à divulgação científica, tende a reduzir a centralidade de avaliações memorísticas.

Quanto à pesquisa, a adoção da produção de artigos como instrumento avaliativo pode fortalecer a formação acadêmica e estimular a iniciação científica. Entretanto, a implementação de programas de mentoria desde o primeiro período apresenta desafios, sobretudo em função da elevada proporção aluno-professor.

Em relação a incorporação de temas como sustentabilidade e direitos humanos, esta pode ser efetivada por meio de projetos interdisciplinares e parcerias institucionais por meio de soluções para saneamento básico em comunidades vulneráveis (ODS 6 – Água potável e saneamento) ou infraestrutura resiliente e inclusiva (ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura), articulando aspectos técnicos e sociais. Além disso, estudos de caso e análises de impacto social podem problematizar decisões de engenharia à luz dos direitos humanos, promovendo uma formação crítica, ética e socialmente comprometida.

A educação também deve reparar injustiças passadas enquanto prepara-se para mudanças ambientais, tecnológicas e sociais horizontalmente. Esses fatos recordam a importância das cotas raciais e sociais adotadas pelas universidades públicas brasileiras que, infelizmente, ainda é vista de forma equivocada. E não menos importante, a ‘cultura de bolhas’ necessita ser repensada, para que os espaços de poder sejam ocupados por todos e não por uma pequena minoria branca, elitizada e de homens.

Assim, diante desse cenário, torna-se fundamental destacar a medição e avaliação dos resultados na educação, pois os indicadores devem ser apropriados, significativos e criteriosamente pensados, tanto para os estudantes quanto para os professores. Pois, muito

aprendizado importante não pode ser medido ou contado, isso não significa que não pode ser observado, como é o caso da cooperação que pode ser identificada empiricamente, por exemplo.

5. CONCLUSÃO

Para a formação holística do engenheiro civil, alinhada às demandas da Sociedade 5.0, recomenda-se que os sistemas educacionais dialoguem com o setor produtivo, incorporando suas exigências à qualificação profissional. Trata-se de um compromisso que reafirma o papel da ciência na produção de conhecimentos e exige novas pedagogias, abordagens curriculares e uma ressignificação dos tempos e espaços educativos. Nesse contexto, as universidades devem consolidar-se como instituições criativas, inovadoras e comprometidas com o avanço científico e educacional.

A formação do engenheiro civil, por sua vez, demanda o desenvolvimento integrado de *hard skills* e *soft skills*, uma vez que o domínio técnico é insuficiente frente às complexidades do trabalho contemporâneo. No âmbito da Indústria 5.0, centrada no ser humano, torna-se essencial articular sustentabilidade, direitos humanos e inovação tecnológica, promovendo uma atuação ética, crítica e socialmente responsável.

Dessa forma, os critérios de qualidade e as propostas de melhoria para a POLI/UPE mostram-se relevantes ao contemplar dimensões estruturantes e não estruturantes, como a adequação da infraestrutura para novas tecnologias — a exemplo do BIM e da realidade aumentada —, o fortalecimento do acolhimento discente, a flexibilização curricular, a integração entre ensino, pesquisa e extensão e a promoção da saúde e do bem-estar.

Os modelos de formação analisados evidenciam aspectos como o horário de oferta do curso, a inserção precoce de disciplinas do ciclo profissional, o uso de metodologias ativas, a adoção de avaliações emancipadoras, a produção científica e a relação aluno-professor. Ademais, a valorização da docência como atividade de produção de conhecimento é central para a transformação educacional, sem que a cooperação institucional seja suprimida pela lógica competitiva.

Conclui-se que a POLI/UPE deve priorizar um modelo formativo baseado na flexibilização curricular, em parcerias com a indústria para projetos aplicados e em avaliações formativas que estimulem a criatividade, alinhando-se às demandas da Sociedade 5.0. Por fim, considerando o recorte temporal, espacial e documental da pesquisa, ressalta-se a necessidade de novos estudos, preferencialmente com investigações in loco, a fim de ampliar a robustez das evidências. Ainda assim, as entrevistas com gestoras da instituição contribuíram para a validação dos dados, conferindo relevância aos resultados para o contexto nacional e internacional. Como sugestão para pesquisas futuras, propõe-se a elaboração de planos de ação às IES que busquem aprimorar a formação de seus alunos.

REFERÊNCIAS

Ainger, C. & Fenner, R. (2014). *Sustainable infrastructure: principles into practice*. ICE publishing. Escócia – Reino Unido. ISBN 9780727757548

Allain, O., Gruber, C. & Wollinger, P. (2019). Didática profissional: princípios e referências para a Educação Profissional. *Publicações do IFSC*, Florianópolis – SC. ISBN 9788584641314

Antunes, H. K., Santos, R. F., Cassilhas, R., Santos, R. V., Bueno, O. F., & Mello, M. T. D. (2006). Exercício físico e função cognitiva: uma revisão. *Revista Brasileira de medicina do esporte*, *12*, 108-114.

Bardin, L. (2016). Análise de Conteúdo. 3ª reimpressão da 1ª ed. revista e ampliada. São Paulo – SP, 2016. ISBN 9788562938047

Bayuo, B. B., Chaminade, C. & Göransson, B. (2020). Unpacking the role of universities in the emergence, development and impact of social innovations – A systematic review of the literature. *Technological Forecasting and Social Change*, 155, 120030. DOI https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120030

Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2021). *Resolução CNE/CP nº 1*, de 5 de janeiro de 2021. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=90891 Acesso em: 26/07/2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (2009). Resumo Técnico – Censo da Educação Superior. Disponível em: https://download.inep.gov.br/download/superior/censo/2009/resumo_tecnico_2009.pdf. Acesso em: 02 jan. 2023.

Brasil. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. (2018). *Estratégia nacional de disseminação do BIM - Estratégia BIM BR*. Disponível em: https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf Acesso em: 26/07/2023.

Burtet, C. G. & Klein, A. I. D. C. Z. (2018). Repensando a inovação do século XXI a partir das práticas do Movimento Maker. *Liinc em Revista*, 14, (1). DOI https://doi.org/10.18617/liinc.v14i1.4137

Caeiro, S., Sandoval Hamón, L. A., Martins, R. & Bayas Aldaz, C. E. (2020). Sustainability assessment and benchmarking in higher education institutions — *A critical reflection. Sustainability*, 12, (2), 543. DOI https://doi.org/10.3390/su12020543

Carroll, T. (2021), Work in Progress: Incorporating a Circular Economy and an Interdisciplinary Framework within Engineering Education. In 2021 *ASEE Virtual Annual Conference Content Access*. Disponível em: https://peer.asee.org/38172 Acesso em: 26/07/2023.

Casagrande Jr, E. F. (2004). Inovação tecnológica e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária inferface. *Revista Educação & Tecnologia*, (8). Disponível em: http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutec-ct/article/view/1136/0 Acesso em: 26/07/2023.

Cavalcante, C. G. S. & Almeida, T. D. (2018). Os benefícios da Indústria 4.0 no gerenciamento das empresas. *Journal of lean systems*, 3, (1), 125-152. Disponível em: https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/lean/article/view/2064 Acesso em: 26/07/2023.

Chance, S., Direito, I. & Mitchell, J. (2022). Opportunities and barriers faced by early-career civil engineers enacting global responsibility. European *Journal of Engineering Education*, 47, (1), 164-192. DOI https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1990863

Confederação Nacional Da Indústria – CNI. (2018). *Ensino de Engenharia:* fortalecimento e modernização. Propostas da indústria eleições 2018. Brasília: CNI, 2018, v. 7, 32 p.

Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão – CEPE. (2016). "Resolução Nº 82, de 1 de novembro de 2016 – Regulamentação do tempo máximo para integralização curricular dos Cursos de Graduação da Universidade de Pernambuco", Disponível em: https://upe.poli.br/engenharia-mecanica/matricula-assistida/ Acesso em: 26/07/2023.

Conselho Nacional de Educação – CNE. (2018). *Consulta Pública*: Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para o curso de graduação em engenharia. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2018-pdf/93861-texto-referencia-dcn-de-engenharia/file Acesso em: 26/07/2023.

Conselho Nacional de Educação – CNE. (2019). Resolução Nº 2, de 24 de abril de 2019 - Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em:

https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECESN22019.pdf Acesso em: 26/07/2023.

Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R. & Edström, K. (2014). *The CDIO approach*: Rethinking engineering education. Springer, Cham. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-05561-9_2

Da Silveira, M. A. (2005). *A formação do engenheiro inovador*: uma visão internacional. PUC/RJ Sistema Maxwell. Rio de Janeiro – RJ. ISBN 8590565823

De Lima Cavalcanti, V. Y. S., De Souza, G. H., Sodré, M. A.C., De Abreu, M. S. D., Da Silva Maciel, T. & De Albuquerque Silva, J. M. (2018). Indústria 4.0: desafios e perspectivas na construção civil. *Revista Campo do Saber*, 4, (4). Disponível em: https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/149 Acesso em: 26/072023.

De Oliveira, R. G., Mota, A. A. & De Sousa, J. A. (2022). Avaliação Educacional-Uma Breve Análise Das Modalidades: Diagnóstica, Formativa e Somativa. Cadernos da Pedagogia, 16, (34). Disponível em: https://www.cadernosdapedagogia.ufscar.br/index.php/cp/article/view/1814 Acesso em: 26/07/2023.

De Mello, A. R. & Andreatta-Da-Costa, L. (2021). Análise da formação humanística, social e inovadora em cursos de Engenharia Civil de Pernambuco. *Revista Liberato*, 22, (37), 105-118. Disponível em: https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/686 Acesso em: 26/07/2023.

De Paula Arruda Filho, N. & Hino, M. C.; Beuter, B. S. P. (2019). Including SDGs in the education of globally responsible Leaders. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20, (5), 856-870. DOI https://doi.org/10.1108/IJSHE-01-2019-0032

Dias Sobrinho, J. (2013). Educação superior: bem público, equidade e democratização. *Revista da avaliação da educação superior*, 18, 107-126. DOI https://doi.org/10.1590/S1414-40772013000100007

Fenner, R. A., Cruickshank, H. J. & Ainger, C. (2014). Sustainability in civil engineering education: why, what, when, where and how. In: Mayfield, M. (Ed.). *Proceedings of the institution of civil engineers-engineering sustainability*, 228-237. DOI https://doi.org/10.1680/ensu.14.00002

Fonseca, J. J. S. (2002). *Apostila de metodologia da pesquisa científica*. João José Saraiva da Fonseca.

Great Place To Work (2024). *Tendências de Gestão de Pessoas 2024*. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F2705%2F1707416946Relatrio_Tendncias_Gesto_de_Pessoas_2024_-_Ecossistema_Great_People__GPTW.pdf Acesso em: 10/04/2026.

Hermosilla, P., Rivera, M. L., Ateaga, N. & Gallardo, E. (2021). Strategy for the evaluation and monitoring of competencies in engineering programs to improve students' learning and quality of education. *Sustainability*, v. 13, n. 21, p. 11721.

IBEC. Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. (2021). *Entenda o que é BIM 10D e como é feita sua implementação em projetos*. Disponível em: https://ibecensino.org.br/entenda-o-que-e-bim-10d-e-como-e-feita-sua-implementacao-em-projetos/ Acesso em: 26/07/2023.

Iqbal, Q. & Piwowar-Sulej, K. (2022). Sustainable leadership in higher education institutions: social innovation as a mechanism. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23, (8), 1-20. DOI https://doi.org/10.1108/IJSHE-04-2021-0162

Kowal, B., Włodarz, D., Brzychczy, E. & Klepka, A. (2022). Analysis of Employees' Competencies in the Context of Industry 5.0. *Energies*, 15, (19), 7142. DOI https://doi.org/10.3390/en15197142

Luckesi, C. C. (2022). *Avaliação em educação: questões epistemológicas e práticas*. Cortez Editora.

Lima. M. C. A. (2024). *Formação de engenheiros civis voltada para as demandas de uma sociedade mais sustentável* [Dissertação de mestrado, Recife: UPE, Escola Politécnica]. Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://w2files.solucaoatrio.net.br/atrio/upe-ecivil_upl//THESIS/236/verso_final_dissertao_maria_cristina_pdf_20240416162001335.pdf. Acesso em: 14/04/2026.

Maranhão, J. D. & Veras, R. M. (2017). O ensino noturno na Universidade Federal da Bahia: percepções dos estudantes. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 25, 553-584. DOI https://doi.org/10.1590/S0104-40362017002500854

Martín-Garin, A., Millán-García, J. A., Leon, I., Oregi, X., Estevez, J. & Marieta, C. (2021). Abordagens Pedagógicas para o Desenvolvimento Sustentável na Construção no Ensino Superior. *Sustentabilidade*, v. 13, n. 18, pág. 10203.

Martins, A. G. (2019). *Teaching and researching on sustainability:* The case of an interdisciplinary initiative at a higher education institution. Azeiteiro, UMM and Davim, JP (Ed.s), Higher Education and Sustainability. CRC Press, Boca Raton, Florida, 133-149. ISBN 9781315150161

Minayo, M. C. S. (2000). *O desafio do conhecimento:* pesquisa qualitativa em saúde. 7. ed. São Paulo: Hucitec. ISBN 978-8527101813

Miranda Costa, A. L. (2021). La evaluación formativa y emancipadora en la cultura docente del profesorado universitario. Un proceso de innovación evaluativa a través de la investigación-acción en la Escuela Politécnica de Pernambuco (Brasil), Tesis doctoral, Universidad del País Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea, España. Disponível em: https://addi.ehu.es/handle/10810/50846 Acesso em: 26/07/2023.

Oesterreich, T. D. & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 5.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in industry*, 83, 121-139. DOI http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006

Oliveira, J., Tedesco, A. L. & Vasconcelos, T. (2024). Educar para o futuro: Educação Ambiental e responsabilidade a partir de Hans Jonas. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, Araraquara, 19, (esp. 1), e024052. e-ISSN: 1982-5587. DOI: https://doi.org/10.21723/riaee.v19iesp.1.18422

POLI/UPE – Escola Politécnica de Pernambuco. (2023). Relatório de Retenção dos alunos dos cursos de engenharia da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Recife.

Quacquarelli Symonds – QS. (2022). *QS World University Rankings 2022*. Disponível em: https://www.topuniversities.com/world-university-rankings/2022 Acesso em: 14/04/2026.

Ribeirinho, M. J., Mischke, J., Strube, G., Sjödin, E., Blanco, J. L., Palter, R. ... & Andersson, T. (2020). The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem. McKinsey & Company: Zurich, Switzerland. Disponível em: https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf Acesso em: 26/07/2023.

Ranking Universitário Folha – RUF. (2019). *Ranking de universidades*. Disponível em: https://ruf.folha.uol.com.br/2019/ranking-de-universidades/principal/ Acesso em: 14/04/2026.

Rodríguez Pulido, J. & Aguiar Perera, M. V. (2015). Fortalezas y debilidades de la gestión universitaria desde la visión de los gestores. *Revista Iberoamericana de Educación*.

Salvá, M. N. & Nascimento, R. P. (2017). Between Teaching and Research: the Role of Professors in Higher Education in the View of Researchers in the Field of Collective Health. *Demetra: Food, Nutrition & Health/Alimentação, Nutrição & Saúde,* 12, (4), 1083-1099. DOI https://doi.org/10.12957/demetra.2017.28503

Schwab, K. (2019). *A quarta revolução industrial*. Edipro. ISBN 9788552100461

Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Samal, B., Cheela, V.S., Dubey, B. K. & Bhattacharya, J. (2021). Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. *Science of The Total Environment*, 800, 149605. DOI https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149605

Silva, D. G. C., Silva, J. D. J. C. & Kohlman Rabbani, E. R. (2017). Importância do estudo da sustentabilidade nos cursos de graduação e pósgraduação de Engenharia Civil: estudo de caso em IES de Pernambuco. *Revista Principia*, (34), 150-156. DOI http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n34p150-156

Sott, M. K., Da Silva Baum, K. & Bender, M. S. (2022). Sociedade 5.0: explorando os dilemas do ecossistema social do futuro. *REVES-Revista Relações Sociais*, 5, (4), 14920-01e. DOI https://doi.org/10.18540/revesvl5iss4pp14920-01e

Times Higher Education – THE. (2022). *Times Higher Education World University Rankings*. Disponível em: https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2022/world-ranking Acesso em: 14/04/2026.

UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together*: A new social contract for education". UN, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707.locale=en Acesso em: 26/07/2023.

Vlasenko, K. V., Rovenska, O. G., Chumak, O. O., Lovianova, I. V. & Achkan, V. V. (2021). A Comprehensive Program of activities to develop sustainable core skills in novice scientists. In: *Journal of physics: conference series*, 1946, (1), 012017. IOP Publishing. DOI 10.1088/1742-6596/1946/1/012017

Warner, K. S. R. & Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. *Long range planning*, 52, (3), 326-349. DOI https://doi.org/10.1016/j.lrp.2018.12.001

Wesley, S. C., Jackson, V. P. & Lee, M. (2017). The perceived importance of core Soft Skills between retailing and tourism management students, faculty and businesses. *Emerald Insight*, 39, (1), 79-99. DOI https://doi.org/10.1108/ER-03-2016-0051

World Health Organization. (2019). *Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world*. World Health Organization. Disponível em: https://apps.who.int/iris/handle/10665/272722 Acesso em: 11/04/2026.

World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. World Health Organization. Disponível em: https://apps.who.int/iris/handle/10665/336656 Acesso em: 11/04/2026.

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B. & Wang, L. (2021). Indústria 4.0 e Indústria 5.0—Inception, concepção e percepção. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530-535. DOI https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006